

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО СЕЛЬСКОМУ ХОЗЯЙСТВУ  
РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ НАУК

---

# **АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЗЕМЕЛЬ, ПРОЕКТИРОВАНИЕ АДАПТИВНО-ЛАНДШАФТНЫХ СИСТЕМ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ И АГРОТЕХНОЛОГИЙ**

---

Методическое руководство

---

Под редакцией академика РАСХН В. И. Кирюшина,  
академика РАСХН А. Л. Иванова



ФГНУ "Росинформагротех"  
Москва 2005

**УДК 631.58**  
**ББК 41.41**  
**А 26**

**Под редакцией академика РАСХН В. И. Кирюшина,  
академика РАСХН А. Л. Иванова**

**А 26** **Агроэкологическая оценка земель, проектирование адаптивно-ландшафтных систем земледелия и агротехнологий. Методическое руководство. – М.: ФГНУ "Росинформагротех", 2005. – 784 с.**

**ISBN 5-7367-0525-7**

Методическое руководство рассмотрено и утверждено на совместном заседании Бюро Отделения земледелия, Отделения мелиорации, водного и лесного хозяйства, Отделения механизации, электрификации и автоматизации, Отделения растениеводства, Отделения защиты растений, Отделения экономики и земельных отношений Россельхозакадемии (протокол №1 от 01.10.2004 г.).

**УДК 631.58**  
**ББК 41.41**

**ISBN 5-7367-0525-7**

**© Минсельхоз России, Россельхоз, 2005**

## ВВЕДЕНИЕ

Более четверти века прошло с начала становления зональных систем земледелия в России. В первое десятилетие (1980-1990 гг.) эта работа набрала значительное ускорение. За это время для всех регионов России были разработаны и изданы в виде обширных монографий рекомендации по системам земледелия, которые в той или иной мере были дифференцированы на уровне зональных природно-сельскохозяйственных провинций. В 1986-1990 гг. по инициативе правительства была развернута общегосударственная кампания по освоению интенсивных агротехнологий. Она явилась своеобразным откликом на достижения мировой технологической революции в сельском хозяйстве, попыткой вывести страну из технологической отсталости в АПК. В эти годы правительство, как никогда ранее, оказывало поддержку развитию сельскохозяйственного производства. Наряду с усилением материально-технического обеспечения предпринимались попытки развития хозрасчетных отношений. Соответственно во второй половине 1980-х годов были достигнуты наиболее высокие производственные показатели, особенно урожайности зерновых культур. При всех положительных сдвигах эти показатели были в 3-4 раза ниже средней урожайности в развитых странах и в 2 раза ниже среднемировой. Это связано с несовершенством инфраструктуры земледелия, укоренившимися шаблонами директивно-плановой системы хозяйствования, технико-технологической отсталостью от современных достижений НТП.

Опыт освоения зональных систем земледелия уже в середине 1980-х годов показал необходимость более глубокой дифференциации систем земледелия применительно к различным агроэкологическим условиям. В дальнейшем стала все более очевидной необходимость адаптации систем земледелия и агротехнологий к разным уровням интенсификации производства, хозяйственным укладам и далее к рынку сельскохозяйственной продукции. Эти задачи особенно отчетливо проявились на фоне новейших достижений мирового НТП в области агротехнологий, информатики и в связи с принятием новой парадигмы природопользования в терминах *sustainable development*, которая определила задачи экологизации хозяйственной деятельности, в том числе и в АПК. Принятие этой новой идеологии конференцией ООН в Рио-де-Жанейро в 1992 г. в глобальном масштабе совпало с решением сессии Россельхозакадемии, определившим курс на развитие докучаевских идей землепользования и земледелия с учетом типов местности и их углубленной идентификации, т.е., выражаясь современным языком, на ландшафтной основе.

Разумеется, в земледелии такой огромной страны, как Россия, не может быть универсальных проектных решений. Недопустимость шаблонов доказана самой историей развития земледелия в России.

Тем не менее общие методологические подходы к формированию систем земледелия и агротехнологий неизбежны. Они должны отражать сущность государственной технологической политики в АПК и аграрной политики в целом. Такая политика существует в каждом государстве. В России она имеет особое значение в связи с большими размерами сельскохозяйственных предприятий, охватывающих весьма различающиеся в агроэкологическом отношении территории. В отличие от сложившейся десятилетиями и веками инфраструктуры сельскохозяйственных предприятий Запада в России предстоит огромная работа по упорядочению использования земельных ресурсов, которые перегружены маргинальными землями (эрозионными, солонцовыми, переувлажненными и др.) в результате различных кампаний в прошлом и претерпели стихийные преобразования в период реформ. Структура этих угодий несет на себе печать шаблонов старой системы с нерациональным размещением культур, экстремальными размерами полей и т.п. Эта задача не может быть решена сама по себе. Потребуются немалые усилия государства, соответствующая земельная политика, которая может реализовываться лишь через проекты землеустройства, включающие в себя проекты адаптивно-ландшафтных систем земледелия (АЛСЗ) как базовую их часть. Соответственно землеустройство получит новое содержание на более адекватной ландшафтной основе.

Развивая новые подходы к проектированию АЛСЗ, нельзя не учитывать преемственность с ранее выполненными проектами зональных систем земледелия и проектами внутрихозяйственного землеустройства. Некоторые из них опережали свое время и могут быть эффективно использованы при соответствующих дополнениях и уточнениях, другие требуют значительной корректировки или пригодны весьма ограниченно. Но во всех случаях составленные для всех хозяйств России крупномасштабные почвенные карты существенно облегчают формирование новой землеоценочной основы.

В основу предлагаемого Руководства положена методология землеоценки и проектирования адаптивно-ландшафтных систем земледелия и агротехнологий, разработанная академиком РАСХН В.И. Кирюшиным и апробированная в различных природно-сельскохозяйственных зонах и провинциях, в частности, в Новосибирской, Московской, Владимирской, Ярославской, Воронежской, Оренбургской, Тамбовской областях.

Наряду с обобщением этого опыта были использованы материалы научных исследований по агроэкологической оценке земель и проектированию АЛСЗ, выполненных в различных научных центрах. Из непосредственных участников этих работ сформирован коллектив авторов данного методического руководства: акад. РАСХН В. И. Кирюшин (1; 2.1; 2.2; 2.3; 2.4; 2.9; 3; 4;

7; 8.1; 8.2; 8.3; 8.4; 8.7.1; 8.9; 8.15; 9; 10; 11.1; 12), М. В. Буланова (2.3, 3.9; 3.3; 3.4; 4; 8.15), И.В. Слива (4.6; 7; 8.1; 8.2.5; 10.1; 12), д-р с.-х. наук Ю. П. Жуков (8.4.1; 8.9.5; 8.9.6; 8.9.7; 8.9.8), д-р с.-х. наук Н. Н. Дубенок (8.8.3; 8.8.7), д-р биол. наук И. И. Васенев (7; 12), чл.-корр. РАСХН В. С. Кочетов (8.10), канд. с.-х. наук В. Г. Мамонтов (2.3; 2.4), д-р с.-х. наук А. М. Березкин (8.13), канд. биол. наук А. М. Малько (8.13), д-р с.-х. наук М. М. Овчаренко (8.9.8), д-р с.-х. наук К. Г. Алимов (8.9.1), Е. В. Карякина (2.3; 3.1), О. И. Владыкина (4.6) — МСХА им. К. А. Тимирязева; акад. РАСХН А. Л. Иванов (вступление; 8.1; 8.9; 10.1), акад. РАСХН Н. В. Краснощеков (8.16; 10.3), д-р экон. наук Л. С. Орси́к (8.16), акад. РАСХН В. А. Захаренко (2.7; 8.5), акад. РАСХН Б. С. Маслов (8.8), чл.-корр. РАСХН А. В. Захаренко (2.7; 8.5; 8.9.14), чл.-корр. РАСХН И. П. Свинцов (8.7), чл.-корр. РАСХН М. С. Кузнецов (2.3.3.6; 8.15.1), канд. с.-х. наук В. В. Вершинин (2.5; 8.15.8; 11.4; 11.5; 11.6) — Россельхозакадемия; акад. РАСХН А. Н. Власенко (8.15.7; 10), д-р с.-х. наук Н. Г. Власенко (2.7; 8.5; 10.2), д-р с.-х. наук А. И. Южаков (8.15.7; 10.2), д-р с.-х. наук В. К. Каличкин (10.2), канд. с.-х. наук Ю. П. Филимонов (10.2), канд. с.-х. наук Л. Н. Иодко (10.2) — СибНИИЗХим, чл.-корр. РАСХН В. А. Рожков (7), д-р с.-х. наук Д. С. Булгаков (5), чл.-корр. РАСХН И. И. Карманов (5), д-р с.-х. наук Н. П. Сорокина (4), д-р с.-х. наук А. С. Извеков (8.15.2) — Почвенный институт им. В. В. Докучаева; акад. РАСХН И. А. Тихонович (2.4.14; 8.5.5; 8.9.12), д-р биол. наук Ю. В. Круглов (2.4.1.4; 8.5.5; 8.9.12), д-р биол. наук О. В. Смирнов (8.5.5), канд. биол. наук В. К. Чеботарь (8.5.5) — ВНИИ микробиологии; акад. РАСХН Н. В. Войтович (8.4; 8.9.1; 8.9.5), акад. РАСХН Б. И. Сандухадзе (8.9.1), д-р с.-х. наук Г. В. Благовещенский (8.11), д-р с.-х. наук В. Г. Егоров (8.16.1), канд. с.-х. наук А. В. Останина (8.4.3) — НИИСХ ЦРНЗ; акад. РАСХН Р. М. Алексахин (2.6; 8.15.8), д-р с.-х. наук С. В. Фесенко (2.6; 8.15.8) — ВНИИСХРАЭ, акад. РАСХН К. Н. Кулик (8.7), акад. РАСХН В. И. Петров (8.7), чл.-корр. РАСХН Г. Я. Маттис (8.7), д-р с.-х. наук А. Т. Барабанов (8.7) — ВНИАЛМИ; д-р с.-х. наук В. А. Федотов (8.9.2; 8.9.3.8; 8.9.4; 8.9.9; 8.9.11; 8.9.13), д-р с.-х. наук С. В. Кадыров (8.9.3.8; 8.9.4; 8.9.9), д-р с.-х. наук М. И. Лопырев (8.6; 8.14; 10.1) — Воронежский ГАУ; д-р с.-х. наук Ф. Р. Зайдельман (2.4.1.7; 8.8.6), д-р с.-х. наук Е. В. Шеин (2.4.1.2), д-р с.-х. наук П. Н. Балабко (8.15.4) — МГУ им. М. В. Ломоносова; чл.-корр. РАСХН В. П. Якушев (8.9.1; 8.9.3), чл.-корр. РАСХН И. Б. Усков (8.9.3), д-р техн. наук Р. А. Полуэктов (8.9.3), д-р техн. наук И. М. Михайленко (8.9.3) — АФИ; акад. РАСХН Н. Г. Ковалев (8.15.3), д-р с.-х. наук Д. А. Иванов (8.15.3) — ВНИИМЗ; чл.-корр. РАСХН С. Н. Волков (11.4; 11.5; 11.6), д-р экон. наук А. А. Варламов (6), канд. экон. наук Г. В. Ломакин (6) — ГУЗ; акад. РАСХН Б. М. Кизяев (8.8.1; 8.8.3), д-р с.-х. наук Л. В. Кирейчева (8.8.1; 8.8.3), д-р с.-х. наук Н. И. Парфенова (8.8.3; 8.8.7) — ВНИИГИМ; акад. РАСХН Э. И. Липкович (8.16.3; 8.16.4; 8.16.5), д-р техн. наук Ю. И. Бершицкий (8.16.3; 8.16.4; 8.16.5) — ВНИПТИМЭСХ; акад. РАСХН Л. Н. Петрова (8.9.8) — Ставро-

# 1. ПОНЯТИЙНЫЙ АППАРАТ АДАПТИВНО-ЛАНДШАФТНЫХ СИСТЕМ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

## 1.1. Системы земледелия как базовая составляющая агропромышленного производства

В качестве одного из наиболее обобщенных выражений научного обеспечения АПК традиционно практиковалось формирование так называемых систем ведения сельского хозяйства. Регулярно издававшиеся для каждой области книги под таким названием отражали государственную аграрную политику в региональном ее преломлении с учетом местных природных и производственных ресурсов. Они служили руководством для организации сельскохозяйственного производства на различных уровнях.

В последние годы эта работа прекращена, нередко ставится под сомнение ее целесообразность, что мотивируется приоритетом рынка в формировании производственных отношений.

Во многом можно соглашаться с критикой традиционных руководств по системам ведения сельского хозяйства. Действительно, они носили декларативный характер, опирались на жесткие командные методы управления. Тем не менее они интегрировали достижения научно-технического прогресса, устанавливали определенные правила хозяйствования, взаимодействия отраслей и т.п. Многие из этих правил остаются актуальными в любой экономической системе и не могут быть заменены рынком.

Трудно рассчитывать на серьезный прогресс в АПК, пока не будут созданы научно обоснованные модели хозяйствования на всех уровнях: от предприятия до областного и республиканского АПК. Непременным условием разработки современных систем агропромышленного производства должны быть многовариантность решений, особенно технологических, возможность выбора в зависимости от природных и социально-экономических факторов. Последнее обстоятельство приобретает особый смысл в условиях многоукладности хозяйствования, экономического расслоения, различной обеспеченности производственными ресурсами, конкуренции.

Требуется более глубокий методологический уровень выполнения работы, чтобы перейти от поверхностных обобщений «от здравого смысла» к моделям агропромышленного производства, оптимизированным по совокупности определенных факторов. Это нечто иное, «чем комплекс взаимосвязанных технологических, технических, экономических, социальных, природовосстановительных и природоохранных мероприятий», как чаще всего формулировались системы агропромышленного производства. Речь идет об оптимизации хозяйственной деятельности по экономическим, социальным, производственным параметрам и ее экологизации. Последняя означает не только и не столько проведение природовосстановительных и природоохранных мероприятий, сколько приведение производственных процессов в соответствие с разнообразными условиями ландшафтов и законами экологической устойчивости.

гии, а стало быть, устранение причин тех или иных нарушений, а не последствий.

Методология систем ведения хозяйства как на региональном уровне, так и на уровне сельскохозяйственного предприятия требует серьезного переосмысления. Опыт сельскохозяйственного проектирования свидетельствует о необходимости разработки комплексных проектов агропромышленного производства, особенно для крупных предприятий, включающих три производственных блока: земельный, животноводческий и блок хранения и переработки сельскохозяйственной продукции. Земельный блок представляет собой агрокомплекс, состоящий из адаптивно-ландшафтных систем земледелия, которые интегрируют полеводство, овощеводство, луговое хозяйство и другие отрасли растениеводства. Их пространственное размещение в значительной мере взаимообусловлено эколого-ландшафтными условиями. Данный блок является базовым по отношению к другим. Исходя из потенциальных возможностей растениеводства формируются структура животноводства и технологии. В отличие от имевших место в прошлом диспропорций сельскохозяйственного производства и малоразвитой переработки продукции сегодня роль последней в АПК сильно возросла. Соответственно на всех уровнях вместо систем ведения сельского хозяйства должны разрабатываться системы агропромышленного производства.

Очевидно, в данном направлении предстоит большая работа. При этом опережающими темпами необходимо развивать зонально-провинциальные агрокомплексы и составляющие их адаптивно-ландшафтные системы земледелия.

## 1.2. Понятие адаптивно-ландшафтных систем земледелия

Понятие «система земледелия» имеет сложную и противоречивую историю. Существует множество ее определений. В качестве официального (гостированного), вошедшего в учебники, используется следующее определение: «Система земледелия – это комплекс взаимосвязанных агротехнических, мелиоративных и организационных мероприятий, направленный на эффективное использование земли и других ресурсов, сохранение и повышение плодородия почвы, получение высоких и устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур». Оно носит слишком общий характер и совершенно безадресно в экологическом отношении. Лишь в результате взятого в 1980-е годы курса на дифференциацию земледелия в соответствии с природными условиями появляется экологический адрес системы земледелия, хотя и очень приблизительный – зональная. В ГОСТ 16265-89 зональная система земледелия определена как «система, все звенья которой в полной мере учитывают и реализуют почвенно-климатические, материально-технические и трудовые ресурсы конкретной природной зоны». Такая «привязка» системы земледелия далеко неадекватна, поскольку природная зона охватывает чрезвычайно разнообразные условия. Фактически степень дифференциации систем земледелия различалась на уровне природно-сельскохозяйственных провинций.

В 1990-х годах в результате активизации исследований по углублению адаптации земледелия к природным условиям стали активно появляться но-

вые формулировки, в которых развивались различные аспекты проблемы, дополняя друг друга. Тем не менее системы земледелия не воспринимались как целостное явление природно-хозяйственной деятельности. Помимо неопределенности экологического адреса и безальтернативности, в них не отражались социально-экономическая, рыночная мотивация, связь с производственным потенциалом, хозяйственными укладами.

С учетом этих недостатков В. И. Кирюшиным разработана методология, которая позволяет строить модели систем земледелия, взвешенные не только в физическом пространстве, но и в социально-экономическом с учетом определенной совокупности факторов [75,78]:

общественные (рыночные) потребности (рынок продуктов, потребности животноводства, требования переработки продукции);

агроэкологические требования культур и их средообразующее влияние;

агроэкологические параметры земель (природно-ресурсный потенциал);

производственно-ресурсный потенциал, уровни интенсификации;

хозяйственные уклады, социальная инфраструктура;

качество продукции и среды обитания, экологические ограничения.

Исходя из этого подхода сформулировано определение системы земледелия: **адаптивно-ландшафтная система земледелия — это система использования земли определенной агроэкологической группы, ориентированная на производство продукции экономически и экологически обусловленного количества и качества в соответствии с общественными (рыночными) потребностями, природными и производственными ресурсами, обеспечивающая устойчивость агроландшафта и воспроизводство почвенного плодородия.**

Термин «ландшафтная» в названии системы означает, что она разрабатывается применительно к конкретной категории агроландшафта, трансформированной через призму агроэкологической оценки в агроэкологическую группу земель. При этом звенья систем земледелия формируются в пределах агроэкологических типов земель (т.е. участков, однородных по условиям возделывания культуры или группы культур с близкими агроэкологическими требованиями); элементы (приемы обработки, посева и т.п.) дифференцированы в соответствии с элементарными ареалами агроландшафта (т.е. элементами мезорельефа, ограниченными элементарными почвенными структурами), а организация территории осуществляется с учетом структуры ландшафта и условий его функционирования.

Термин «адаптивная» означает адаптированность системы земледелия ко всему комплексу обозначенных условий.

Совокупность адаптивно-ландшафтных систем земледелия в пределах природно-сельскохозяйственной провинции названа зонально-провинциальным агрокомплексом.

В пределах землепользования достаточно крупных хозяйств может встречаться несколько агроэкологических групп земель, для которых должны разрабатываться соответствующие адаптивно-ландшафтные системы земледелия.



лия. Тогда их совокупность в пределах сельскохозяйственного предприятия может называться хозяйственным агрокомплексом.

На основе данной методологии сформирована классификация адаптивно-ландшафтных систем земледелия, которая начинается с определения их агроэкологической принадлежности, исходя из природно-сельскохозяйственного районирования и группировки земель в пределах провинции (табл. 1.1).

Реализация потенциальных возможностей использования земельного ресурса, определяемого группой земель, зависит от потребностей рынка и производственного потенциала товаропроизводителя, уровня интенсификации и социально-экономических условий, что также отражено в классификации. Из экологически возможного набора культур специализация растениеводства окончательно определяется рынком, что обозначается терминами «зерновая», «кормовая» и т.д.

### 1.1. Классификация адаптивно-ландшафтных систем земледелия [78]

Агроэкологическое условие			Основное направление растениеводства	Уровень интенсификации	Форма использования земли и воспроизводства плодородия почвы	Ограничения химизации
природно-сельскохозяйственная зона	провинция	агроэкологическая группа земель				
Среднетаежная, Южно-таежная, Лесостепная, Степная, Сухо-степная	Среднерусская, Южно-русская, Предкавказская, Заволжская, Предуральская, Западносибирская	Плакорные, эрозийные, дефляционные, переувлажненные, засоленные, солонцовые, литогенные, мерзлотные	Зерновая, кормовая, технические культур, лугопастбищная	Экстенсивная, нормальная, интенсивная, высокоинтенсивная (точная)	Паровая, плодосменная, мелиоративная, контурномелиоративная, гребнегрязовая	Биодинамическая, органическая

**Пример.** Западносибирская лесостепная зернокормовая противозероэрозийная интенсивная система земледелия на холмисто-увалистых равнинах с выщелоченными черноземами.

Количественная и качественная сторона производства зависит от уровня его интенсификации, т.е. наукоемкости и обеспеченности современными производственными ресурсами. В данном отношении системы земледелия разделяются на ряд уровней, начиная с экстенсивного земледелия, рассчитанного на использование естественного плодородия почв без удобрений и мелиораций. Такое земледелие в настоящее время в России преобладает, нанося экоэкономический и экологический ущерб, особенно на маргинальных (эрозийных и др.) землях. Термином «нормальные» обозначены системы

земледелия среднего уровня интенсивности. Это понятие было введено В. В. Докучаевым, рекомендовавшим при разработке бонитировки почв ориентироваться на нормальный уровень интенсификации. В современном понимании это означает обеспеченность минеральными удобрениями на уровне устранения наиболее острого дефицита питательных веществ, освоения почвозащитных и первоочередных мелиоративных мероприятий и достижения качества продукции не ниже среднего.

Интенсивные системы земледелия означают переход к качественно новым сортам растений с программированным применением удобрений и регулированием продукционного процесса различными биологическими и химическими средствами.

Высокоинтенсивные системы (точные) предполагают наиболее полное использование достижений научно-технического прогресса, создание сортов растений с заданными параметрами продуктивности и качества, современные средства реализации их генетического потенциала, оптимальную организацию территории на основе идентификации ландшафтно-экологических связей с помощью новейших методов математического моделирования и информатизации. Точное земледелие включает в себя:

проектирование АЛСЗ и агротехнологий на основе электронных ГИС;

выделение производственных участков с достаточно однородным почвенным покровом и оптимальными условиями увлажнения, теплообеспеченности и почвенного плодородия;

прецизионную предпосевную обработку почвы, точный посев, дифференцированное внесение удобрений и других агрохимических средств в соответствии с микроструктурой почвенного покрова и состоянием посевов;

регулирование продукционного процесса специальных сортов растений по микропериодам органогенеза с использованием самонастраивающихся автоматизированных средств на основе электронных систем управления;

идентификацию состояния посевов, прогноз урожайности и качества продукции на основе автоматизированных дистанционных систем наблюдения, картирование урожайности в процессе уборки.

Адаптивно-ландшафтные системы земледелия реализуются пакетами агротехнологий для различных агроэкологических типов земель при разных уровнях производственно-ресурсного потенциала (экстенсивные, нормальные, интенсивные, высокие). Чем выше уровень интенсификации агротехнологий, тем больше учитывается агроэкологических параметров и детальнее землеоценочная основа.

В качестве одного из традиционных критериев классификации систем земледелия применяется форма использования земли и воспроизводства плодородия почвы. По этому критерию выделяются виды систем земледелия: паровая, плодосменная, контурно-мелиоративная и др.

В особую категорию выделены системы земледелия с ограничениями или исключением применения удобрений и пестицидов во избежание риска загрязнения водоохраных, курортных зон и т.п. В эту же категорию отнесены альтернативные системы земледелия: биодинамическая и органическая.

## 2. АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЗЕМЕЛЬ

### 2.1. Задачи и принципы построения агроэкологической оценки земель

Для разработки и освоения адаптивно-ландшафтных систем земледелия необходима адекватная система агроэкологической оценки земель. Она значительно отличается от традиционной системы землеоценки, практиковавшейся при разработке проектов внутрихозяйственного землеустройства.

Прежняя землеоценочная основа не имела экологической определенности, поскольку сами зональные системы земледелия были лишены конкретного экологического адреса. Землеоценка была безальтернативной также, как и системы земледелия, как правило, однозначные, поставленные в рамки директивного планирования. Многочисленные землеоценочные материалы всех уровней (почвенные, агроклиматические, мелиоративные, эрозионные и другие тематические карты всех масштабов, данные изысканий и экспериментов) весьма ограниченно были востребованы на практике в связи с экстенсивной аграрной политикой и низким технологическим уровнем земледелия. Там, где требования к землеоценке повышались, особенно в проектах мелиорации земель, проявлялась слабая интеграция оценочных решений из-за разобщенности специалистов различных профилей. Общие недостатки прежней системы агрооценки земель в большой мере связаны с узкопотребительским отношением к природопользованию и ограниченностью экологического кругозора.

Своеобразно проявилась цеховая «приватизация» различных сторон землеоценки, особенно подмена группировки земель группировкой почв, что задержало развитие классификаций и земель, и почв.

До последнего времени проекты земледелия и внутрихозяйственного землеустройства выполнялись на основе агропроизводственных группировок почв, которые разрабатывались по материалам крупномасштабных почвенных карт. Существенными их недостатками были: в большинстве случаев крайне слабое отражение структуры почвенного покрова, недостаточное отражение рельефа, литологических и гидрогеологических условий. Практически не учитывались почвенно-ландшафтные связи.

В отличие от агропроизводственной группы не связанных между собой участков почв агроэкологическая группа земель представляет собой агроэкологическую общность, пространственно характеризуемую геосистемой, функционирование которой происходит в единой цепи миграции вещества и энергии. Построение АЛСЗ осуществляется с учетом законов и правил функционирования этой системы. Чем выше уровень интенсификации земледелия и насыщенность высокоэффективными наукоемкими агротехнологиями, тем выше требования к полноте и точности землеоценочной основы.

Таким образом, задачи агроэкологической оценки земель заключаются в том, чтобы идентифицировать агрономически значимые параметры различающихся участков земель (в соответствии с агроэкологическими требова-

ниями сельскохозяйственных культур и агротехнологий), определить ландшафтные связи между ними, особенности энергомассопереноса и ландшафтно-геохимические потоки, в пределах которых возможны антропогенные преобразования.

Предлагаемая система агроэкологической оценки земель включает в себя следующие позиции: ландшафтно-экологический анализ территории, агроэкологическую оценку почв, агроэкологическую типизацию и классификацию земель, агрогеоинформационные системы по агроэкологической оценке земель. Оценка земель соотносится с системой агроэкологической оценки сельскохозяйственных культур, требования которых сопоставляются с агроэкологическими параметрами земель в процессе формирования агроэкологических типов земель.

Агроэкологическая оценка земель определенным образом соотносится с экономической оценкой (цена земли, прибыль и т.д.), социоэкологической (условия жизни людей) и эколого-экономической (оценка ущерба от деградации земель и др.).

## **2.2. Агроэкологические требования сельскохозяйственных культур как исходный критерий агрооценки земель**

Агроэкологическая оценка земель осуществляется в соответствии с биологическими требованиями сельскохозяйственных культур к условиям произрастания, их средообразующим влиянием и агротехнологиями. Эти условия сопоставляются с агроэкологическими параметрами первичных земельных участков (элементарных ареалов агроландшафта — ЭАА), на основании чего делается вывод о степени пригодности их для использования под ту или иную культуру. Близкие по условиям возделывания конкретных сельскохозяйственных растений ЭАА объединяются в агроэкологические типы земель, в пределах которых формируются производственные участки. Чем выше уровень интенсификации производства, тем точнее должны быть соответствующие оценки. При интенсивных агротехнологиях, особенно при высокоинтенсивных, эта задача решается на основе математических моделей земледелия с использованием ГИС-технологий, автоматизированного проектирования и реализуется на практике новейшими агротехнологическими и информатизационными средствами. Это означает, что система агроэкологической оценки культур и соответствующая ей система агроэкологической оценки земель должны получить предельно конкретизированное достаточно формализованное выражение.

Пока что не все аспекты агроэкологической оценки растений разработаны с достаточной полнотой, особенно почвенные, некоторые трудно поддаются формализации. Часть критериев данной оценки имеет описательный характер и основывается на практическом опыте без углубленной экспериментальной проработки, что определяет необходимость развития соответствующих научных исследований. Тем не менее имеющийся обширный фактический материал позволяет достаточно эффективно решать эту задачу при

формировании современных систем земледелия. Следует ускорить разработку региональных рекомендаций по данному вопросу с учетом местных условий, культур, сортов растений. В качестве общего руководства можно воспользоваться учебником [78], в котором схематично рассмотрена система агроэкологической оценки культур в указанных аспектах. Она включает в себя следующие основные позиции:

1. Оценка сельскохозяйственных культур по их биологическим требованиям к условиям произрастания:

отношение растений к свету — размещение растений по реакции на продолжительность дня (длинного, короткого, нейтрального), определение потенциальной урожайности культур по приходу ФАР;

требования растений к теплообеспеченности и температурному режиму — длительность вегетационного периода; требуемая сумма активных температур (выше 10°C) за период вегетации; биологический минимум температуры при прорастании семян, появлении всходов, формировании вегетативных и генеративных органов, плодоношении, перезимовке растений; холодоустойчивость (способность растений в течение длительного времени переносить низкие температуры — 1-10°C без необратимых повреждений); морозоустойчивость (способность растений переносить температуру ниже 0°C); жароустойчивость (способность растений переносить жару без необратимого повреждения);

отношение растений к влагообеспеченности, водному и воздушному режимам почв — оптимальная влажность корнесобитаемого слоя почвы, при которой достигается максимальная интенсивность роста растений;

коэффициенты завядания растений (отношение влажности завядания к максимальной гигроскопичности почвы), транспирации растений (количество воды в граммах, которое расходуется на синтез 1 г сухого вещества), водопотребления сельскохозяйственных культур (количество воды в кубических метрах, расходуемое на испарение с поверхности почвы и транспирацию для образования 1 т биомассы); устойчивость растений к переувлажнению и затоплению; отношение растений к глубине залегания пресных и засоленных, застойных и проточных грунтовых вод;

требования растений к физическим условиям почв, их сложению и структурному состоянию — отношение к гранулометрическому составу, скелетности почв, глубине подстилания плотными породами, плотности почвы;

потребность растений в элементах питания и характер их потребления;

отношение к реакции почвы (рН);

чувствительность к повышенному содержанию подвижных алюминия, марганца, восстановительным условиям (ОВП);

солеустойчивость — устойчивость к избыточной концентрации солей в почвенном растворе в связи с повышением осмотического давления и токсичным влиянием;

солонцеустойчивость — способность растений преодолевать в основном неблагоприятные агрофизические свойства почв, обусловленные их солонцеватостью;

отношение растений к карбонатности почв;  
устойчивость сельскохозяйственных культур к эродированным и техногенно-нарушенным почвам;  
отношение растений к фитосанитарным условиям почвы;  
чувствительность растений к загрязнению почв тяжелыми металлами, радионуклидами и другими токсикантами;  
реакция растений на загрязнение воздуха.

2. Оценка сельскохозяйственных культур по влиянию на почвы и ландшафты в связи с биологическими особенностями и технологиями возделывания:

оценка культур по количеству растительных остатков, поступающих в почву, и их качественному составу;

влияние растений на симбиотическую и ассоциативную азотфиксацию;

влияние культур и технологий на сложение и структурное состояние почв;

оценка растений по характеру их влияния на водный режим почв;

оценка фитомелиоративного влияния растений на почву;

оценка культур по влиянию на фитосанитарное состояние почв — влияние на накопление специфических видов сорняков, болезней и вредителей, на почвоутомление.

## 2.3. Ландшафтно-экологический анализ территории

### 2.3.1. Понятия ландшафта и агроландшафта

Ландшафтный анализ территории является системной матрицей агроэкологической оценки земель. Представление о ландшафтах и ландшафтной оболочке Земли является наиболее общим выражением системного подхода к природе.

Ландшафтная оболочка представляет собой иерархию природных образований различных пространственно-временных масштабов. В географической литературе за такими образованиями закрепился термин «природно-территориальный комплекс» (ПТК), под которым понимается совокупность взаимосвязанных природных компонентов (литогенной основы, воздушных масс, природных вод, почв, растительности и животного мира) в форме территориальных образований различного иерархического ранга. Термином ПТК обозначаются ландшафтно-географические объекты любой размерности — от пятна солонца до физико-географической страны и более.

В качестве базовой категории в ландшафтоведении используется понятие ландшафта. Наиболее общепринятое его определение принадлежит Н. А. Солнцеву: ландшафт — это генетически однородный природный территориальный комплекс, имеющий одинаковый геологический фундамент, один тип рельефа, одинаковый климат и состоящий из свойственного только ему набора динамически сопряженных и закономерно повторяющихся урочищ.

Эта формулировка недостаточно определяет географический адрес ландшафта, его пространственную размерность.

рб-02366

С углублением системной иерархичности понятие ПТК уступает понятию географической системы (геосистемы). Эта категория, введенная В. Б. Сочавой [207], определяется как «земное пространство всех размерностей, где отдельные компоненты природы находятся в системной связи друг с другом, и как определенная целостность взаимодействуют с космической средой и человеческим обществом».

В структуре ландшафтной оболочки Земли представлены геосистемы различных пространственно-временных масштабов. Они составляют многоступенчатую систему таксонов, именуемую иерархией природных геосистем (табл. 2.1).

### 2.1. Иерархия природных геосистем

Геосистемный уровень	Иерархические таксоны геосистем	
	зональные	азональные
Планетарный	Ландшафтная оболочка земли	
	физико-географические пояса	континенты, океаны, субконтиненты
Региональный	Физико-географические	
	зоны, подзоны, провинции	страны, области
	районы, ландшафты	
Локальный	Морфологические единицы ландшафта	
	местности, урочища, подурочища, фации	

Согласно этой классификации [207] ландшафт представляет собой наиболее крупную таксономическую единицу топологической размерности и наименьшее подразделение региональной размерности. Отсюда вытекает соответствующее определение данной категории: *природный ландшафт — геосистема наименьшей региональной размерности, состоящая из взаимосвязанных генетически и функционально локальных геосистем, сформировавшихся на единой морфоструктуре в условиях местного климата*. Локальные геосистемы (морфологические единицы) представлены фациями, подурочищами, урочищами и местностями.

Между компонентами геосистемы осуществляется вещественно-энергетический и информационный обмен. Наиболее яркое проявление вещественно-энергетических связей — биогеохимический круговорот веществ, характеризующий ландшафт как целостную геосистему. Информационные взаимосвязи в ландшафтах прослеживаются как в пространстве, так и во времени. Суть их состоит в передаче территориального и временного упорядоченного разнообразия одними природными компонентами другим. Компоненты геосистемы как бы стремятся запечатлеть свою пространственно-временную организацию в других компонентах и геосистеме в целом. Например, разнообразие горных пород и рельефа находит соответствующее от-

ражение в пространственной смене почвенного и растительного покрова, водного режима и микроклимата.

Межкомпонентные связи в ландшафте не являются абсолютно жесткими и носят вероятностный характер. Они обладают некоторой степенью свободы, благодаря чему ландшафт может более или менее пластично реагировать на возмущения внешней среды [139]. До определенных пороговых нагрузок он способен оставаться относительно устойчивым.

С экологических позиций ландшафт рассматривается как средообразующая и ресурсовоспроизводящая геосистема, включающая в себя живое вещество. Эта геоэкологическая точка зрения развивается в терминах «экосистема» и «биогеоценоз».

В отличие от природных ландшафтов природно-антропогенные ландшафты включают в себя три подсистемы: природную, социальную и производственную, которые взаимодействуют друг с другом посредством прямых и обратных вещественных, энергетических и информационных связей. Создание культурного ландшафта достигается гармонизацией этого взаимодействия, что возможно лишь при высокой культуре природопользования. Понятия «сельскохозяйственный ландшафт» и «агроландшафт» требуют разделения и конкретизации. Первый обычно рассматривается в общехозяйственном и социальном аспекте, второй — с позиций земледелия. Часто они используются как синонимы.

В соответствии с ГОСТ 17.87.1.02.88 сельскохозяйственным ландшафтом называется ландшафт, используемый для целей сельскохозяйственного производства, формирующийся и функционирующий под его влиянием.

Точнее можно определить сельскохозяйственный ландшафт как антропогенно-природный ландшафт, обусловленный сельскохозяйственной деятельностью, в котором природная основа сочетается с производственной и социальной инфраструктурой (культурный, акультурный, в том числе деградированный). Данную категорию правильнее определять как природно-сельскохозяйственный ландшафт.

В целях формирования адаптивно-ландшафтных систем земледелия используется понятие агроландшафта, который следует рассматривать как целенаправленно детерминированную категорию, как геосистему, преломленную через призму экологических требований сельскохозяйственных культур, условий их возделывания, потребностей животных и человека.

Агроландшафт — это геосистема, выделяемая по совокупности ведущих агроэкологических факторов (определяющих применение тех или иных систем земледелия), функционирование которой происходит в пределах единой цепи миграции вещества и энергии. С точки зрения агроэкологической типологии земель агроландшафт соответствует агроэкологической группе земель. С позиций генетико-морфологической структуры он может соответствовать ландшафту, местности, урочищу или подурочищу. Например, при сильной расчлененности территории агроландшафт чаще всего будет соответствовать ландшафту, в пределах которого потребуется противоэрозионная система земледелия. В случае крупных форм мезорельефа агроландшафты могут соотноситься с



подурочищами. Например, на многокилометровых по длине и достаточно широких (1-2 км) плоских вершинах грив Северной Кулунды (подурочища) практикуется зернопаровая противодефляционная система земледелия, нижние части склонов грив и делювиальные шлейфы с солонцовыми комплексами (подурочища) используются в противосолонцовой системе земледелия; на межгривных понижениях располагаются солонцовые пастбища.

Использование морфологических единиц природного ландшафта (подурочище, урочище, местность) при структуризации агроландшафтов имеет значение для организации территории (противоэрозионной, мелиоративной) и для экологического нормирования территории.

Первичная структурная единица агроландшафта включает в себя одну или несколько фаций, составляющих единое целое с точки зрения земледельческого использования. В качестве таковой рассматривается *элементарный ареал агроландшафта (ЭАА), который представляет собой участок на элементе мезорельефа, ограниченный элементарной почвенной структурой (реже – элементарным почвенным ареалом) при одинаковых геологических и микроклиматических условиях* [75].

### 2.3.2. Географическая классификация природных и природно-сельскохозяйственных ландшафтов

Ландшафтный анализ территории начинается с определения местоположения объекта в ландшафтной оболочке. Для характеристики природных ландшафтов предлагается использовать классификации, разработанные А. Г. Исаченко, Ф. Н. Мильковым, В. А. Николаевым, обобщенные в работе [75], с некоторыми коррективами (рис. 2.1).

Высшим таксоном ландшафтов Земли признан *отдел*, в основе выделения которого лежит характер взаимодействия геосфер (лито-, атмо-, гидросферы) в структуре ландшафтной оболочки. По Н. Ф. Милькову обособляются четыре отдела ландшафтов: наземных, земноводных (речные, озерные, шельфовые), водных (поверхностный ярус ландшафтной сферы в морях и океанах), донных (морских и океанических, за исключением шельфовых).

Следующая категория – *классы* – устанавливается по морфотектоническим показателям. Выделяются классы равнинных и горных ландшафтов.

Классы подразделяются на *подклассы* в соответствии с ярусной дифференциацией ландшафтной структуры в горах и на равнинах. На равнинах различаются подклассы возвышенных, низменных, низинных ландшафтов, в горах – подклассы низко-, средне- и высокогорных ландшафтов.

Ниже классов стоят *типы* ландшафтов, выделяемые в соответствии с почвенно-биоклиматическими условиями. Различают зональные типы равнинных ландшафтов: тундровый, таежный, лесостепной, степной и т.д. В равной мере заслуживают выделения в качестве типов болотные, луговые, солонцово-солончаковые и другие интразональные ландшафты.

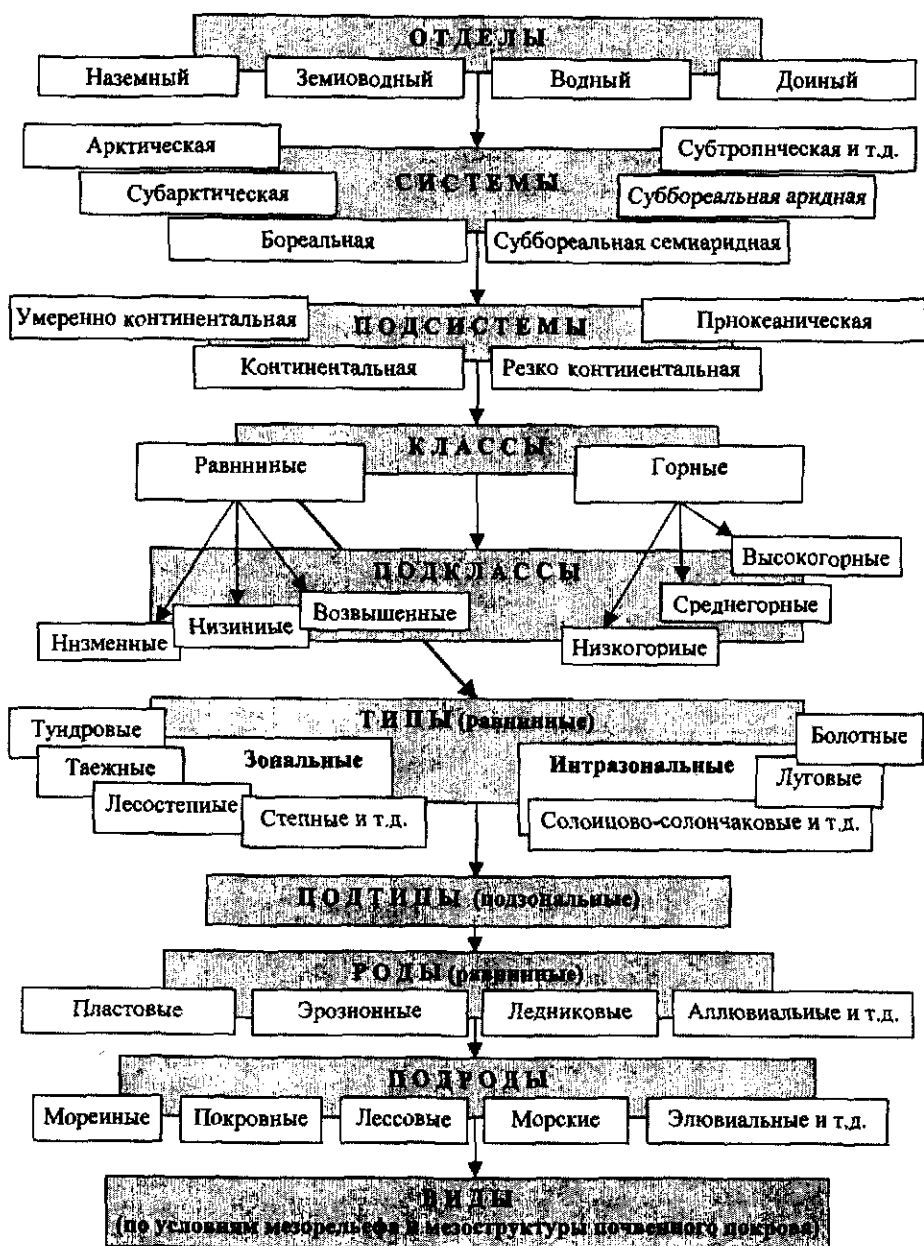


Рис. 2.1. Схема классификации природных ландшафтов

Зональные типы ландшафтов разделяются на подтипы по подзональным признакам (подтипы почв, группы растительных формаций). Например, лесостепной тип делится на северный, средний и южный подтипы.

Роды ландшафтов отражают генетический тип рельефа и структуры морфологических комплексов, подроды — литологический состав.

В качестве низшей классификационной единицы рассматривается вид ландшафта, выделяемый по условиям мезорельефа, мезоструктуры почвенного и растительного покрова.

Пример полного названия ландшафта: бореальный умеренно-континентальный (восточноевропейский) южно-таежный моренно-воднолед-никовый увалисто-волнистый ландшафт под еловыми и мелколиственными лесами на дерново-подзолистых и болотно-подзолистых почвах.

Классификация природно-сельскохозяйственных ландшафтов построена на основе классификации природных ландшафтов с учетом антропогенных изменений, которые вводятся в соответствующие таксоны в зависимости от глубины трансформации природного ландшафта. Большая часть этих изменений фиксируется на уровне вида, а нередко и на более высоком уровне (рис. 2.2).



Рис. 2.2. Схема классификации сельскохозяйственных ландшафтов

Эти классификации используются для географической привязки объекта изысканий и его экологической идентификации, позволяющей экстраполировать экспериментальные данные научных центров по сельскохозяйственному использованию земель и агротехнологиям.

### 2.3.3. Агрооценка ландшафтно-экологических условий

Наиболее значимыми природными условиями, определяющими функционирование ландшафтов, являются рельеф, литология, климат, влияние грунтовых вод, растительность, почвенный покров. Их агроэкологическая оценка составляет основной предмет ландшафтного анализа, который проводится по отношению к каждому ЭАА как элементарной структурной единице агроландшафта. Число оцениваемых параметров зависит от уровня интенсификации производства. Эти параметры в дальнейшем ранжируются в структурной иерархии ландшафта согласно ландшафтно-экологической классификации земель.

#### 2.3.3.1. Геоморфологические условия

##### 2.3.3.1.1. Абсолютная высота над уровнем моря.

Влияние абсолютной высоты на климат и почвы сказывается не только в горных районах с их вертикальной зональностью, но и на равнинах с колебаниями высот менее 250-300 м. На каждые 100 м высоты атмосферное давление снижается на 6-9 мм, температура — на 0,5-0,6°С. На возвышенностях европейской территории России годовое количество осадков через каждые 100 м высоты увеличивается на 10-12% по сравнению со средней суммой осадков на равнине. В известной степени абсолютная высота определяет дренированность территории.

По абсолютной высоте на водораздельных равнинах выделяются местоположения очень высокие (выше 300 м), возвышенные (300-200 м), средневысотные (200-100 м), низкие (ниже 100 м).

##### 2.3.3.1.2. Классификация форм рельефа.

Характеристика геоморфологических условий проводится согласно структурной иерархии ландшафта от генетического типа макрорельефа до элемента мезорельефа и типа микрорельефа. Тип рельефа образован генетически связанными между собой и закономерно сочетающимися в пространстве формами рельефа. В зависимости от размеров выделяют три группы типов рельефа: макро-, мезо- и микрорельеф.

**Макрорельеф** — крупные формы земной поверхности, занимающие обширные площади и определяющие их общий облик (равнины, горные системы, низменности). Макрорельеф воздействует на формирование воздушных масс, определяет вертикальную поясность и климат, влияет на почвообразование и дифференциацию почвенного покрова. Классам и подклассам природных ландшафтов соответствуют определенные типы и подтипы макрорельефа. Разнообразие сочетаний форм макрорельефа сводится к четырем морфолого-генетическим типам:

горный, или структурно-тектонический (подтипы высокогорный, альпийский, среднегорный, низкогорный, сельговый);

структурный, или пластовый (подтипы — плоскогорья, плато, куэсты); скульптурный, или эрозионный тип рельефа включает в себя равнины, образованные линейной речной эрозией, плоскостным смывом, абразией; аккумулятивный, или насыпной.

По высотным уровням равнины делят на низменности (ниже 200 м) и плато (выше 200 м).

**Мезорельеф** — средние формы земной поверхности, занимающие площади в сотни и тысячи квадратных метров с колебаниями относительных высот 1-100 м (иногда более). Мезорельеф является фактором перераспределения агроклиматических ресурсов и формирования микроклимата; каркасом геохимического ландшафта, определяющим направленность и интенсивность геохимических процессов; фактором дифференциации почвенного покрова и формирования мезоструктур почвенного покрова. При расчленении территорий в системе междуречий выделяются следующие элементы мезорельефа: водоразделы, склоны, подошвы и шлейфы склонов, днища межсклоновых западин, днища оврагов и балок, террасы, уступы и склоны террас.

**Плато** — равнинные поверхности, ограниченные более или менее глубокими выемками гидрографической сети.

**Террасы** — ровные поверхности, с одной стороны граничащие с более повышенными элементами рельефа, с другой — более или менее резко ограниченные понижением (речной долиной, балкой, озерной впадиной и т.д.).

**Депрессионные равнины** — вогнутые ровные участки, окруженные поверхностями более высокого уровня (днища котловин, приморские и приозерные береговые равнины, подгорные шлейфы и др.).

**Холм** — возвышенность округлых очертаний, не выше 200 м *относительной* высоты, с округлым основанием и склонами, *обращенными на все стороны*.

**Увал** — *вытянутое в одном направлении* мысообразное возвышение высотой до 200 м, большей частью присоединенное к более крупной форме рельефа или образующее с несколькими другими увалами при смыкании наиболее высоких частей общий водораздельный узел.

**Гряды, валы** — узкие длинные возвышения, *чаще всего ориентированные в одном направлении*, параллельные друг другу.

**Крупные барханы** — песчаные навейные ветром холмы полудунной формы (в плане).

**Крупные дюны** — песчаные холмы, навейные ветром, располагающиеся параллельно берегу реки или моря.

**Гора** — возвышенность, превышающая 200 м относительной высоты, резко выступающая на местности и со сравнительно небольшим основанием.

**Котловины** — замкнутые или почти замкнутые пониженные участки земной поверхности.

**Впадины** — обширные по площади участки поверхности, пониженные относительно окружающей территории.

**Долины** — сильно вытянутые в длину сравнительно узкие углубления в рельефе, иногда прямые, большей частью извилистые, открытые в одном конце и обладающие общим наклоном ложа в этом направлении. С боков до-

лины ограничены обращенными друг к другу параллельными скатами (бортами). Если в долине имеется постоянный водоток, то она называется речной долиной, в ином случае — сухой.

К категории мезорельефа относятся и крупные элементы сухоходольной гидрографической сети — ложины, балки.

Закономерное чередование в пространстве форм мезорельефа образует определенный его тип. Единой классификации типов мезорельефа пока не существует, однако они хорошо различаются по генетическим и морфологическим признакам. К более крупным элементам генетической классификации рельефа относятся комплексы типов рельефа, обычно отождествляемые с геоморфологическими районами (в некоторых случаях с геоморфологическим районом территориально совпадает и тип рельефа). В природно-сельскохозяйственном районировании СССР [50] они отражены как типы округов равнинных территорий, разделяемые на категории по генезису и более мелкие выделы по особенностям рельефа и литологии (в классификации природных ландшафтов отражаются соответственно на уровне родов и подродов):

морские равнины — плоские песчано-глинистые и плоско-волнистые песчаные частично с эоловой переработкой;

аллювиальные и древнеаллювиальные равнины — плоские суглинистые и глинистые, преимущественно лессовидные; плоско-волнистые песчано-глинистые и плоско-холмистые песчаные, включая перевеянные;

аллювиально-дельтовые равнины — плоские слоистые песчано-глинистые;

озерно-аллювиальные равнины — плоские и плоско-волнистые глинистые и суглинистые; плоско-волнистые песчано-суглинистые;

водно-ледниково-озерные равнины (включая зандровые) — плоские песчано-глинистые, местами подстилаемые моренными суглинками; плоско-волнистые песчаные и супесчаные, подстилаемые моренными суглинками; плоско-холмистые песчаные и супесчаные;

моренные равнины — холмистые (конечно-моренные) с чередованием моренных суглинков и песков; волнистые суглинистые; плоско-волнистые суглинистые и двучленные, подстилаемые карбонатными породами; плоско-холмистые песчаные и супесчаные; плоско-волнистые песчаные и супесчаные, близко подстилаемые моренными суглинками; волнисто-увалистые покровно-суглинистые, включая слабокарбонатные;

предгорные, преимущественно пролювиальные равнины — волнисто-увалистые глинистые и суглинистые, местами щебневатые;

эрозионные равнины — волнисто-увалистые лессовые и лессовидные суглинистые; увалистые элювиально-делювиально-суглинистые и глинистые на коренных породах; волнистые пеплово-вулканические;

эрозионные плато — плоско-увалистые элювиально-делювиально-суглинистые на коренных породах;

эрозионно-денудационные равнины частично с мелкосопочником — увалисто-холмистые элювиально-делювиально-суглинистые на коренных породах;

аридно-денудационные равнины и плато — плоско-увалистые элювиально-делювиальные преимущественно суглинистые на коренных породах; плоско-холмистые песчаные (перевейные);

аридно-денудационные равнины с мелкосопочником — холмистые элювиально-делювиально-суглинистые щебнистые на коренных породах.

**Микрорельеф** — мелкие формы земной поверхности, занимающие незначительные площади (единицы — сотни квадратных метров), с колебаниями относительных высот до 1 (иногда до 1,5) м. Разграничение форм микро-рельефа от мезорельефа не всегда достаточно отчетливо и проводится с некоторой условностью. Микрорельеф перераспределяет тепло и влагу на небольших расстояниях, является основным фактором дифференциации почвенного покрова на уровне микроструктур почвенного покрова, поэтому с видом микрорельефа и степенью его выраженности связаны многие вопросы мелиоративного проектирования, он является индикатором микроструктур почвенного покрова.

Микрорельеф играет роль не только фактора образования и индикатора структуры почвенного покрова. Он имеет значение в перераспределении влаги и тепла в пределах небольших участков, что сказывается на формировании урожая сельскохозяйственных культур. Особенно сильно влияние микро-рельефа проявляется в условиях плохой дренированности территории, почвообразующих пород тяжелого гранулометрического состава. Весной застаивание воды в замкнутых микропонижениях обуславливает сильное запаздывание сроков поспевания почвы, оглеение, накопление токсичных продуктов почвообразования, вымокание посевов озимых культур.

В табл. 2.2 представлена классификация микрорельефа. В агроэкологическом отношении особый интерес представляют следующие формы микрорельефа.

## 2.2. Классификация микрорельефа

Вид микро-рельефа	Фактор образования	Основная форма
Просадочный	Суффозионный Термокарстовый	Мелкие плоские понижения на равнинах: блюдца, западины, конические воронки, просадочные трещины
Развевания (выдувания)	Эоловый	Чаши, котловины, ямы выдувания и др.
Насаженный	Зоогенный	Муравейники, термитники, кротовины, сурчины
	Эоловый	Валки, гривки
Выпучивания	Криогенный	Полигоны
	Криогенный	Бугры
	Солифлюкционный	Солифлюкционные террасы
Фитогенный	Фитогенный	Кочки, прикорневые повышения, седловины
	Ветровальный	Бугры, ямы
Эрозионный	Эрозионный	Струйчатые размывы, ложбины, лынины
	Оползневый	Чаши, бугры

*Ложбины.* Это микропонижения, характеризующиеся стоком (чаще являются начальным звеном гидрографической сети), общей протяженностью от нескольких метров до нескольких десятков метров и более и глубиной от 50 см до 1 м. Вследствие эрозионной опасности ложбины стока подлежат залужению.

*Ложбинообразные понижения.* Отличаются от ложбин тем, что они не сопряжены с гидрографической сетью и имеют сток только в пределах понижения. В отличие от ложбин влага весной в ложбинообразных понижениях задерживается на более длительное время. Посевы озимых весной более изрежены. Во многих случаях целесообразно выравнивание ложбинообразных понижений.

*Гофрированные склоны.* Это комплекс ложбин и ложбинообразных понижений, расположенных на склонах различной крутизны. Они характеризуются высокой эрозионной опасностью.

*Конусы выноса.* Встречаются в комплексе с элементами гидрографической сети, характеризующимися наличием постоянного или временного водотока. Для предотвращения заиливания водоемов их засаживают кустарником.

*Промоины, водороины.* Протяженность от нескольких метров до нескольких десятков метров. Ширина и глубина не более 1 м. Форма микрорельефа антропогенного происхождения. Предотвращаются противоэрозионными мероприятиями. Обязательно выравниваются.

*Карстовые воронки.* Округлые микропонижения площадью до нескольких десятков квадратных метров, часто с обрывистыми краями и вскрытием материнской породы. Старые воронки более выровненные. Это более глубокие микропонижения и более труднопроходимые для техники. После выравнивания карстовый процесс возобновляется.

*Суффозионные блюдца.* Это замкнутые бессточные понижения округлой формы, диаметром до 100 м и глубиной до 1 м. На элементах мезорельефа располагаются цепочками. Чаще суффозионные блюдца выполнены контрастными почвами и с фоновыми почвами образуют сложные структуры почвенного покрова (СПП). На тяжелых почвах влага весной в этих понижениях задерживается надолго, и озимые чаще всего полностью выпадают. Выравнивание этой формы микрорельефа целесообразно, однако понижения могут возобновиться вследствие продолжительного суффозионного процесса. В некоторых случаях нецелесообразно выравнивать суффозионные блюдца на склонах, где эти микропонижения играют противоэрозионную роль.

Как разновидность микрорельефа выделяют нанорельеф с колебаниями относительных высот до 0,3 м.

На полях с выраженным нанорельефом невозможно обеспечить качественную предпосевную обработку почвы, получить дружные всходы и обеспечить одновременное развитие растений. Это приводит к неравномерному созреванию культур и снижению качества продукции.

Чаще всего нанорельеф имеет антропогенное происхождение. Это струйчатые водороины, возникшие вследствие эрозии; неровности, обусловленные низким качеством основной и предпосевной обработки почвы.



**Элементы гидрографической сети.** Сток формируется в пределах водосбора — территории, ограниченной водораздельной линией. Элементами водосбора являются водоразделы, склоны и гидрографическая сеть. Под *водораздельным пространством* или *водоразделом* на равнине понимают междуречье, не имеющее стока в какую-либо речную систему, или со стоком, осуществляемым слабоврезанными верховьями рек. В более широком плане — это пространства, примыкающие к водораздельным линиям. Различают водоразделы первого порядка, ограничивающие водосборы суходольных систем, и водоразделы более высоких порядков, которые ограничивают водосборы ложбин, ложбин. *Гидрографической сетью* называют сеть понижений, по которым осуществляется сток поверхностных вод. Верхняя ее часть, обычно лишенная постоянных водотоков, называется суходольной сетью.

**Ложбина** — верхнее звено гидрографической сети, примыкающее к наиболее высоким частям водосборов, имеет глубину 0,5-2 м, склоны — не круче 3-8°. Площадь водосбора до нескольких десятков гектаров. Переход ложбины в ложину начинается обычно с пунктов сети, имеющих площадь водосбора около 50 га, а в глубоко расчлененных районах — 10-15 га. Выделяют два вида ложбин. *Микроложбины* представляют собой слабовыраженные углубления, как правило, продольного склона направления и мягко сливающиеся с ним, дно неярко выражено. Крутизна склонов до 3°. Проходимы для сельскохозяйственных агрегатов в любом направлении, распахиваются. *Макроложбины* представляют собой углубления с выраженным дном, глубиной более 1,5 м и крутизной склонов 3-8°. Труднопроходимы для сельскохозяйственных агрегатов в поперечном направлении.

**Лощина** — отличается от ложбины более резкими очертаниями, глубиной и крутизной склонов (8-15°). Руслу потока в днище обычно не бывает. Лощина переходит в более крупную форму — балку (суходол, яр, байрак).

**Балка** — это вытянутая впадина, отделенная от присетевого склона хорошо выраженной бровкой. Глубина балок обычно 6-20 м, ширина 60-200 м, крутизна склонов 10-15° (в подмытых местах 35° и более), площадь водосбора от 250 га до нескольких тысяч гектаров. Характерной особенностью балки является хорошо выраженное русло временного водотока на дне. На склонах балок заметны террасы или их нечетко выраженные бровки. В глубоких балках наблюдается выклинивание грунтовых вод. Балки впадают в речные долины.

**Долина реки** — наиболее древнее звено гидрографической сети, отличается от балки наличием постоянного водотока и связанных с ним форм рельефа: пойм, террас и др.

К современным эрозионным формам рельефа относят размывы. По отношению к материнской форме, например, балке, размывы бывают *донными* (идущими по тальвегу), *вершинными* (выходящими на водораздел по продолжению тальвега), *склоновыми* (впадающими в материнскую форму под некоторым углом).

В зависимости от стадии развития среди склоновых и вершинных размывов выделяют водороины, промоины и овраги. *Водороины* — размывы почвы глубиной 0,2-0,6 м, которые заглаживаются при пахоте. Обычно они форми-

руются по бороздам при вспашке вдоль склона, а также на слабозадернованных лугах при сбросе большого количества воды. *Промоины* — размывы глубиной 0,5-3, шириной 5-8 м. Они непроходимы для обычной сельскохозяйственной техники. *Овраг* — размыв, выработавший свой собственный продольный профиль, не совпадающий с профилем склона. Глубина наиболее крупных оврагов на Русской равнине достигает 30, ширина — 50 м. Подавляющее большинство оврагов короткие (до 0,5 км), число длинных оврагов (2-5 км) невелико.

Среди донных размывов в зависимости от стадии эволюции выделяют вымоины, донные промоины и донные овраги. Сток по дну балки осуществляется в виде широкого потока (если дно балки не распаивается). В местах нарушения дернины начинается размыв дна с образованием ям соответствующей ширины — *вымоин*, которые являются начальной стадией размыва дна материнской формы. *Донная промоина* — размыв, образованный в результате слияния соседних вымоин. Занимает часть днища материнской формы. *Донный овраг* — размыв, образовавшийся в результате расширения донной промоины, занявший все днище материнской формы.

**2.3.3.1.3. Оценка расчлененности территории** проводится по отношению к составляющим ее группам земель.

Для оценки потенциального развития линейной эрозии часто используют глубину местных базисов эрозии. *Базис эрозии* — уровень, ниже которого не может идти эрозия. Для оврага базисом эрозии может быть уровень дна балки, поймы или меженный уровень воды в реке, для малой реки — уровень воды в реке, в которую она впадает. Всеобщим базисом эрозии является уровень мирового океана. Местным называют базис эрозии, характерный для данной местности.

*Степень вертикального расчленения территории* (табл. 2.3) характеризуется глубиной расчленения рельефа, отражающей превышение водоразделов над базисами эрозии внутри элементарных бассейнов. Определяется как разность наибольшей и наименьшей абсолютных высот по каждому элементарному бассейну, в качестве которого принимают бассейн каждого единичного водотока с постоянным или временным течением (или бассейн единичного озера). Для равнинного рельефа типичны ступени 1-5, предгорий — 3-6, среднегорного рельефа — 4-6, высокогорного — 6-8.

Обычно отмечается увеличение пораженности территории оврагами с увеличением глубины базиса эрозии до 40-60 м. При этом большинство оврагов приурочено к склонам длиной 300-1250 м и крутизной 3-9°.

### 2.3. Ступени шкалы относительных высот для карт расчленения рельефа

Ступень	Относительная высота, м	Ступень	Относительная высота, м
1	Менее 5	5	50-100
2	5-10	6	100-200
3	10-25	7	200-300
4	25-50	8	300-500

*Коэффициент расчлененности территории K* характеризует горизонтальное расчленение рельефа:

$$K = L / S, \quad (2.1)$$

где  $L$  — длина долинной и балочной сети, км;

$S$  — площадь территории, км<sup>2</sup>.

Этот показатель неприменим для районов с нелинейным расчленением.

*Ширина водосборного бассейна a* (среднее расстояние между соседними тальвегами) эрозионной сети определяется по обратной формуле

$$a = S / L. \quad (2.2)$$

Для районов с преобладанием нелинейного расчленения (озерного, холмистого, бугристого, западного и др.) используют формулу

$$a = S / k, \quad (2.3)$$

где  $k$  — общее число понижений (озер, западин и др.).

С коэффициентом расчлененности территории и шириной водосборного бассейна связана *средняя длина склонов L*:

$$L = 2 K = 0,5a. \quad (2.4)$$

Степень повреждения территории современными формами линейной эрозии характеризуется коэффициентами расчлененности территории оврагами, овражности и плотностью оврагов.

*Коэффициент расчлененности территории оврагами* — суммарная протяженность оврагов на 1 км<sup>2</sup> площади. По этому показателю различают слабую (менее 0,25 км/км<sup>2</sup>), среднюю (0,25-0,50), сильную (0,50-0,75) и очень сильную (более 0,75) степени развития эрозии. Расчлененность овражной сетью определяется также по среднему расстоянию между соседними оврагами (по средней ширине водосборного овражного бассейна): более 1000 м — слабая, 1000-500 м — средняя, 500-250 м — сильная, менее 250 м — очень сильная.

*Коэффициенты овражности* — отношение площади оврагов к общей площади территории (га/км<sup>2</sup>).

*Плотность оврагов* — число оврагов на 1 км<sup>2</sup>. Плотность оврагов менее 0,25 шт/км<sup>2</sup> соответствует слабой степени развития линейной эрозии, 0,25-0,5 — средней, 0,5-0,75 — сильной, более 0,75 — очень сильной.

Глубину расчленения и стадии развития процессов линейной эрозии (реликтовые и/или современные формы) характеризует тип линейного расчленения. По глубине расчленения различают слабоврезанные (5-10 м), средневрезанные (10-25 м) и глубокооврезанные (25-50 м) эрозионные системы; по составу элементов — ложбинно-лощинные, ложбинно-лощинно-балочные, лощинно-балочные, овражно-лощинно-балочные и др.

#### 2.3.3.1.4. Классификация склонов.

Важнейшими характеристиками рельефа, от которых зависят микроклиматические и геохимические условия ЭАА, сток и эрозия почв, являются крутизна, форма, экспозиция, длина склонов и их расчлененность.

*Крутизна* склонов играет определяющую (хотя и не единственную) роль в формировании стока. Ее влияние на интенсивность эрозионных процессов сильно различается в зависимости от почвенно-литологических и других условий. Поэтому единой классификации склонов по эрозионной опасности существовать не может, но некоторые усредненные представления по этому поводу сложились.

Для таежно-лесной зоны интервал  $0-1^\circ$  характеризует повышенную вероятность переувлажнения, выраженность микрорельефа, наличие в структуре почвенного покрова оглеенных компонентов. Интервал  $1-3^\circ$  обеспечивает более благоприятные условия дренированности, но после  $2^\circ$  начинает проявляться линейная эрозия, и требуется ограничение доли пропашных культур в севообороте. При  $3-5^\circ$  сильно развиваются эрозионные процессы. Использование таких земель в пашне должно осуществляться в системе противоэрозионных мероприятий с исключением пропашных культур. При уклонах  $5-8^\circ$  практикуются почвозащитные севообороты. Склоны круче  $8^\circ$  используются в основном как сенокосно-пастбищные угодья.

Предлагается выделять следующие категории склонов (табл. 2.4).

#### 2.4. Классификация склонов по крутизне

Категория поверхности		Крутизна ската ( $\alpha$ ), °	Уклон ( $\text{tg } \alpha$ )
Плоские поверхности		До 1	Менее 0,0175
Склоны	очень пологие	1-2	0,0175-0,0349
	пологие	2-3	0,0349-0,0524
	слабопокатые	3-5	0,0524-0,0875
	покатые	5-8	0,0875-0,1405
	сильнопокатые	8-10	0,1405-0,1763
	крутые	10-15	0,1763-0,2679
	очень крутые	15-20(30)	0,2679-0,3640 (0,5774)
	чрезвычайно крутые	20(30)-45	0,3640 (0,5774)-1,000
	обрывистые	45-70	1,000-2,7475
отвесные	70-90	Более 2,7475	

*Форма* склона оказывает большое влияние на условия увлажнения. По форме продольного профиля выделяют прямые, выпуклые и вогнутые склоны. Иногда встречаются склоны сложной формы — выпукло-вогнутые, вогнуто-выпуклые и ступенчатые. Прямые и выпуклые склоны сложены обычно легко размываемыми породами, вогнутые — трудно размываемыми, ступенчатые — чередующимися рыхлыми и твердыми породами. Эрозионная опасность выпуклых, прямых и вогнутых склонов соотносится примерно как 1,25-1,5 : 1 : 0,5-0,75. По форме поперечного профиля также различают склоны прямые, выпуклые и вогнутые. При выпуклой форме поперечного профиля склона сток происходит по расходящимся направлениям, и склон на-

зывают рассеивающим. Вогнутая форма склона обуславливает сток по сходящимся направлениям (собирающий склон). Прямой поперечный профиль является нейтральным. Собирающие склоны наиболее опасны в эрозионном отношении, рассеивающие — наименее опасны.

Для целей противоэрозионного проектирования принята следующая классификация склонов по форме.

Типы склонов выделяются по форме поперечного профиля, определяющего форму водосбора: I — прямые, II — рассеивающие, III — собирающие; подтипы (в типах II и III) по параллельности горизонталей: 1 — с параллельными горизонталями (с одинаковой крутизной), 2 — с непараллельными горизонталями (с разной крутизной); виды по форме продольного профиля: А — продольно-прямые, Б — продольно-вогнутые, В — продольно-выпуклые; разновидности по характеру поверхности в зависимости от микрорельефа: ровные, бугристые, мелколожбинные, макроложбинные и т.д.

В сложных условиях необходимо учитывать принадлежность ЭАА не только к склону определенной формы, но и к его части (верхней, средней, нижней).

*Экспозиция* склона оказывает значительное влияние на микроклиматические условия и интенсивность смыва почвы. В период весеннего снеготаяния основными причинами различий в смыве являются неравномерность распределения снега в разных частях склонов разных экспозиций (что зависит в основном от преобладающего направления ветров) и разная скорость снеготаяния, зависящая от угла падения солнечных лучей, определяемых на данной широте экспозицией склона. Например, для лесостепной зоны европейской территории России, если снежность на водоразделе принять за 1, то снежность южных, юго-восточных, восточных склонов равна 0,5, северо-восточных — 1, северо-западных — 2. В то же самое время суточные суммы прямой солнечной радиации на водоразделах, восточных и западных склонах практически не различаются (максимальное различие наблюдается на низких широтах и при крутизне склона  $20^\circ$  составляет всего 6-7%, при  $10^\circ$  — 2%, при  $5^\circ$  отсутствует). Южные склоны отличаются в этом отношении от водоразделов в среднем за вегетацию на +4-6% для склонов  $5^\circ$ ; на +5-10% для склонов  $10^\circ$ ; на +9-23% для склонов  $20^\circ$ ; северные склоны — на -4-7, -10-16 и -20-40% соответственно.

*Длина склона* — расстояние от водораздела до бровки элемента гидрографической сети по линии наибольшего уклона (табл. 2.5).

### 2.5. Классификация склонов по длине (М. Н. Заславский, 1987)

Категория склонов	Протяженность склонов, м
Чрезвычайно короткие	Менее 50
Очень короткие	50-100
Короткие	100-200
Средней длины	200-500
Повышенной длины	500-1000
Длинные	1000-2000
Очень длинные	2000-4000
Чрезвычайно длинные	Более 4000

### 2.3.3.1.5. Система оценки рельефа.

Каждый ЭАА в системе агроэкологической оценки рельефа должен получить следующие характеристики:

- приуроченность к форме мезорельефа (увал, холм, лощина и т.д.);
- приуроченность к элементу мезорельефа (вершина, склон, днище и т. д.);
- приуроченность к определенной части склона и его форме (нижняя, средняя или верхняя часть прямого, выпуклого или вогнутого склона);
- крутизна склона;
- форма в плане (характер водосбора — рассеивающий, собирающий, прямой);
- экспозиция (теплая, холодная, нейтральная);
- расстояние от водораздела;
- микрорельеф.

Для всей оцениваемой территории устанавливается следующий комплекс показателей оценки:

- морфолого-генетический тип макрорельефа;
- комплекс типов мезорельефа (по происхождению);
- категория типов мезорельефа (по особенностям рельефа и литологии);
- горизонтальная расчлененность территории (коэффициент расчлененности, средняя ширина водосбора, средняя длина склонов);
- вертикальная расчлененность;
- тип линейного расчленения по составу гидрографической сети и глубине вертикального расчленения;
- пораженность современными линейными эрозионными процессами (коэффициент овражности, суммарная протяженность оврагов на 1 км<sup>2</sup>, плотность оврагов).

### 2.3.3.2. Литологические условия

В табл. 2.6 показана классификация горных пород в зависимости от происхождения, сложения, возраста и участия в почвообразовании. Широкое участие в почвообразовании коренных пород или их маломощного элювия на какой-либо территории в большинстве случаев дает основания для выделения литогенной группы земель.

## 2.6. Классификация горных пород

По происхождению	По сложению	По значению и возрасту
Магматические: интрузивные (глубинные) эффузивные (излившиеся)	Массивно- кристаллические	Коренные (дочетвертичные)
Метаморфические		
Осадочные: древние	Плотные	Почвообразующие (четвертичные)
молодые	Рыхлые	

Геологическое строение местности, сопряженное с геоморфологическими условиями, т.е. «пересечение» различных геологических пластов поверхностями рельефа, определяет локализацию многих агроэкологически значимых

явлений и процессов. Например, горизонтальное залегание пласта третичных засоленных глин и выход его к поверхности на эродированных склонах обуславливает формирование или вероятность появления «солонцового пояса» на определенном гипсометрическом уровне. С той же закономерностью проявляются оползневые и солифлюкционные явления, приуроченные к местам близкого залегания водоупорных пород и формирования поверхностей скольжения.

Характеристика литологических условий ЭАА включает в себя мощность различных отложений; гранулометрический состав и его преобладающие фракции, скелетность, каменность; химические и физические свойства (карбонатность, гипсоносность, засоленность, оглеение, плотность, пористость, водопроницаемость, влагоемкость, водоудерживающая способность, водоподъемная способность).

Почвообразующие породы представлены следующими основными генетическими типами.

*Элювиальные отложения (элювий)* – продукты выветривания коренных пород, оставшиеся на месте образования. Отличаются большим разнообразием по составу и мощности в зависимости от свойств исходной породы и условий выветривания. Различают следующие виды элювия плотных пород:

элювий карбонатных пород – известняков, доломитов, мрамора, мела, мергелей, карбонатных глинистых сланцев, карбонатных опок;

элювий бескарбонатных пород – песчанистых и глинистых сланцев, аргиллитов, песчаников, опок, конгломератов и т.п.;

элювий кристаллических магматических и метаморфических пород – гранитов, сиенитов, диабазов и т.д., которые подразделяются на кислые и основные, кальциевые и магнезиальные;

латеритизированные современные элювиальные образования на различных плотных породах.

*Делювиальные отложения (делювий)* – отложения дождевых и талых вод. Откладываются в виде пологого шлейфа с наибольшей мощностью у основания склона. Для делювия характерны сортированность, слоистость. Состав обусловлен составом смываемых с вышележащих склонов пород.

*Элювиально-делювиальные отложения* выделяются при тесном совмещении и трудном разграничении описанных отложений, что часто наблюдается в условиях пересеченного рельефа.

*Пролувиальные отложения (пролювий)* – отложения временных водных и селевых потоков значительной мощности в виде конусов выноса. Характерен для горных стран. Как правило, плохо сортирован, включает крупнообломочный материал.

*Аллювий* – отложения постоянных водных потоков. Различают русловой аллювий (донные отложения рек), сложенный преимущественно песками и галькой; пойменный аллювий (отложения разливов), преимущественно суглинистый и глинистый; старичный аллювий, обогащенный органическим веществом и илом. Аллювиальные отложения характеризуются горизонтальной или косой слоистостью, окатанностью минеральных зерен, включе-

нием органических остатков. Характер слоистости и литологический состав аллювиальных отложений бывает очень различным, нередко контрастным. Пойменные аллювиальные отложения суглинистого и глинистого состава имеют хорошие агрономические свойства.

*Озерные отложения* заполняют понижения древнего рельефа, отличаются глинистым составом и слоистостью, часто содержат органические прослойки, могут содержать известь, в сухих областях – гипс и легкорастворимые соли. При достаточном и избыточном увлажнении тяжелый гранулометрический состав обуславливает застой поверхностных вод. В зоне недостаточного увлажнения озерные отложения засолены, пересыхающие соленые озера образуют соровые солончаки.

*Ледниковые (моренные) отложения* – продукты выветривания различных пород, перемещенные и отложенные ледником. Широко распространены на севере Европейской части России и Западной Сибири. Обычно залегают на возвышенных водоразделах, формируют конечно-моренные гряды. Моренные отложения несортированы, имеют неоднородный гранулометрический состав, включают валуны, обогащены песком, чаще всего являются валунными песчанистыми суглинками. Окраска красно-бурая, желто-бурая, зелено-вато-бурая, пестрая и т.д., что зависит от характера пород подледникового ложа, условий выветривания и почвообразования. По химическому составу выделяют карбонатные и бескарбонатные (кислые) морены. Сильная завалуненность пород значительно ухудшает свойства почв и препятствует сельскохозяйственным работам.

*Флювиогляциальные (водноледниковые) отложения* образованы деятельностью мощных ледниковых потоков. Характеризуются сортированностью, бескарбонатностью, легким гранулометрическим составом (преимущественно песчаным и песчано-галечниковым), не содержат валунов. Формирующиеся на них почвы бедны гумусом, питательными веществами, обладают малой влагоемкостью, высокой водопроницаемостью.

Часто флювиогляциальные наносы подстилаются моренными суглинками и глинами, что приводит к застою влаги на контакте пород и контактному оглеению.

*Покровные суглинки и глины* имеют проблематичный генезис, чаще рассматриваются как отложения мелководных приледниковых разливов талых вод. Имеют желто-бурую окраску, хорошо сортированы, содержат большое количество пылеватых фракций и ила, не содержат валунов, преимущественно бескарбонатные. Во влажном состоянии сильно набухают, при подсыхании растрескиваются, отличаются плотным сложением, слабой водопроницаемостью, высокой капиллярностью.

*Лессы и лессовидные суглинки* также имеют проблематичное происхождение. Для лессов характерна палевая или буровато-палевая окраска, карбонатность, пылевато-суглинистый гранулометрический состав с преобладанием крупнопылеватой фракции, мучнистость, пористость, рыхлое сложение, микроагрегированность, хорошее сочетание водопроницаемости и влагоемкости. По химическим и водно-физическим свойствам наиболее благоприят-



ны для развития растений. Лессовидные суглинки менее карбонатны (встречаются бескарбонатные), более грубозернистые, в них слабее выражены микроагрегированность, мучнистость, пористость, отмечается слоистость.

*Морские отложения* (не старше верхнеретичного возраста) характеризуются ясной горизонтальной слоистостью, хорошей послойной сортированностью осадков. В целом гранулометрический состав разнообразен. Как правило, отличаются сильным засолением.

### 2.3.3.3. Гидрогеологические условия

Характеристика территории по этим условиям включает в себя принадлежность к гидрогеологическому бассейну, модуль подземного стока, химизм грунтовых вод, водоносные горизонты, их мощность, дебит, общую оценку многолетней динамики этих показателей.

Для каждого ЭАА оцениваются следующие показатели.

*Глубина залегания грунтовых вод* оказывает влияние на почвообразование, водный режим и влагообеспеченность почв: более 6 м – автоморфные условия, 3-6 м – полугидроморфные, менее 3 м – гидроморфные, в том числе менее 1,5 м – сильногидроморфные условия.

Залегание пресных грунтовых вод выше 80 см неблагоприятно для всех полевых культур и большинства трав, на уровне 80-100 см – благоприятно для большинства трав, некоторых плодовых кустарников (смородины, малины), овса, гороха, льна, но исключает возделывание плодовых культур, 100-120 см – оптимально для большинства полевых культур, но неблагоприятно для плодовых насаждений, 120-140 см – оптимально для косточковых плодовых культур, винограда, 140-200 см – для семечковых плодовых, теплолюбивых косточковых (абрикоса, персика).

## 2.7. Оценка глубины залегания минерализованных грунтовых вод по данным В.Ф. Валькова [78]

Уровень грунтовых вод, м	Состояние культур
Глубже 3,5	Нормальное
3,5-2,75	Очень слабое угнетение семечковых, абрикоса, черешни (снижение урожайности до 10 %)
2,75-2,25	Среднее угнетение семечковых, абрикоса, черешни (снижение урожайности на 10-30 %), слабое угнетение сливы, вишни, яблони на парадизке (снижение урожайности до 10 %), очень слабое угнетение виноградной лозы (снижение урожайности до 5 %)
2,25-2	Сильное угнетение семечковых, абрикоса, черешни (снижение урожайности на 30-50 %), среднее угнетение сливы, вишни, яблони на парадизке (снижение урожайности на 10-20 (30) %), слабое угнетение виноградной лозы (снижение урожайности до 10 %)
2-1,4	Очень сильное угнетение семечковых, абрикоса, черешни (снижение урожайности на 50-85 %), сильное угнетение сливы, вишни, яблони на парадизке (снижение урожайности на 20 (30)-50 %), среднее угнетение виноградной лозы (снижение урожайности на 10-25 %)

Продолжение табл. 2.7

Уровень грунто- вых вод, м	Состояние культур
1,4-1	Крайне сильное угнетение семечковых, абрикоса, черешни (снижение урожайности более 85 %), очень сильное угнетение сливы, вишни, яблони на парадизке (снижение урожайности на 50-90 %), среднее угнетение виноградной лозы (снижение урожайности на 25-30 %)
1-0,5	Полная гибель семечковых, абрикоса, черешни, сливы, вишни, яблони на парадизке, очень сильное угнетение виноградной лозы (снижение урожайности на 50-90 %)
Выше 0,5	Полная гибель всех плодовых культур

Глубина залегания минерализованных грунтовых вод оценивается исходя из относительного снижения урожайности многолетних насаждений (табл. 2.7).

При высоком уровне грунтовых вод необходим учет их динамики в течение вегетационного периода (отмечается период, в течение которого грунтовые воды хотя бы частично перекрывают корнеобитаемый слой и глубину уровня грунтовых вод в этот период).

**Проточность грунтовых вод** оказывает благоприятное действие на растения, так как в этих условиях они не испытывают экологического переувлажнения при расположении корней в зоне капиллярной каймы благодаря достаточной обеспеченности кислородом и отсутствию условий накопления токсичных продуктов анаэробного разложения в почве. В застойных грунтовых водах происходит накопление токсичных продуктов анаэробного разложения, что особенно неблагоприятно для многолетних насаждений.

**Состав грунтовых вод** характеризуется pH, содержанием  $Fe^{2+}$ , общим содержанием легкорастворимых солей, соды,  $Na^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $CO_3^{2-}$  и  $HCO_3^-$  в зависимости от зоны (табл. 2.8-2.10).

### 2.8. Оценка концентрации $Fe^{2+}$ в грунтовых водах с точки зрения опасности закупорки дренажных труб [48]

Содержание $Fe^{2+}$ в грунтовых водах, мг/л		Угроза закупорки дрен гидроокисью железа	Профилактическое мероприятие по борьбе с закупоркой дрен
pH < 7	pH > 7		
1	2	3	3
< 3		Отсутствует	Не требуется
3-6		Возможна закупорка перфораций пластмассовых труб	Применение дренажных труб из иных материалов (гончарные, деревянные и др.)
6-10	6-12	Возможно образование железистых пробок в пластмассовых трубах	Увеличение уклона дрен до 0,005-0,007 и более
10-20	12-25	Возможно интенсивное образование железистых пробок в трубах	То же и внесение извести в дренажные засыпки (2 кг/м), интенсивное известкование и аэрация почв (кротование, рыхление)

Продолжение табл. 2.8

1	2	3	
20-50	25-50	Интенсивное окхрообразование в трубах	То же. Целесообразно применение дрен большого диаметра (7,5-10 см). Использование ионов $Ca^{2+}$ для подавления жизнедеятельности железобактерий
> 50	> 80	Интенсивное окхрообразование в трубах, интенсивное ожелезнение почв	То же. Отвод ожелезненных вод открытыми ловчими каналами

Оценка качества воды, которая может быть применена для орошения, проводится несколькими способами.

### 2.9. Оценка опасности отложения окры в пластмассовых дренах в зависимости от концентрации $Fe^{2+}$ и pH [48]

Содержание $Fe^{2+}$ в грунтовых водах, мг/л		Опасность отложения окры в дренах
pH < 7	pH > 7	
Менее 0,5	Менее 1	Маловероятна
0,5-1	1-2,5	Незначительна
1-2,5	3,5-5	Средняя
3,5-5	5-7,5	Большая
Более 5	Более 7,5	Очень большая

Оценка воздействия  $Na^+$  оросительных вод на почву проводится по величине коэффициента относительной потенциальной адсорбции SAR (*Sodium adsorption ratio*). Концентрация катионов выражается в мг-экв/л:

$$SAR = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{Ca^{2+} + Mg^{2+}}{2}}} \quad (2.5)$$

### 2.10. Оценка качества оросительных вод по величине SAR

Содержание натрия в воде	Общая минерализация воды, г/л	
	0,1	0,1-0,5
Низкое	Менее 10	Менее 6
Среднее	10-18	6-10
Высокое	18-26	10-18
Очень высокое	Более 26	Более 18

**Поемность** оценивается по следующим параметрам: периодичность, сроки и длительность затопления, температура поемных вод (сумма температур полой воды). Для оценки поемности В. И. Шрагом предложена следующая градация:

короткая поемность – срок стояния полых вод до 7 дней – позволяет возделывать большинство культур, принятых для данной зоны;

средняя поемность – срок стояния полых вод 7-15 дней – исключает возделывание озимых культур, благоприятна для естественных и сеяных трав и большинства плодовых насаждений;

продолжительная поемность – 15-30 дней – исключает полевые культуры и плодовые, благоприятна не для всех трав;

очень продолжительная поемность со стоянием полых вод более 30 дней способствует заболачиванию территории и развитию болотных травянистых группировок.

Выживание растений в условиях затопления сильно зависит от температуры воды. Если в весенний период допустимая продолжительность затопления некоторых видов трав достигает 20-25 суток, то в летний период она не должна быть более 20-26 ч. Поэтому для оценки летнего затопления при высокой температуре воды предлагается следующая шкала:

очень короткое – до 5 ч – позволяет возделывать все культуры, принятые в данной зоне, в том числе овощные;

короткое – 5-7 ч – исключает возделывание некоторых культур, неустойчивых к летнему затоплению;

среднее – 7-12 ч – исключает возделывание овощных культур и некоторых зерновых;

длительное – 12-20 ч – исключает возделывание зерновых культур;

очень длительное – 20-26 ч – исключает выращивание некоторых видов многолетних трав, неустойчивых к летнему затоплению;

крайне длительное – более 26 ч – исключает выращивание всех многолетних трав.

#### 2.3.3.4. Агроклиматические условия

**Солнечная радиация, ФАР.** Температура воздуха, почвы и растений всегда зависит от количества солнечной радиации. Суммарная солнечная радиация включает прямую (поступающую непосредственно от Солнца) и рассеянную (поступающую от небосвода). Часть суммарной радиации отражается от земной поверхности, часть превращается в тепло.

Суммарная солнечная радиация, приходящаяся на горизонтальную поверхность, приведена в справочниках по климату, расчет на наклонные поверхности проводится с помощью коэффициентов (табл. 2.11).

#### 2.11. Относительное значение сумм прямой солнечной радиации на склонах разной экспозиции (коэффициент $K_s$ )

Географическая широта, °	Крутизна 5°						Крутизна 10°						Крутизна 20°					
	Месяцы																	
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	IV	V	VI	VII	VIII	IX	IV	V	VI	VII	VIII	IX
<i>Северные склоны</i>																		
46	0,94	0,97	0,98	0,98	0,96	0,92	0,87	0,92	0,94	0,94	0,89	0,82	0,72	0,83	0,87	0,86	0,78	0,63
54	0,93	0,96	0,98	0,97	0,94	0,90	0,84	0,90	0,92	0,92	0,88	0,77	0,65	0,79	0,84	0,82	0,72	0,53

Продолжение табл. 2.11

Географическая широта, °	Крутизна 5°						Крутизна 10°						Крутизна 20°						
	Месяцы																		
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	IV	V	VI	VII	VIII	IX	IV	V	VI	VII	VIII	IX	
62	0,90	0,95	0,97	0,97	0,92	0,87	0,80	0,89	0,92	0,90	0,85	0,70	0,57	0,76	0,81	0,78	0,66	0,40	
<i>Южные склоны</i>																			
46	1,05	1,02	1,01	1,02	1,04	1,08	1,08	1,03	1,01	1,02	1,06	1,13	1,15	1,05	1,01	1,02	1,10	1,24	
54	1,07	1,03	1,02	1,02	1,05	1,10	1,12	1,05	1,03	1,04	1,09	1,18	1,23	1,10	1,04	1,07	1,17	1,35	
62	1,09	1,04	1,02	1,02	1,06	1,13	1,16	1,07	1,05	1,06	1,13	1,24	1,32	1,15	1,07	1,10	1,23	1,49	
66	1,11	1,05	1,03	1,03	1,06	1,15	1,18	1,09	1,06	1,07	1,14	1,28	1,37	1,17	1,08	1,11	1,26	1,56	
<i>Восточные склоны</i>																			
46	1						0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,96	0,95	0,95	0,95	0,96	0,96	
54							1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,98	0,98	0,97	0,97	0,98	0,99	
62							1,01	1,01	1,00	1,00	1,01	1,01	1,00	0,98	0,98	0,98	0,98	1,00	
<i>Западные склоны</i>																			
46	1						0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,95	0,94	0,93	0,94	0,94	0,95	
54							0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,95	0,94	0,93	0,94	0,94	0,95
62							1,00	1,00	0,99	0,99	1,00	1,00	0,97	0,97	0,96	0,97	0,98	0,99	

*Фотосинтетически активная радиация* – ФАР (световые лучи с длиной волны 0,38-0,71 мкм) – усваиваемая растениями часть солнечной энергии:

$$\text{ФАР} = 0,43 S + 0,57 D, \quad (2.6)$$

где *S* – прямая радиация, поступающая на горизонтальную поверхность;  
*D* – рассеянная радиация.

*Коэффициент использования ФАР* (КПД ФАР) – часть ФАР, используемая для фотосинтеза. По А. А. Ничипоровичу, посевы культур по использованию ФАР можно разделить на группы: обычные – 0,5-1,5 %, хорошие – 1,5-3, рекордные – 3,5-5 %, теоретически возможные – 6-8 %. Потенциальная урожайность рассчитывается по приходу ФАР (табл. 2.12.).

### 2.12. ФАР и потенциальная биологическая урожайность

Географическая широта, °	Приход ФАР, млн МДж/га	3 % использования ФАР, ккал/га	Возможная биологическая урожайность, т/га
0-10	3,75-2,51	113-75	67-45
10-20	3,35-2,09	100-63	60-38
20-30	2,93-2,01	88-60	53-36
30-40	2,01-1,34	60-40	36-24
40-50	1,34-0,87	40-26	24-16
50-60	0,92-0,75	28-23	17-14
60-70	0,84-0,5	25-15	15-9

$$Y_{\text{биол}} = \frac{\sum Q_{\text{ФАР}} K_{\text{ФАР}} D_{\text{НМ}}}{10^5 q}, \quad (2.7)$$

где  $Y_{\text{биол}}$  – биологический урожай абсолютно сухой растительной массы, т/га;

$\sum Q_{\text{ФАР}}$  – приход ФАР за период вегетации культуры,  $10^6$  МДж/га;

$K_{\text{ФАР}}$  – запланированный коэффициент использования ФАР, %;

$D_{\text{НМ}}$  – доля надземной массы, %;

$q$  – количество энергии, выделяемое при сжигании 1 кг сухого вещества биомассы (16,76 МДж);

$10^5$  – коэффициент для пересчета в тонны.

**Теплообеспеченность земель.** Для оценки температурного режима применяют характеристики, дающие представление об общем количестве тепла за год и в отдельные периоды, годовом и суточном ходе температуры: сумму температур, средние суточные, средние месячные, средние годовые температуры, максимальные и минимальные температуры, амплитуды суточного хода температуры.

По теплообеспеченности в природно-сельскохозяйственном районировании России выделяют три пояса: холодный (менее  $1600^\circ\text{C}$ ), умеренный ( $1600-4000^\circ\text{C}$ ) и теплый субтропический (более  $4000^\circ\text{C}$ ).

В зависимости от длительности промерзания почвы и ее среднегодовой температуры выделяются четыре типа температурного режима почв: мерзлотный характерен для районов вечной мерзлоты (среднегодовая температура почвы отрицательная), длительно сезонно промерзающий с длительностью промерзания не менее пяти месяцев (среднегодовая температура почвы положительная, глубина проникновения отрицательных температур более 2 м), сезонно промерзающий с длительностью промерзания от нескольких дней до пяти месяцев (глубина проникновения отрицательных температур не более 2 м), непромерзающий, когда отрицательные температуры почвы отсутствуют или держатся от одного до нескольких дней (табл. 2.13).

### 2.13. Термические параметры фациальных подтипов почв

Фациальный подтип почв	Сумма температур выше $10^\circ\text{C}$		Продолжительность периода с отрицательной температурой почвы на глубине 0,2 м, дни
	воздуха	почвы на глубине 0,2 м	
Мерзлотный:			
арктический мерзлотный	0-300	0	Более 8
субарктический мерзлотный			Более 8
Субарктический длительно промерзающий	300-500	0-400	5-8

Продолжение табл. 2.13

Фациальный подтип почв	Сумма температур выше 10°C		Продолжительность периода с отрицательной температурой почвы на глубине 0,2 м, дни
	воздуха	почвы на глубине 0,2 м	
Очень холодный:			
мерзлотный длительно промерзающий	500-900	400-800	Более 8 5-8
Холодный:			
мерзлотный длительно промерзающий	900-1250	800-1200	Более 8 5-8
промерзающий			2-5
Умеренно холодный:			
мерзлотный длительно промерзающий	1250-1600	1200-1600	Более 8 5-8
промерзающий			2-5
Умеренный:			
длительно промерзающий	1600-2000	1600-2100	5-8
промерзающий			2-5
Умеренно теплый:			
длительно промерзающий			5-8
промерзающий	2000-2500	2100-2700	2-5
кратковременно промерзающий			1-2
Теплый:			
промерзающий			2-5
кратковременно промерзающий	2500-3100	2700-3400	1-2
периодически промерзающий			Менее 1
Очень теплый:			
промерзающий			2-5
кратковременно промерзающий	3100-3800	3400-4400	1-2
периодически промерзающий			Менее 1
непромерзающий			0
Субтропический:			
кратковременно промерзающий			1-2
периодически промерзающий	3800-4900	4400-5600	Менее 1
непромерзающий			0

Для характеристики тепловых ресурсов территории необходимо также использовать обеспеченность сумм активных температур (табл. 2.14). Принято считать обеспеченность теплом 80-90% хорошей. При обеспеченности 50-70% необходимо применять меры по улучшению термических условий. При обеспеченности культуры теплом менее 50% ее возделывание не имеет смысла.

### 2.14. Обеспеченность сумм температур выше 10 °С в зависимости от многолетней средней (по кривой Ф.Ф. Давитая)

Среднеголетняя сумма температур > 10°С	Обеспеченность, %										
	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0
3600	3000	3280	3400	3500	3580	3640	3680	3730	3780	3860	4200
3200	2600	2880	3000	3100	3180	3240	3280	3330	3380	3460	3800
2800	2200	2480	2600	2700	2780	2840	2880	2930	2980	3060	3400
2400	1800	2080	2200	2300	2380	2440	2480	2530	2580	2660	3000

Особое значение имеет оценка вероятности повреждения сельскохозяйственных культур заморозками. Она необходима для расчетов сроков сева, рационального размещения наиболее теплолюбивых культур, определения вероятности и предупреждения гибели всходов полевых культур, цветков и завязей плодовых и т. д.

Длительность безморозного периода в воздухе и теплообеспеченность изменяются в зависимости от местоположения (табл. 2.15).

### 2.15. Изменение термических характеристик климата отдельных форм рельефа

Форма рельефа	Холодный воздух		Заморозкоопасность*, баллы	Разность по сравнению с ровным местом			
	при-ток	сток		минимальных температур за ночь весной и осенью, °С	длительности безморозного периода, дни	суммы температур за безморозный период, °С	минимальной температуры воздуха за июль, °С
Вершины, верхние и средние части склонов:							
крутых ( $h > 50$ м, $\beta > 10^\circ$ )**	Нет	Хороший	1	+3...+5	+15...+25	+150...+200	+1,5...+2
пологих ( $h < 50$ м, $\beta 3...10^\circ$ )	-«	Есть	2	+1...+3	+5...+15	+50...+150	+1...+1,5
Равнины, плоские вершины, дно широких (более 1 км) открытых долин в средней части	-«	Нет	3	0	0	0	0
Средние части пологих склонов ( $h > 50$ м, $\beta 3...10^\circ$ )	-«	Есть	3	0	0	0	0
Дно и нижние части склонов узких долин с уклоном вдоль оси:							
большим	Есть	Хороший	1	+3...+5	+15...+25	+150...+200	+1...+2
умеренным	-«	Есть	2	+1...+3	+5...+15	+50...+150	-



Продолжение табл. 2.15

Форма рельефа	Холодный воздух		Заморозкоопасность*, баллы	Разность по сравнению с ровным местом			
	при-ток	сток		минимальных температур за ночь весной и осенью, °С	длительности безморозного периода, дни	суммы температур за безморозный период, °С	минимальной температуры воздуха за июль, °С
Долины больших рек, берега водоемов	Есть	Есть	2	+2...+4	+10...+20	+100...+200	+0,5...+1
Дно и нижние части склонов нешироких долин с уклоном вдоль оси:							
большим	-«	-«	3	0	0	0	0
слабым	-«	Слабый	4	-2...-3	-10...-15	-100...-200	-0,5...-1,5
Дно и нижние части склонов нешироких, извилистых, замкнутых долин	-«	Почти нет	5	-4...-6	-15...-25	-200...-300	-0,5...-2
Котловины	-«	Нет	5	-2...-3	-20...-30	-250...-350	-2...-2,5
Нижние части склонов и прилегающие части дна широких долин	-«	Слабый	4	-3...-5	-15...-25	-200...-300	-1...-1,5
Замкнутые, широкие, плоские (корытообразные) долины	-«	Почти нет	5	-4...-6	-20...-30	-250...-300	-2...-2,5
Сырые низины с минеральной почвой	Нет	Нет	4	-3...-6	-15...-30	-200...-350	-1,5...-2
Торфяные почвы:							
слабоосушенные, необработанные участки					-10...-15	-100...-200	-1...-1,5
Лука на осушенных болотах					-25...-30	-250...-300	-
Хорошо осушенные, окультуренные участки					-5...-10	-50...-100	-

\* В тихие ясные ночи.

\*\* h – относительная высота (перепад высот);

б – крутизна склона

Разность в суммах температур воздуха за безморозный период между вершинами и прилегающими долинами в европейской части России обычно бывает в пределах 200-300°С. Это соответствует изменению теплообеспечен-

ности сельскохозяйственных культур, которое наблюдается на ровных местах, на 150-200 км по широте.

Распределение температуры почвы на отдельных участках при равных зонально-фациальных условиях зависит от гранулометрического состава, количества органического вещества в почве, местоположения по рельефу (табл. 2.16). Различия в средней месячной температуре песчаной и глинистой почв достигают 3-4°C, осушенной и неосушенной торфяной почв – свыше 5°C.

### 2.16. Особенности термического режима органических и минеральных почв различного гранулометрического состава

Почва	Разность по сравнению со среднесуглинистой почвой					
	средней температуры почвы за май, °C	дат перехода (дни) средней суточной температуры почвы через		сумм температур почвы выше 10°C	продолжительности периода(дни) с температурой почвы выше	
		5°C	10°C		5°C	10°C
Песчаная, супесчаная	+1...+2	-6...-10	-10...-15	+250...+350	+15...+25	+20...+25
Легкосуглинистая	+0,5...+1	-3...-5	-5...-10	+100...+150	+5...+10	+10...+15
Тяжелосуглинистая и глинистая	-0,5...-1,5	+3...+5	+5...+10	-100...-200	-5...-10	-5...-10
Торфяная:						
осушенная	-1...-2	+8...+10	+5...+10	+50...+100	+5...+10	+5...-5
неосушенная	-2,5...-4	+10...+15	+15...+25	-25...-30	-25...-30	-10...-20

В холмистой местности распределение температур почвы на отдельных участках определяется различиями во влажности почвы, солнечном нагреве и особенностями воздушного обмена. В средних широтах при относительных разностях высот 10-100 м средние суточные температуры почвы на глубине 5-10 см в весенний период на пологих южных склонах выше по сравнению с ровным полем в среднем на 0,5-1°C, по сравнению с северными склонами на 2°C. Такое повышение температур дает возможность высевать на южных склонах яровые раньше, чем на ровных полях, в среднем на 2-5 дней, а по сравнению с северными склонами на 4-7 дней.

Летом в дневные часы при малооблачной погоде температура почвы на пологих южных склонах в слое 5-10 см выше, чем на северных, на 3-4°C, на глубине 20 см – на 1-2°C.

**Оценка условий перезимовки растений.** Перезимовка растений зависит от состояния их осенью, температурных условий и высоты снежного покрова зимой. Неблагоприятно сказываются на состоянии зимующих культур, особенно озимых зерновых, резкие колебания температуры, частые продолжительные оттепели, гололед.

Комплексным показателем агроклиматических условий зимнего периода может служить *показатель суровости зимы К*:

$$K = T_m / C, \quad (2.8)$$

где  $T_m$  – средний из абсолютных минимумов температур воздуха за месяц и в среднем за зимние месяцы, °С;

$C$  – средняя высота снежного покрова, см.

Малосуровые условия зимы характеризуются величинами показателя до 1, суровые – 1-3 и весьма суровые – выше 3.

Влиянию низких температур на почву зимой противостоит снежный покров, который оказывает решающее влияние на глубину промерзания. При высоте снежного покрова до 20 см зимы относят к малоснежным, 20-30 см – среднеснежным, выше 30 см – многоснежным. Решающее значение имеет установление снежного покрова достаточной высоты в первой половине зимы, так как интенсивность промерзания почвы с начала зимы наибольшая. Правильное и по возможности раннее снегонакопление позволяет в условиях резко континентального климата уменьшить глубину промерзания почвы. Этому же способствует и растительный покров, задерживающий снег и сохраняющий его в рыхлом состоянии.

На глубину промерзания сильно влияет влажность почвы. Чем она выше, тем меньше глубина промерзания. Глубина промерзания уменьшается с увеличением содержания в почве глинистых частиц. В суровые зимы она различается между песчаными и суглинистыми почвами в среднем на 50 см, между песчаными и глинистыми – на 80 см.

Существенное влияние на промерзание почвы оказывает рельеф. На повышенных его формах почвы промерзают, как правило, глубже, чем на пониженных, что обусловлено большей удельной поверхностью положительных форм рельефа и меньшей мощностью снежного покрова. Если глубину промерзания почв на ровной поверхности принять за 1, то на возвышенных местах и северных склонах она составит 1,2-1,5, восточных и западных – 1-1,35, южных – 0,7-0,9, на пониженных местах – 0,5-0,7.

При оценке условий перезимовки озимых зерновых культур основным показателем является минимальная температура почвы на глубине узла кущения (3 см). С этой глубины резко уменьшаются колебания температуры почвы. Поэтому крайне важно обеспечение оптимальной глубины заделки семян при посеве.

Температурный режим на глубине узла кущения зависит от абсолютных минимумов температуры воздуха и их повторяемости, высоты снежного покрова, времени выпадения снега, его плотности, степени охлаждения нижележащих слоев почвы.

Особую роль играет снежный покров. Минимальная температура почвы на бесснежных участках и участках со среднемощным (20-30 см) снежным покровом различается на 10-20°С. При сильных морозах или кратковременных понижениях температур воздуха до -20...-25°С и снежном покрове 60 см абсолютный минимум температуры почвы может быть выше на 30-37°С, чем воздуха. Разность температур воздуха и почвы определяется не только величинами низких температур, но и их продолжительностью. При сильных, но кратковременных морозах разность между температурами воздуха и почвы больше, чем при более слабых, но продолжительных.

Уплотнение снега увеличивает его теплопроводность и ведет к ухудшению термоизолирующих свойств.

Состояние озимых культур диагностируется на основе сопоставления фактических температур почвы зимой с критическими для растений.

**Оценка влагообеспеченности территорий.** Для общей характеристики влагообеспеченности используются условные показатели, предложенные различными авторами: гидротермический коэффициент Г. Т. Селянинова, радиационный коэффициент сухости М. И. Будыко и др. Наиболее употребителен коэффициент увлажнения Н. Н. Иванова (КУ):

$$КУ = P / f, \quad (2.9)$$

где  $P$  – осадки за год, мм;

$f$  – испаряемость за год (определенная по испарению с поверхности водоемов), мм.

В соответствии с этим коэффициентом выделены зоны увлажнения:

*избыточно влажная* (КУ более 1,33) зона распространения тундрового, болотного, глееподзолистого почвообразования; осадки превышают испаряемость и за год, и за теплый период;

*влажная* (КУ 1,33-1) зона охватывает тайгу и лиственные леса на подзолистых и бурых лесных почвах; годовая сумма осадков превышает испаряемость, но в основной период вегетации испаряемость выше осадков;

*полувлажная* (КУ 1-0,77) – лесостепная зона на серых лесных почвах и лесостепных черноземах;

КУ 1 свидетельствует о сбалансированности годовых осадков и испаряемости;

*полузасушливая* (КУ 0,77-0,55) зона охватывает типичную степь на обыкновенных черноземах;

*засушливая* (КУ 0,55-0,44) – охватывает засушливую степь на южных черноземах;

*очень засушливая* (КУ 0,44-0,33) – сухая степь на темно-каштановых и каштановых почвах;

*полусухая* (КУ 0,33-0,22) – полупустыня на светло-каштановых почвах;

*сухая* (КУ 0,22-0,12) – полупустыня на бурых почвах;

*очень сухая* (КУ 0,12) – полупустыня на серо-бурых почвах.

Влагообеспеченность конкретных местообитаний связана с неодинаковым расходом влаги на испарение на склонах разной крутизны и экспозиции, перераспределением зимних и летних осадков. Зимой снега накапливается больше на пониженных элементах рельефа. Наветренные склоны удерживают меньше снега, чем подветренные. На наветренных склонах мощность снега убывает от подножия к вершине, а на подветренных большие массы снега скапливаются в верхней части склона. На южных склонах снеготаяние проходит более интенсивно, в результате чего увеличивается сток.

Основные закономерности перераспределения влаги по элементам мезорельефа представлены в табл. 2.17, количественные соотношения этого перераспределения – в табл. 2.18.

### 2.17. Относительное увлажнение местообитаний в зависимости от формы и экспозиции склонов (по Сильвестрову)

Вертикальный профиль склонов	Относительное условное увлажнение			
	остронедостаточное	недостаточное	повышенное	среднее
Выпуклый	Нижние части солнечных (Ю, ЮВ, ЮЗ) и наветренных склонов	Нижние части теневых (С, СВ, СЗ) и подветренных склонов	Водораздельные плато и верхние части склонов всех экспозиций	Средние части склонов всех экспозиций
Прямой	Верхняя половина солнечных и наветренных склонов		Нижняя половина теневых и подветренных склонов	Остальные элементы
Вогнутый	Верхние части солнечных и наветренных склонов	Верхние части теневых и подветренных склонов	Шлейфы теневых и подветренных склонов	Шлейфы склонов
Сложный	Средние части солнечных и наветренных склонов	Верхние части всех склонов, средние части теневых склонов	Наветренные и теневые шлейфы	Остальные шлейфы

### 2.18. Относительное увлажнение склонов различных форм и экспозиций в различное время года (по Е.Н. Романовой)

Категория рельефа			Зима	Весна	Лето	Осень	Год
Ровное место			1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Водораздельное плато			1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Склоны прямого и вогнутого профиля	вершина		0,47	0,54	0,46	0,42	0,47
	северные	верхняя часть	0,95	1,00	0,86	0,98	0,95
		средняя часть	1,08	1,00	1,00	1,00	1,02
		нижняя часть	1,36	1,50	1,49	1,08	1,36
		подножие	1,70	2,00	1,50	1,60	1,70
	южные	верхняя часть	0,41	0,45	0,41	0,37	0,41
		средняя часть	0,53	0,62	0,50	0,48	0,53
подножие		1,19	1,22	1,20	1,14	1,19	
Склоны выпуклого профиля	северные	верхняя часть	0,97	0,96	0,97	0,98	0,97
		средняя часть	1,01	1,03	1,00	1,00	1,01
		нижняя часть	0,92	1,03	0,92	1,82	0,92
		подножие	2,02	2,18	1,88	1,89	1,99

Влажность почв вогнутых склонов книзу возрастает, а выпуклых, наоборот, снижается. На отдельных крутых отрезках любых склонов влажность почв уменьшается. Относительное количество осадков весной и осенью в зонах избыточного и достаточного увлажнения составляет у подножий склонов 1, на южных склонах – 0,25-0,3, северных – 0,3-0,4, в слабозасушливых условиях соответственно 1; 0,15-0,25 и 0,25-0,3. В сравнимых условиях ряд экспо-

зиций по увлажнению выглядит следующим образом: С > СВ > ЮВ > В > З > ЮВ > ЮЗ > Ю.

**Оценка засух.** Атмосферная засуха, т.е. жаркий период без дождей с влажностью воздуха менее 35-30 %, обычно сопровождается почвенной засухой, которая проявляется в снижении запасов почвенной влаги до влажности завядания.

Частота и длительность засух возрастает от лесостепи к сухой степи. Повторяемость засух достигает 30-40 % в лесостепи, 50-60 – в степи и лишь 2-3 % – в лесной зоне. Большинство исследователей признает наиболее надежным показателем засухи влажность пахотного слоя почвы (0-20 см). Декады, в течение которых запасы продуктивной влаги в пахотном слое составляют менее 20 мм, относят к засушливым, менее 10 мм – к сухим.

По срокам проявления выделяют пять типов засухи (табл. 2.19).

### 2.19. Сравнительная характеристика засух

Тип засухи	Период проявления	Наносимый вред	Мероприятие по преодолению
Ранне-весенняя	Начало полевых работ – июнь	Особенно высокий для яровых (быстрое иссушение верхнего слоя почвы, изреживание всходов, задержка кущения и образования вторичных корней, формирование укороченного колоса). Снижение урожайности при дальнейших благоприятных условиях до 6-8 ц/га, в засушливых условиях до 2-4 ц/га	Страховочные посевы озимых по чистым парам, поздние сроки сева яровых культур
Весенне-летняя	Май-июнь	Задержка и неполное формирование вторичных корней	Поздние сроки сева яровых зерновых («пережидание» засухи в стадии кущения) в условиях создания определенного запаса влаги (пар, снегонакопление, кулисы из высокостебельных растений на стерневом фоне). Посевы сверхранних или сверхпоздних скороспелых сортов. В районах с более равномерным распределением осадков – ранние посевы в максимально сжатые сроки. Применение фосфорных удобрений. Возделывание озимых по чистым парам

Продолжение табл. 2.19

Тип засухи	Период проявления	Наносимый вред	Мероприятие по преодолению
Летне-осенняя	Вторая половина лета (с июля)	«Захват» зерна яровых зерновых, нарушение образования репродуктивных органов поздних культур. Неблагоприятные условия для всходов озимых (иногда и по чистым парам)	Скороспелые засухоустойчивые сорта рапш и зерновых культур
Комбинированная	В разное время вегетации, чередуясь с влажными периодами	Наименее вредна, особенно при наличии в почве достаточных запасов влаги, за счет которых растения переносят перемежающуюся засуху	Сохранение запасов почвенной влаги агротехническими приемами
Устойчивая	Ранняя весна – конец июля	Поражает все полевые культуры. Наносит максимальный вред	Чистые пары, снегозадержание

**Ветровой режим.** Ветер влияет на режим основных метеорологических элементов в приземном слое растений, обуславливает развитие дефляции, распределение снежного покрова и осадков, перенос водяного пара и тепла. Сильный ветер способствует полеганию зерновых в период колошения и созревания. Во время холодной адвекции ветер может оказаться решающим фактором повреждения органов растений. Режим ветра (направление и скорость) обязательно учитывается при проектировании противодефляционных систем земледелия.

Макроклиматические факторы ветрового режима сильно корректируются местными условиями (табл. 2.20).

### 2.20. Коэффициенты изменения скорости ветра в различных условиях рельефа по сравнению с открытым ровным местом на высоте 2 м

Форма рельефа		Скорость ветра на равнине, м/с				
		3-5		6-20		
		Н*	У	Н	У	
<i>Открытые возвышения (холмы)</i>						
Вершины	Высота, м:					
	более 50	1,4-1,5	1,6-1,8	1,2-1,3	1,4-1,5	
	менее 50	1,3-1,4	1,6-1,7	1,1-1,2	1,3-1,4	
Склоны 3-10°:	Часть:					
	наветренные	верхняя	1,2-1,3	1,4-1,6	1,3-1,2	1,5
	средняя	1-1,1	1-1,1	1,0-1,1	1,1-1,2	
	нижняя	1	0,8-0,9	0,9-1	1	
параллельные востру	верхняя	1,1-1,2	1,3-1,4	1-1,1	1,2-1,3	
	средняя	0,9-1	1-1,1	0,8-0,9	0,9-1	

Продолжение табл. 2.20

Форма рельефа		Скорость ветра на равнине, м/с			
		3-5		6-20	
		Н*	У	Н	У
	нижняя	0,8-0,9	0,9-1	0,7-0,8	0,8-0,9
подвстренные	верхняя	0,8-0,9		0,7-0,8	
	средняя	0,8-0,9	0,9-1	0,8-0,9	0,9-1
	нижняя	0,7-0,8	0,8-0,9	0,7-0,8	0,8-0,9
<i>Возвышения с плоскими вершинами и пологими в верхней части склонами</i>					
Вершины, верхние части наветренных и подветренных склонов 1-3°		1,2-1,4	1,4-1,6	1,1-1,2	1,4-1,5
Средние и нижние части склонов 4-10°:					
наветренных и параллельных ветру		1,1-1,2		1,1-1,2	1,2-1,3
подветренных		0,7-0,9	0,9-1	0,8-0,9	0,9-1
<i>Долины, лощины, овраги</i>					
Дно и нижние части склонов	Продуваемых ветром	1,1-1,2	1,3-1,5	1,2-1,3	1,4-1,5
	Непродуваемых ветром	0,7-0,8	<0,6	0,7-0,8	<0,6
	Замкнутых	0,6 и менее*		0,6 и менее*	
Средние и верхние части склонов	Продуваемых ветром	1,2-1,3	1,4-1,5	1,1-1,2	1,3-1,5
	Непродуваемых ветром	0,8-0,9	0,6-0,7	0,8-0,9	0,6-0,7
	Замкнутых	0,6 и менее*		0,6 и менее*	

\*Н – неустойчивая, У – устойчивая стратификация атмосферы.

К числу опасных метеорологических явлений, связанных с ветром, относят суховеи – горизонтальные потоки воздуха с повышенной температурой и низкой относительной влажностью, возникающие на периферии антициклона, чаще всего в трансформировавшемся арктическом воздухе. Вредное действие суховея на растения существенно при скорости ветра более 5 м/с, температуре выше 25°С и относительной влажности воздуха менее 30 %. Режим суховеев (частота, число дней в году, длительность и интенсивность) является хорошим показателем засушливости климата. В лесной зоне число дней с суховеями за теплый сезон (апрель-октябрь) 1-2, в лесостепной – 15-20, степной – 30-60, полупустынной – 70-100. Для лесной зоны характерны максимум суховеи в мае и минимум – в летний период, для лесостепной зоны – два максимума – весной и значительно меньший – в середине или в конце лета, для степной зоны – два равных максимума (или второй несколько больше первого).

#### **Система оценки агроклиматических условий.**

Термические показатели:

среднегодовая температура;

среднемесячные температуры самого холодного и самого теплого месяцев;



средне многолетние минимальная и максимальная температуры самого холодного и самого теплого месяцев;

абсолютные минимум и максимум температуры;

сумма температур выше 15, 10 и 5°C за вегетацию;

длительность периодов со среднесуточными температурами выше 5, 10 и 15°C (длительность вегетационного периода для многолетних трав, большинства полевых культур, теплолюбивых культур);

даты прохождения среднесуточных температур через 0, 5, 10 и 15°C весной и осенью (даты начала и окончания полевого периода, вегетации многолетних трав, большинства полевых культур, теплолюбивых культур);

даты первого осеннего и последнего весеннего заморозков средне многолетние и экстремальные – самые ранние осенние, самые поздние весенние;

длительность безморозного периода;

даты промерзания и оттаивания почвы;

даты устойчивого прогревания почвы до 5 и 10°C на глубине 5 и 10 см;

сумма среднесуточных температур почвы выше 10°C на глубине 5 и 10 см.

Показатели влагообеспеченности:

сумма осадков за год;

сумма осадков за вегетацию;

коэффициент увлажнения;

суммы осадков за зиму, весну, лето, осень;

характер выпадения осадков;

вероятность выпадения ливней и сильных дождей в отдельные периоды;

число дней в году с ливнями и сильными дождями;

вероятность проявления засух в отдельные периоды вегетации;

число дней в году с засухой;

продолжительность засух;

запасы продуктивной влаги в слое почвы 0-20 см осенью перед началом сева озимых и в слое 0-100 см весной.

Показатели ветрового режима:

годовая роза ветров;

средняя скорость ветра в году и отдельные периоды вегетации;

вероятность скоростей ветра выше 5 м/с в отдельные периоды вегетации;

число дней в году со скоростью ветра выше 5 м/с;

вероятность суховеев в отдельные периоды;

число дней в году с суховеями;

длительность суховеев.

Показатели условий перезимовки:

даты установления и схода снежного покрова;

средняя высота снежного покрова;

влажность почвы перед промерзанием и установлением устойчивого снежного покрова;

вероятность наступления оттепелей;

число дней в году с оттепелями;

продолжительность оттепелей.

### 2.3.3.5. Геохимические условия

**Классификация геохимических ландшафтов.** Геохимический ландшафт – совокупность сопряженных элементарных ландшафтов, связанных определенными условиями миграции химических соединений. В геохимическом отношении элементарному ареалу агроландшафта соответствует элементарный геохимический ландшафт (ЭГЛ) – пространство с одинаковой или регулярно чередующейся разной интенсивностью миграции и аккумуляции соединений, обусловленной действием одинаковых (или регулярно чередующихся) геохимических барьеров (по типу, силе и локализации).

По характеру миграции и аккумуляции веществ выделяются три основные категории ЭГЛ (рис. 2.3):

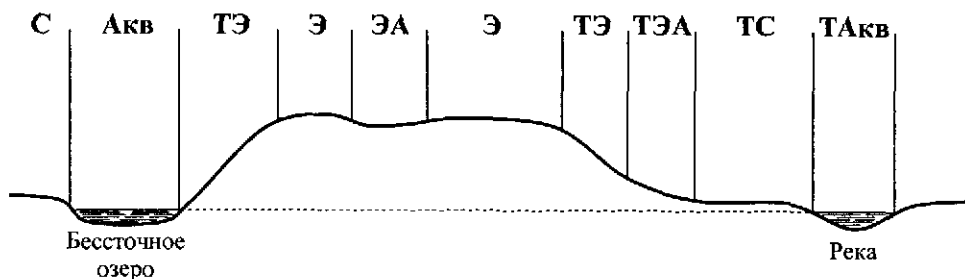


Рис. 2.3. Схема классификации элементарных геохимических ландшафтов по Польшову – Глазовской

**элювиальные** (автономные, автоморфные) – геохимически независимые ландшафты, характеризующиеся выносом наиболее растворимых и подвижных соединений. Это повышенные водораздельные территории, где почвообразование не зависит от грунтовых вод, боковой приток материала отсутствует, а его расход происходит путем стока и просачивания. На общем фоне элювиального геохимического ландшафта по микро- и мезопонижениям, в которых создаются условия для концентрации продуктов миграции, выделяются аккумулятивно-элювиальные ЭГЛ;

**транзитные ландшафты** – геохимически подчиненные, в них частично аккумулируются некоторые соединения, а наиболее растворимые и подвижные выносятся. В зависимости от условий стока М. А. Глазовская выделяет трансэлювиальные и трансэлювиально-аккумулятивные ландшафты. К первым относятся верхние части склонов, где вынос веществ по профилю сочетается с поверхностным переносом, ко вторым – нижние части и шлейфы склонов, где перенос веществ сочетается с аккумуляцией, в которой могут участвовать грунтовые воды.

**аккумулятивные ландшафты** – прилегающие к склонам территории, аккумулирующие поверхностный и грунтовый сток. Для них характерно накопление наиболее подвижных продуктов выветривания и почвообразования.

По Б. Б. Польшову эти ландшафты разделяются на супераквальные (гидроморфные) и субаквальные.

Супераквальные ландшафты формируются в поймах, надпойменных террасах, котловинах с близкими грунтовыми водами. Они подвергаются влиянию стока с водоразделов, нередко затоплению. М. А. Глазовская выделяет трансупераквальные ландшафты частично дренированные с интенсивным водообменом и собственно супераквальные ландшафты замкнутых понижений со слабым водообменом.

Субаквальные ландшафты подразделяются на трансаквальные (реки, проточные озера) и аквальные (непроточные озера).

Сопряженные ЭГЛ, связанные определенными условиями миграции химических соединений, образуют элементарные геохимические системы, которые объединяются в более сложные структуры, называемые М. А. Глазовской каскадными ландшафтно-геохимическими системами. По условиям сброса они могут быть открытыми с конечным сбросом веществ в моря и океаны или закрытыми с конечными звеньями каскадной цепи в бессточных впадинах; по форме – линейными, рассеивающими или концентрирующими, по числу звеньев – первого, второго, третьего и более высоких порядков.

В каждой зоне формируются характерные типы сочетаний почвенно-геохимических ландшафтов.

Классификация элементарных геохимических ландшафтов служит объективной основой для формирования системы агроэкологических ограничений техногенно-химических нагрузок, предотвращения эрозии, загрязнения почв и вод токсикантами. Степени свободы применения химических средств значительно уменьшаются от элювиальных ландшафтов к супераквальным. В элювиальных ландшафтах можно применять высокоинтенсивные технологии с использованием средств химизации при соблюдении общепринятых норм и правил безопасности; в аккумулятивных – должно быть исключено применение опасных пестицидов и резко ограничено использование азотных удобрений, а потребности азота должны удовлетворяться преимущественно за счет повышения доли бобовых культур. На трансэлювиальных элементах необходима регламентация уровней применения азотных удобрений, пестицидов и технологий их внесения в зависимости от интенсивности смыва, в частности, должно быть исключено поверхностное внесение.

**Геохимические барьеры.** Миграция веществ осуществляется в миграционных потоках: гравитационных (под влиянием силы тяжести), эоловых, водных, биологических, биогенных (перемещение организмов по территории), антропогенных. Преобладающую роль в геохимической дифференциации территории играют водные потоки.

Характер и интенсивность миграции зависят от свойств веществ, условий накопления и передвижения воды, химического, минералогического и гранулометрического состава почвогрунтов, свойств и режимов почв. Эти условия очень изменчивы. В результате возникают участки, где на коротком расстоянии происходит резкое уменьшение интенсивности миграции, приводящее к концентрированию химических элементов. Они названы А.И. Перельманом геохимическими барьерами.

Выделяются три типа геохимических барьеров: биогеохимические, физико-химические и механические.

**Биогеохимические барьеры** являются участками биогенной аккумуляции элементов, необходимых для организмов. Примерами таких барьеров могут служить растительный покров суши, гумусовые горизонты почв, колонии микроорганизмов и др.

**Физико-химические барьеры.** Тип делится на несколько классов.

**Окислительные барьеры** возникают на участках резкого повышения окислительно-восстановительного потенциала. В зависимости от аккумулялируемых элементов выделяют следующие виды окислительных барьеров:

железистый или железисто-марганцевый – возникает на контакте глеевых вод с кислородными водами или воздухом, приводящем к выпадению гидроксидов Fe и Mn;

марганцевый – возникает преимущественно в легкопроницаемых породах и болотных почвах в условиях миграции слабощелочных (лишенных Fe) вод;

серный – возникает в результате окисления сероводорода подземных или почвенно-грунтовых вод.

**Восстановительные барьеры** возникают при резком падении окислительно-восстановительного потенциала. В зависимости от среды выделяют сульфидный и глеевый восстановительные барьеры.

Сульфидный (сероводородный) барьер возникает в почвах и водоносных горизонтах при контакте вод, характеризующихся окислительными или глеевыми условиями, с сероводородом. Из растворов ряд металлов (Fe, V, Zn, Co, Pb, U, Ni, As, Cd, Hg, Ag, Se) выпадает в виде нерастворимых сульфидов.

Глеевый барьер возникает при резком усилении глеевой обстановки. На нем не осаждаются Fe, Mn, P и многие элементы с постоянной валентностью, осаждаемые в сероводородной среде; возможно осаждение U, Se, V, Cu, Ag.

**Сульфатный и карбонатный барьеры** возникают в местах встречи сульфатных и карбонатных вод с водами, содержащими растворенные Ca, Sr и Ba, которые и осаждаются в форме сульфатов и карбонатов.

**Щелочной барьер** возникает на участках резкого повышения pH, чаще всего на контакте бескарбонатных пород с карбонатными. Осаждает большинство тяжелых металлов, загрязняющих почвенную среду (Fe, Al, Ca, Mg, Mn, Sr, V, Cr, Zn, Ni, Co, Pb, Cd).

**Испарительный барьер** возникает на участках сильного испарения подземных и почвенно-грунтовых вод, из которых осаждаются растворенные соли. Так образуются солевые горизонты в солончаках и солончаковых почвах. Водорастворимые органоминеральные комплексы могут выпадать при испарении в почве и закрепляться на различной глубине. С испарительным барьером может быть связано концентрирование Ca, Na, K, Mg, F, S, Sr, Cl, Rb, Zn, Li, Ni, V, Mo.

**Адсорбционные барьеры** возникают на контакте пород и почв, богатых адсорбентами (глин, торфов, углей), содержащими различные ионы. В форме катионов и анионов на адсорбентах возможно накопление Ca, K, Mg, P, S, Rb, V, Cr, Zn, Ni, Cu, Co, Pb, V, As, Mo, Hg, Ra.

*Термодинамические барьеры* возникают на участках резкого изменения температуры или давления, с которыми тесно связан газовый режим вод. Примером может служить выпадение из растворов гидрокарбоната кальция при перемещении из более холодных слоев в теплые (потеря  $\text{CO}_2$ ).

*Механические барьеры* образуются на участках изменения скорости движения вод или воздуха.

Часто выпадение и концентрация веществ является следствием одновременного действия нескольких геохимических барьеров, накладывающихся друг на друга. Геохимические барьеры сменяют друг друга в пространстве, что обуславливает сложное распределение ландшафтно-геохимических полей со свойственными им геохимическими ассоциациями элементов. Понимание этих связей необходимо для прогнозирования техногенного геохимического воздействия на ландшафты и его регулирования.

**Оценка геохимических условий ЭАА.** Определяются тип элементарного геохимического ландшафта каждого ЭАА, геохимические барьеры (тип, интенсивность действия, локализация), возможность накопления или выноса соединений (прежде всего, природных и искусственных токсикантов, элементов минерального питания, пестицидов), локализация горизонтов аккумуляции тех или иных веществ. Самая большая сложность заключается в оценке интенсивности действия геохимических барьеров и соответственно интенсивности накопления тех или иных соединений, поскольку количественных шкал здесь не существует, и возможна оценка только на качественном уровне, да и то весьма приближительная.

В соответствии с категорией ЭГЛ устанавливаются ограничения на использование средств химизации.

### 2.3.3.6. Оценка поверхностного стока и дренированности

**Элементы водного баланса.** Уравнение водного баланса для бассейна за определенный промежуток времени можно записать в виде

$$y = x + a + b, \quad (2.10)$$

где  $y$  – объем выпавших осадков;

$x$  – объем поверхностного стока;

$a$  – объем воды, идущий на транспирацию и испарение;

$b$  – объем воды, идущий на изменение запаса воды в бассейне (изменение уровня грунтовых вод, объема водоемов, влажности почвы).

Для многолетнего периода  $b$  стремится к нулю, поэтому:

$$y \approx x + a, \quad 1 = x/y + a/y. \quad (2.11)$$

**Коэффициент стока  $\sigma$**  – доля стока от объема осадков:

$$\sigma = x/y, \quad \sigma \approx 1 - a/y \quad (2.12)$$

т. е. с увеличением объема осадков увеличивается и коэффициент стока.

При постоянном количестве осадков коэффициент стока зависит в основном от водопроницаемости почв и грунтов (табл. 2.21). Обычно тяжелые почвы менее проницаемы, чем легкие. Низкую водопроницаемость имеют почвы с уплотненными горизонтами. Большое значение для водопроницаемости

мости почв имеет водопрочность их структуры, зависящая от содержания и состава гумуса, состава обменных оснований и др. Многообразно влияние на водопроницаемость растительности. Надземная ее часть предохраняет поверхность почвы от разрушения прямыми ударами дождевых капель, подземная повышает водопрочность структуры и после отмирания оставляет дренирующие поры. Поэтому почвы под лесом обладают повышенной водопроницаемостью. Для пахотных почв большое значение имеют глубина, направление и вид обработки.

На величину  $\sigma$  влияет длина склона. Ее увеличение при прочих равных условиях приводит к редукции стока, прежде всего, из-за увеличения поверхности, занятой водой и участвующей во впитывании. Это происходит на склонах с естественной растительностью. На распаханных склонах картина может быть иной в связи со слиянием струй по мере удаления от водораздела.

Коэффициент стока зависит и от крутизны склона. Чем круче склон, тем выше скорость стекания и меньше время взаимодействия данного объема воды с почвой, что приводит к увеличению коэффициента стока.

Водопроницаемость почв при весеннем стоке зависит, главным образом, от количества свободных, не занятых льдом крупных пор. В первую очередь это определяется исходной пористостью почвы, ее влажностью в предзимний период и погодными условиями зимы. Высокая влажность почвы перед промерзанием и глубокие зимние оттепели способствуют снижению водопроницаемости и повышению коэффициента стока [100].

*Суммарный объем стока  $M$*  – объем воды, стекшей с определенной водосборной площади за какой-либо отрезок времени ( $m^3$ ). *Слой стока  $h$*  – слой воды, которая накопилась бы на поверхности почвы при отсутствии стока и неизменных остальных элементах водного баланса (мм):

$$h = M / 1000 F, \quad (2.13)$$

где  $F$  – площадь водосбора,  $км^2$ .

Противоэрозионные мероприятия не проектируются исходя только из средних показателей стока, так как в этом случае они не обеспечивают задержания или безопасного сброса воды в годы максимального стока. Их рассчитывают с учетом вероятностных характеристик. *Обеспеченность стока  $p$*  – частота проявления стока не ниже расчетной величины (%). Гидротехнические мероприятия проектируются в расчете на 5-10 % обеспеченности, лесомелиоративные и агротехнические – 10-25 %.

**Расчет жидкого талого и дождевого стока.**

При отсутствии данных наблюдений объем жидкого стока определенной обеспеченности  $M_p$  ( $m^3$ ) рассчитывают по формуле

$$M_p = 1000 h_{T(п)р} F, \quad (2.14)$$

где  $h_{T(п)р}$  – слой стока за период весеннего половодья (слой ливневого стока) требуемой обеспеченности  $p$ , мм;

$F$  – площадь водосбора, км<sup>2</sup>.

Слой талого стока 10%-ной водобеспеченности рассчитывается по методике В. П. Герасименко [28]:

$$h_{T10\%} = h_T K_{Эксн} K_{Пч} K_{Эр} K_{10\%} K_V \quad (2.15)$$

где  $h_T$  – среднееголетний слой стока (мм), определяемый по картам изолиний средних слоев весеннего стока отдельно с зяби и уплотненной пашни (запятой озимыми, травами, стерней) (рис. 2.4);

$K_{Эксн}$  – поправка на экспозицию склона;

$K_{Пч}$  – поправка на почву;

$K_{Эр}$  – поправка на степень смытости почвы (0,94 – несмытые и слабосмытые; 1 – среднесмытые; 1,1 – сильносмытые);

$K_{10\%}$  – поправка на 10%-ную обеспеченность стока;

$K_V$  – коэффициент снижения талого стока почвозащитными мероприятиями.

Для расчета дождевого стока используется методика В. П. Герасименко – М. В. Кумани [178]:

$$h_{д10\%} = 300 i \zeta a l K_p \quad (2.16)$$

где  $i$  – максимальная 30-минутная интенсивность дождей 50%-ной обеспеченности (мм/мин), представленная (рис. 2.5) в виде карт изолиний для Северного Кавказа [29];

$\zeta$  – коэффициент перехода от картированной интенсивности осадков к слоям стока 10%-ной обеспеченности (0,38 – для черноземов и каштановых почв, 0,73 – для дерново-подзолистых и серых лесных почв);

$a$  – параметр, учитывающий влияние агрофона на дождевой сток (0,12 – для залежи, 1 – для густопокровных культур, 2,2 – для пара и пропашных культур);

$l$  – средневзвешенный уклон (синус угла наклона склона);

$K_p$  – коэффициент снижения дождевого стока почвозащитными мероприятиями.

**Расчет талого и дождевого твердого стока (смыва почв).** Смыв почвы в период весеннего снеготаяния  $Q_T$  (т/га) предлагается рассчитывать следующим образом [28,29]:

$$Q_T = Q L (\sin \alpha) K_{Вт} K_{Эксн} K_{Ф} K_{Пч} K_{Эр} K_V \quad (2.17)$$

где  $Q$  – среднееголетний смыв почвы с зяби и уплотненной пашни (рис. 2.6-2.7), т/га;

$L$  – расстояние от водораздела, м;

$\alpha$  – крутизна склона, град;

$K_{Вт}$  – поправка на увлажненность территории (для лесной зоны 0,132; для лесостепной – 0,115, для степной – 0,103);

$K_{Эксн}$  – поправка на экспозицию;

$K_{Ф}$  – поправка на форму склона;

$K_{Пч}$  – поправка на почву;

$K_{Эр}$  – поправка на смытость почвы (0,88 – несмытые и слабосмытые; 1 – среднесмытые, 1,14 – сильносмытые);

$K_2$  – коэффициент влияния почвозащитных мероприятий.

Смыв почвы во время дождей ( $Q_{э}$ , т/га) рассчитывается по уравнению В. П. Герасименко [29]:

$$Q_{э} = i L (\sin \alpha) K_{вз} K_{ф} K_{пч} K_{Эр} A K_2, \quad (2.18)$$

где  $i$  – максимальная 30-минутная интенсивность дождей 50%-ной обеспеченности, мм/мин (см. рис. 2.5);

$L$  – расстояние от водораздела, м;

$\alpha$  – крутизна склона, град;

$K_{вз}$  – поправка на увлажненность территории (для лесной зоны 0,132, для лесостепной – 0,115, степной – 0,103);

$K_{ф}$  – поправка на форму склона;

$K_{пч}$  – поправка на почву;

$K_{Эр}$  – поправка на смытость почвы (0,88 – несмытые и слабосмытые, 1 – среднесмытые; 1,14 – сильносмытые);

$A$  – параметр агрофона (0,2 – залежь и многолетние травы; 1 – густопокровные культуры; 4 – пропашные культуры, 5,9 – пар);

$K_2$  – коэффициент влияния почвозащитных мероприятий.

Оптимизация водного режима в эрозионных ландшафтах предусматривает обоснование:

необходимости проведения снежных мелиораций;

оптимальных объемов задержания на пашне и перевода в корнеобитаемый слой почвы стока талых и ливневых вод заданной вероятности превышения;

величин допустимого талого и ливневого стока на различных типах (подтипах) почв и агрофонах;

допустимых потерь почвы в результате водной эрозии.

Регулирование склонового стока специальными приемами рекомендуется проводить в том случае, когда средневзвешенный в севообороте слой стока талых или ливневых вод 10%-ной обеспеченности больше 25 мм, что соответствует максимальной стокорегулирующей эффективности агротехнических средств.

Снегозадержание целесообразно в годы, когда

$$W_H + X_c < W_{отт}, \quad (2.19)$$

где  $W_H$  – влагозапасы в слое почвы 0-50 см в предзимний период, мм;

$X_c$  – норма снегозапасов, мм;

$W_{отт} = 0,85$  ПВ (зябрь);

$W_{отт} = 0,9$  ПВ (уплотнительная пашня);

ПВ – полная влагоемкость почвы в слое 0-50 см, мм.





## 2.21. Коэффициент стока для разных почв при дождях

Почвы	Суточный слой осадков, мм							
	80	100	120	140	160	180	200	250
Дерново-подзолистые и серые лесные; смытые суглинистые черноземы	0,35	0,37	0,40	0,43	0,47	0,51	0,55	–
Черноземы обыкновенный и южный; каштановые почвы на лессах; карбонатные почвы; другие почвы значительной задерживаемости	0,20	0,24	0,28	0,33	0,37	0,42	0,46	0,50
Бурые и серо-бурые пустынно-степные почвы; сероземы супесчаные и песчаные	0,15	0,19	0,23	0,27	0,31	0,34	0,37	0,45

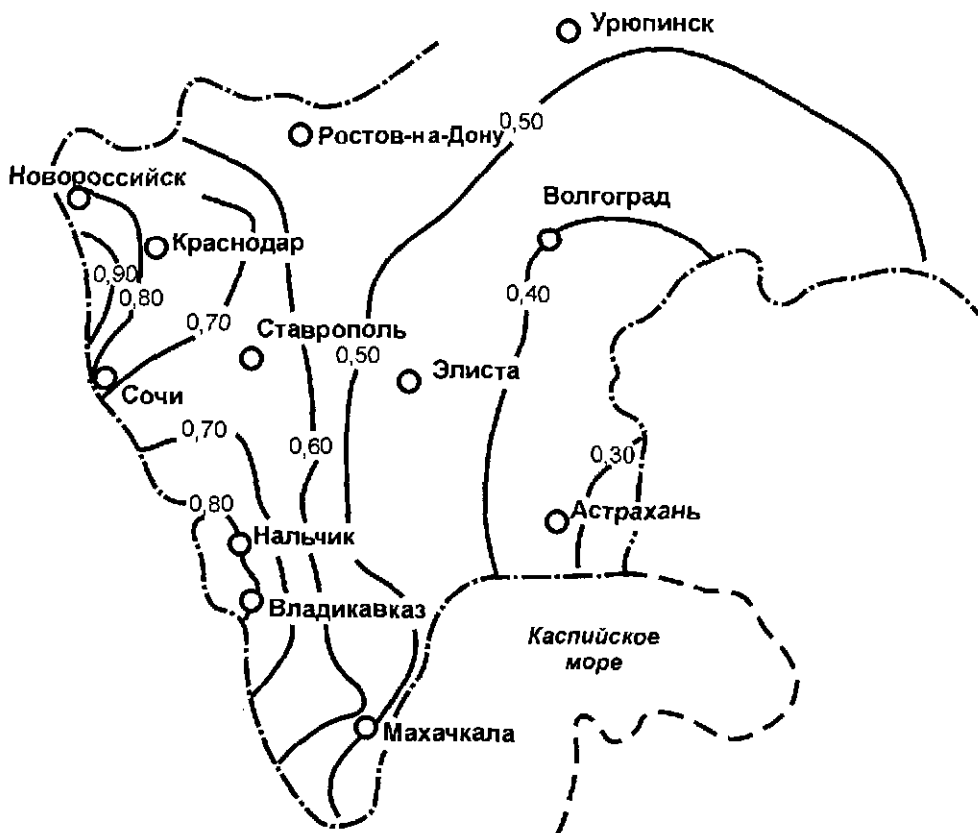


Рис. 2.5. Максимальная 30-минутная интенсивность дождей 50%-ной обеспеченности на Северном Кавказе и Нижнем Поволжье, мм/мин

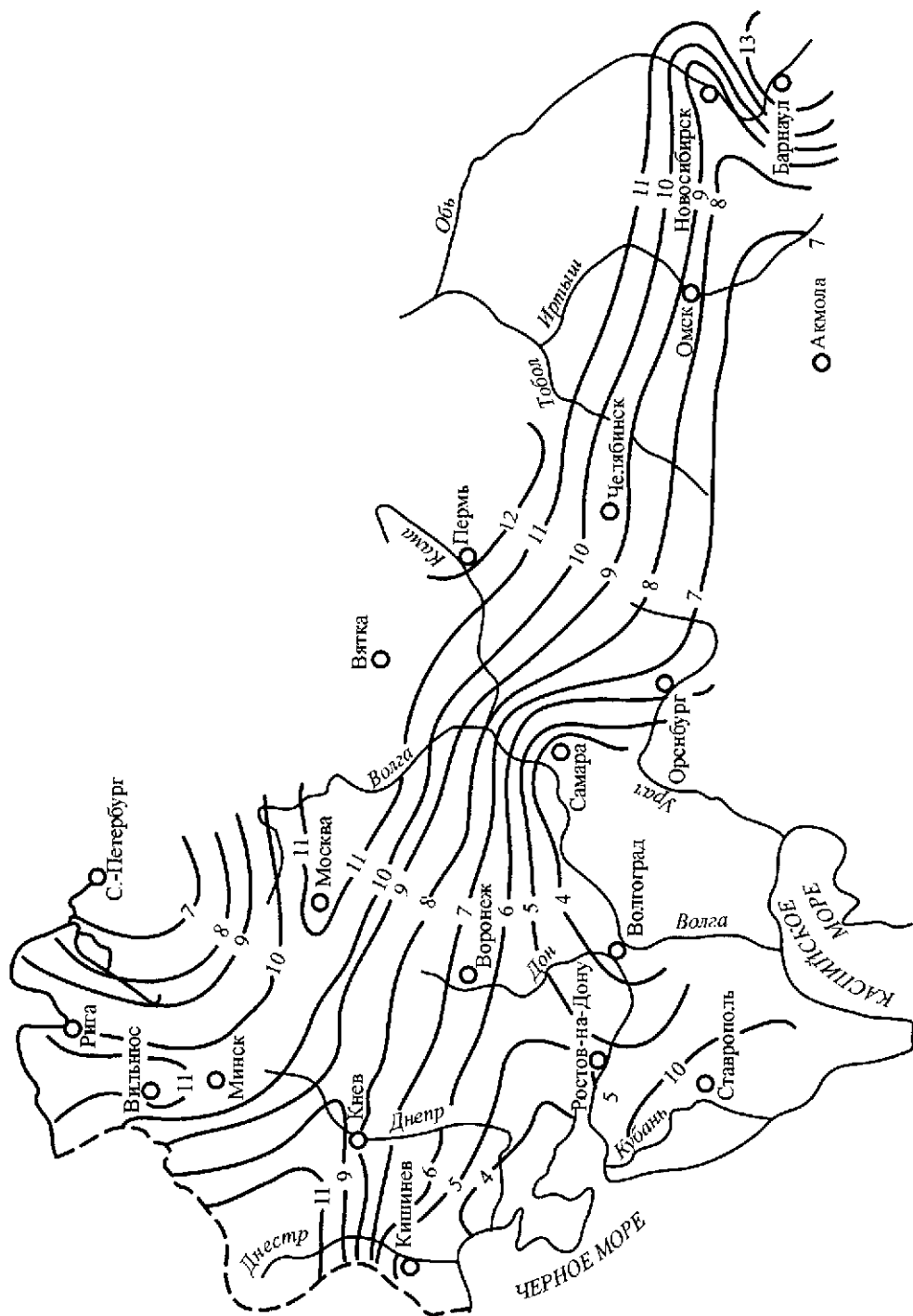


Рис. 2.6. Среднеголетний смыв почвы с зяби, т/га

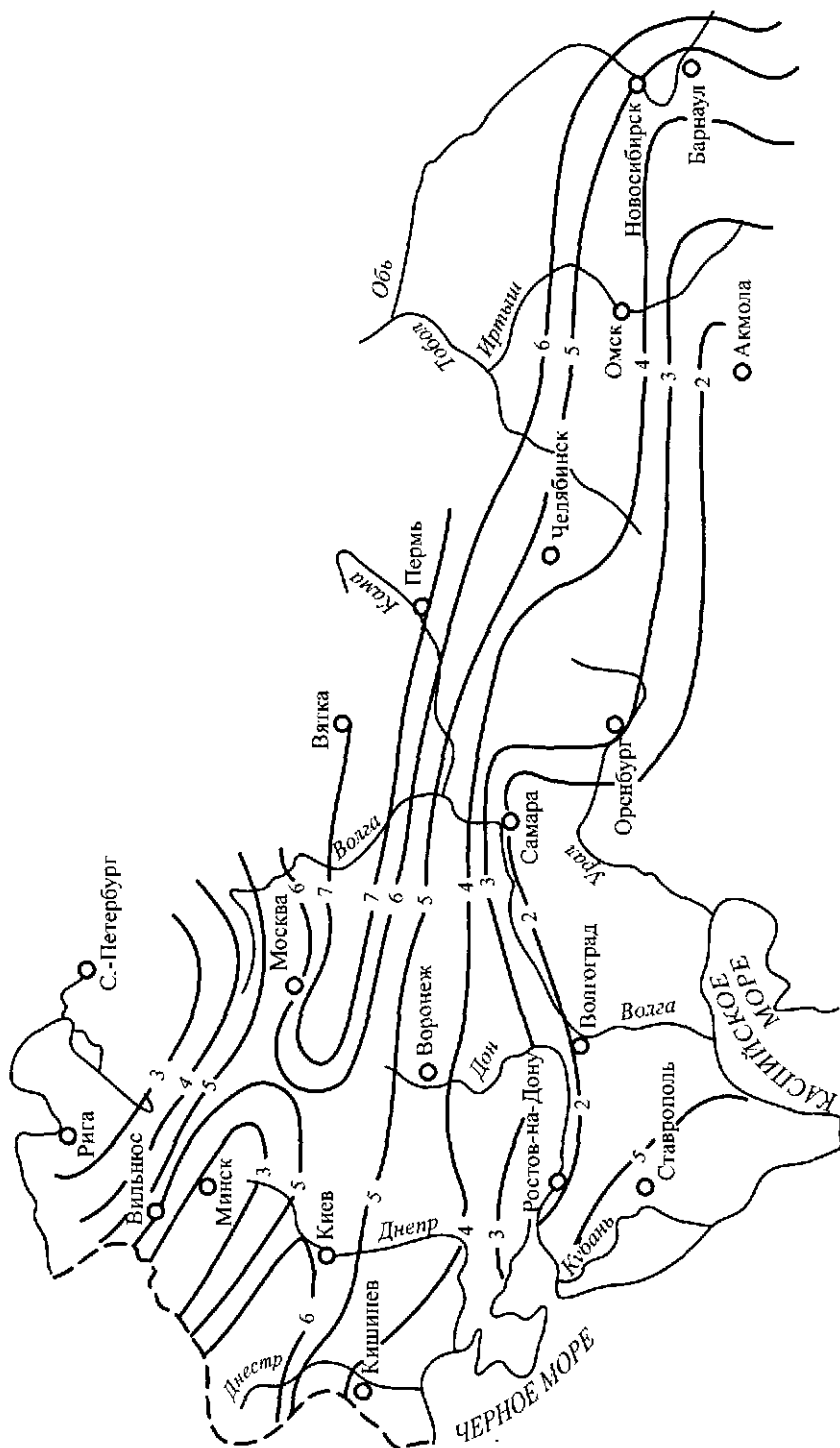


Рис. 2.7. Среднеголетний смыв почвы с уплотненной паши, т/га

Величина оптимального задержания стока талых и ливневых вод на пашне ( $\Delta h$ , мм) и перевода его в почву определяется по формуле

$$\Delta h = H(PB - W)/(PB - MG), \quad (2.20)$$

где  $H$  – талый или ливневой сток, определяется по формулам (2.15-2.16);  
 $W$  – фактические общие влагозапасы в слое почвы 0-50 см на дату окончания талого или ливневого стока;

$MG$  – максимальная гигроскопичность почвы в том же слое, мм.

Избыточный талый и ливневой сток на пашне ( $y$ ), производящий эрозию, равен:

$$y = H - \Delta h. \quad (2.21)$$

Чем он больше, тем выше интенсивность смыва почв.

Допустимый сток ( $h_d$ , мм) определяется по формулам [178]:

$$h_d = H \cdot \left[ 1 - \frac{PB - W}{PB - MG} \cdot \frac{z_c \cdot \Gamma_c}{z \cdot \Gamma} \right], \quad (2.22)$$

$$M_d = \frac{M_z + M_n}{2 \cdot K_{Пч}} \cdot \frac{3}{3} \cdot \frac{C_z}{C_\phi}, \quad (2.23)$$

где  $z_c$  и  $z$  – мощность гумусового горизонта в смытой почве и на целинном аналоге, см;

$M_d$  – допустимый смыв почвы, т/га;

$\Gamma_c$  и  $\Gamma$  – содержание гумуса в смытой почве и на целине, %;

$M_z$  и  $M_n$  – соответственно среднегодовое смыв почвы на зяби (см. рис. 2.6) и чистом пару ( $M_n=5,9$ ), т/га;

$3_c$  и  $3$  – запасы гумуса на пашне и целинном аналоге, т/га;

$K_{Пч}$  – показатель типа (подтипа) почв;

$C_z/C_\phi$  – соотношение гуминовых и фульвокислот в горизонте «А» на пашне (0,5 – дерново-подзолистая почва, 0,9 – серая лесная, 1,4 – чернозем типичный, 2,9 – лугово-черноземная почва, 1,3 – чернозем предкавказский, 1,6 – чернозем южный, 0,9 – каштановая почва, 0,5 – серозем).

Более детально оптимизация водного режима и почвенно-эрозионных процессов представлена в работах В. П. Герасименко [28,29], В. П. Герасименко, М. В. Кумани [178] и др.

### 2.3.3.7. Оценка выноса почвы ветром

Интенсивность выноса почвы ветром рассчитывается по каждому массиву (полю) с помощью уравнения ветровой эрозии почв, предложенного Е. И. Шиятым [234]:

$$E = \frac{0,72 \cdot Q_{ks} \cdot D \cdot U^3 \cdot t}{Q_k \cdot H \cdot B}, \quad (2.24)$$

где  $E$  – потенциальная опасность ветровой эрозии почв в год, т/га;

$Q_{ks}$  – эродированность почвы при определенных значениях комковатости и количества стерни на поверхности, г;

$Q_k$  – эродированность почвы при определенном значении комковатости без стерни на поверхности почвы, г;

$D$  – дистанция эрозионного пробега воздушного потока, м;

$U$  – средняя скорость ветра во время пыльных бурь на высоте флюгера, м/с;

$t$  – средняя продолжительность пыльных бурь за год, ч;

$H$  – расстояние от наветренной стороны массива (поля), на котором концентрация мелкодисперсной пыли в пылевоздушном потоке достигает максимума при определенном значении скорости ветра, м;

$B$  – ширина массива (поля, рабочего участка) при ориентации поперек господствующего направления ветра, м.

Каждый показатель уравнения ветровой эрозии почв предварительно рассчитывается по следующей методике.

1. Эродированность ( $Q_{ks}$ , г) почв ветром зависит от комковатости верхнего слоя и количества растительных остатков на поверхности почвы:

$$Q_{ks} = 10^{(a-b \cdot k-c \cdot S)} \quad (2.25)$$

где  $k$  – процентное содержание в слое 0-5 см сухих фракций крупнее 1 мм в диаметре (комковатость);

$S$  – количество пожнивных остатков пшеницы, шт/м<sup>2</sup>;

$a, b, c$  – коэффициенты, значения которых зависят от гранулометрического состава почв (табл. 2.22.).

## 2.22. Коэффициенты эродированности почв ветром

Гранулометрический состав почв	Коэффициент эродированности		
	$a$	$b$	$c$
Глины и тяжелые суглинки	3,6349	0,0319	0,0039
Средние суглинки	3,3895	0,0294	0,0030
Легкие суглинки и супеси	3,3087	0,0285	0,0039

2. Комковатость ( $k$ ) в зависимости от основной обработки почвы (пар, зябь) определяется по результатам анализа гранулометрического состава почв. Используя показатели гранулометрического состава почв, можно определить расчетную связность почвенного комка по уравнению

$$Z = 34,7 + 0,9X_1 - 0,3X_2 - 0,4X_3 \quad (2.26)$$

где  $Z$  – связность почвенного комка, %;

$X_1$  – содержание ила (<0,001мм), %;

$X_2$  – содержание песка мелкого (0,05-0,25 мм), %;

$X_3$  – содержание песка крупного (0,25-3 мм), %.

По показателю связности почвенного комка  $Z$  и агрофона системы обработки почвы определяется расчетная комковатость ( $k$ ) почвы (табл. 2.23.).

## 2.23. Показатели комковатости в зависимости от связности почвенного комка

Агрофон обработки почвы	Связность (Z), %						
	10	20	30	40	50	60	70
	Комковатость (k), %						
Пар	8	16	24	31	40	47	50
Зябрь	11	21	30	40	50	60	70

3. Количество пожнивных остатков ( $S$ ) на поверхности почвы рассчитывается по уравнению

$$S = \frac{G}{\rho \cdot d}, \quad (2.27)$$

где  $G$  – масса пожнивных остатков, г/м<sup>2</sup>;

$\rho$  – масса одной стернинки пшеницы длиной наземной части 20 см для стерни яровой пшеницы без корней – 0,26 г, с корнями – 0,45 г;

$d$  – коэффициент перерасчета пожнивных остатков различных культур в стерню пшеницы (ячмень – 0,9, пшеница – 1, овес – 1,3, просо – 1,4, гречиха – 1,6, подсолнечник – 2,3, кукуруза – 2,7).

Массу пожнивных остатков зерновых культур можно определить по среднегодовым данным урожайности и соотношению зерна и соломы. При этом масса пожнивных остатков составляет половину от массы соломы.

4. Количественные показатели эродированности  $Q_{\text{в}}$  и  $Q_{\text{к}}$  определяются по формуле (2.25), параметр  $Q_{\text{к}}$  – при нулевом значении  $S$ .

5. Дистанцию ветроэрозионного пробега воздушного потока  $D$  находят по уравнению

$$D = \frac{B \cdot \cos \beta}{n} - 10 \cdot h, \quad (2.28)$$

где  $B$  – ширина массива (поля) при ориентации его длины поперек господствующего направления ветра (при ориентации поля вдоль направления ветра параметр  $B$  равен длине поля);

$\beta$  – угол отклонения господствующего эрозионно-опасного ветра от перпендикулярного к направлению длины массива (поля). Господствующее направление ветроэрозионных ветров определяется по метеорологическим справочникам, данным местных метеорологических станций;

$n$  – число ветроломных барьеров на массиве (поле) – кулис, лесных полос или полос сельскохозяйственных культур при полосном их размещении;

$h$  – высота кулис, лесных полос или стерни (при полосном размещении культур), м.

6. Средняя скорость ветра во время пыльных бурь на высоте флюгера ( $U$ ) и средняя продолжительность пыльных бурь за год ( $t$ ) определяются по зональным метеорологическим данным (метеорологическим справочникам).

7. Расстояние от наветренной стороны массива (поля), на котором концентрация мелкодисперсного пылевоздушного потока достигает максимума ( $H$ , м), вычисляется по уравнению

$$H = \frac{10 \cdot (Q_{ks} - 11160)}{I}, \quad (2.29)$$

где  $Q_{ks}$  – эродируемость почвы, определяется по уравнению (2.25);

$I$  – темп нарастания величины переноса мелкозема с дистанцией пробега воздушного потока (г/м) определяется по уравнению:

$$I = 10^{(m - e \cdot k - f \cdot S)}, \quad (2.30)$$

где  $k$  – комковатость, %;

$S$  – количество пожнивных остатков, шт/м<sup>2</sup>;

$m, e, f$  – коэффициенты, значения которых зависят от гранулометрического состава почвы (табл. 2.24).

8. Подставив найденные значения параметров в уравнение ветровой эрозии почв (2.25), определяют потенциал опасности ветровой эрозии почв ( $E$ ) по каждому выделенному массиву (полю) с 1 га за год, т.

#### 2.24. Значения коэффициентов параметров уравнения 2.30

Группа механического состава	Параметр		
	$m$	$e$	$f$
Глины, тяжелые и средние суглинки	3,0409	0,0272	0,0036
Легкие суглинки, супеси	3,1334	0,0214	–

#### 2.3.3.8. Естественная дренированность территории

Показателем естественной дренированности территории является потенциальная величина подземного стока грунтовых вод, согласно которой предлагается выделять пять зон. Критерий дренированности – отношение оттока грунтовых вод к величине ирригационного питания в различных зонах.

В естественных *интенсивнодренированных* зонах величина потенциально-го подземного стока больше ирригационного питания в любых климатических зонах при любых способах орошения и технике полива.

В *дренированных* зонах величина оттока примерно соответствует ирригационному питанию грунтовых вод в пустынных и полупустынных районах (300-400 мм в год) и превышает питание в степных районах.

В *слабодренированных* зонах отток меньше ирригационного питания в полупустынных и пустынных зонах и близок к верхней границе питания в степных районах (200-250 мм в год).

В *весьма слабодренированных* зонах отток значительно меньше питания в пустынных и полупустынных районах и соответствует нижнему пределу ирригационного питания в степных районах (100-150 мм в год).

Практически *бессточные* области характеризуются оттоком, значительно меньшим ирригационного питания в любых климатических условиях.



### 2.3.3.9. Структура почвенного покрова

Под структурой почвенного покрова (СПП) конкретной территории понимается закономерное пространственное размещение почв, связанное с литолого-геоморфологическими и геоботаническими условиями. Это понятие относится к небольшим территориям в отличие от планетарно-континентальных и зонально-провинциальных закономерностей размещения почв, для которых главным фактором является биоклиматический.

Первичная исходная единица почвенного покрова названа В. М. Фридландом [220] элементарным почвенным ареалом (ЭПА), под которым понимается участок территории, занятый одной почвой, относящейся к классификационной единице низшего ранга. ЭПА, чередуясь в пространстве, образуют почвенные комбинации (ПК), которые и создают структуру почвенного покрова. СПП можно представить как закономерную совокупность ЭПА, представленную в виде различных почвенных комбинаций.

**Классификация СПП.** С учетом размеров ЭПА, контрастности их компонентов и генетической связи между ними В. М. Фридланд [220] предложил выделить шесть классов ПК:

комплексы – микрокомбинации с регулярным (через несколько метров или десятков метров) чередованием пятен контрастно различающихся почв, взаимно обусловленных в своем развитии. Их образование обусловлено преимущественно влиянием микрорельефа, в отдельных случаях – деятельностью землероев, неравномерностью первоначального распределения солей в породе;

пятнистости – микрокомбинации неконтрастных почв, обусловленные микрорельефом. Ввиду меньшей контрастности отличаются, как правило, более благоприятными условиями для сельскохозяйственного использования;

сочетания – мезокомбинации, обусловленные мезорельефом. В них регулярно чередуются довольно крупные (гектары и десятки гектаров) ареалы контрастно различающихся почв, которые могут иметь свое особое хозяйственное использование. Связь между компонентами однонаправленная – почвы пониженных элементов рельефа находятся под влиянием почв более высоких участков из-за перераспределения веществ со стоком;

вариации – мезокомбинации с чередованием средне- и крупноконтурных ареалов неконтрастных почв с односторонней генетической связью;

мозаики – контрастные комбинации почв, обусловленные изменениями в пространстве состава и свойств почвообразующих пород;

ташеты – неконтрастные комбинации почв, обусловленные сменой пород или различными типами растительности.

Почвенные микрокомбинации (комплексы, пятнистости, микромозаики и микроташеты) являются элементарными почвенными структурами (ЭПС).

**Агроэкологическая оценка ЭПА и ЭПС.** Элементарные почвенные структуры наряду с ЭПА являются почвенной составляющей ЭАА и с точки зрения хозяйственного использования представляют собой единое целое. По-

этому первичная оценка структуры почвенного покрова проводится по отношению к ее низшим структурным уровням: ЭПА или ЭПС.

Важнейшими характеристиками структуры почвенного покрова являются *контрастность* и *сложность*.

В качестве агрономического критерия контрастности целесообразно использовать принадлежность компонентов почвенных комбинаций к различным категориям земель по ограничивающим факторам и способам их преодоления. По этому критерию установлено пять степеней контрастности почв по отношению к той или иной культуре или группе культур [78]:

*слабоконтрастные*, принадлежащие к категориям земель, пригодных для использования с ограничениями, которые могут быть преодолены малозатратными мелиорациями;

*среднеконтрастные* — с участием категорий земель, пригодных для использования с ограничениями, которые могут быть преодолены среднезатратными мелиорациями;

*сильноконтрастные* — с участием земель, потенциально пригодных для использования после сложных высокзатратных мелиораций;

*очень сильно контрастные* — с участием земель, мало пригодных для использования вследствие неустранимых ограничений;

*чрезвычайно контрастные* — с участием земель, не пригодных для возделывания (табл. 2.25)

### 2.25. Шкала контрастности почвенных комбинаций [78]

Балл	Степень контрастности ПК	Категория компонентов ПК по ограничивающим факторам и способам их преодоления
1	Слабоконтрастные	I и II категории
2	Среднеконтрастные	I и (или) II с участием III
3	Сильноконтрастные	I, II, III с участием V
4	Очень сильно контрастные	I, II, III с участием IV
5	Чрезвычайно контрастные	I, II, III с участием VI

Аналогично категориям земель (см. раздел 6.4).

Сложность, или пестрота почвенного покрова характеризуется частотой смены почвенных ареалов. Она зависит от площади ЭПА (формы контуров). Существуют различные способы характеристики сложности почвенного покрова. В. М. Фридланд предложил характеризовать ее числом пересечений почвенных границ на почвенной карте на единицу длины линии, пересекающей изучаемую территорию, например, 1 км. Л. П. Ильиной предложено оценивать сложность ПП по числу контуров на 100 га площади (без учета формы контуров и числа компонентов). Существует ряд более точных методов оценки сложности почвенного покрова, основанных на математических характеристиках геометрических показателей почвенных комбинаций. Для практических целей, особенно мелиоративных, сложность почвенного покрова должна характеризоваться, в первую очередь долей неблагоприятных

почв в комплексе и числом контуров на единицу площади. В зависимости от этих показателей решается, в частности, вопрос о выборочной или сплошной мелиорации почв комплексов. По этим условиям предлагается различать пять степеней сложности комбинаций (табл. 2.26).

### 2.26. Классификация контрастных комбинаций по степени сложности [78]

Балл	Комбинация	Доля неблагоприятных почв, %	Степень расчлененности
1	Несложная	До 10	Нет
2	Умеренно сложная	10-30	Умеренная
3	Сложная	10-30	Высокая
4	Очень сложная	30-50	Умеренная
5	Чрезвычайно сложная	30-50	Высокая

*Примечание.* При умеренной расчлененности можно проводить выборочную мелиорацию пятен, при высокой – нельзя.

**Агроэкологическая группировка ЭПС.** В процессе агроэкологической оценки земель почвенные комбинации объединяются в группы по параметрам, имеющим конкретное агрономическое значение. На основе группировки СПП в дальнейшем разрабатываются агроэкологические группировки земель. Эта задача решается в зонально-провинциальном аспекте.

В качестве примеров приводится агроэкологическая группировка структур почвенного покрова для Среднерусской провинции таежно-лесной зоны и Среднерусской провинции лесостепной зоны.

#### **Группировка элементарных почвенных структур Среднерусской провинции таежно-лесной зоны.**

1. Автоморфные ЭПС. Группа включает в себя микрокомбинации зональных почв разной степени оподзоленности, гумусированности, мощности гумусового горизонта и т. д. с долевым участием оглеенных и эродированных компонентов до 10%.

2. Эрозионные ЭПС. Группа включает в себя структуры с участием эродированных компонентов более 10 %. Допускается незначительное участие в комбинациях оглеенных почв, доля которых меньше автоморфных. Группа разделяется на следующие подгруппы в зависимости от долевого участия смытых почв.

2.1. Очень слабоэрозионные ЭПС – с участием смытых почв 10-25(30)%.

2.2. Слабоэрозионные ЭПС – с участием смытых почв 25(30)-50%.

Подгруппы 2.3-5 включают в себя ЭПС с участием смытых почв более 50%.

2.3. Среднеэрозионные ЭПС – с преобладанием слабосмытых почв.

2.4. Сильноэрозионные ЭПС – с преобладанием среднесмытых почв.

2.5. Очень сильноэрозионные ЭПС – с преобладанием сильносмытых почв.

2.6. Эрозионно-аккумулятивные ЭПС включают в себя комбинации с преобладанием намытых почв. В их составе могут присутствовать смытые и

оглеенные компоненты, причем долевое участие всех оглеенных почв (в том числе несмытых, смытых и намытых) составляет не более 50%.

Следующие группы объединяют ЭПС с долевым участием переувлажненных компонентов более 10 % без участия смытых почв (кроме 4 группы).

3. Полугидроморфно-зональные ЭПС имеют в своем составе 10-50% полугидроморфных компонентов при преобладании автоморфных почв. В зависимости от состава оглеенных компонентов выделяются в следующие подгруппы.

3.1. Слабополугидроморфно-зональные ЭПС – с участием слабogleеватых почв (глееватых до 10%).

3.2. Среднеполугидроморфно-зональные ЭПС – с участием слабogleеватых и глееватых почв (последних более 10%).

4. Полугидроморфно-эрозионные ЭПС. Группа включает в себя структуры, формирующиеся при преимущественном участии переувлажненных и эродированных компонентов. В составе структур могут присутствовать автоморфные несмытые или намытые почвы, но доля их меньше, чем эродированных или оглеенных компонентов.

5. Полугидроморфные ЭПС имеют в своем составе более 50 % полугидроморфных почв и не включают эродированные компоненты, разделяются на следующие подгруппы:

5.1. Полугидроморфные ЭПС депрессий – с преимущественным участием в составе комбинаций оглеенных дерново-подзолистых и дерновых почв.

Эти ЭПС разделяются на три категории в зависимости от степени переувлажнения фоновых компонентов и контрастности ЭПС:

слабополугидроморфные – с преимущественным участием слабogleеватых почв;

среднеполугидроморфные – с преимущественным участием глееватых почв;

сильнополугидроморфные – с преимущественным участием глеевых почв.

5.2. Полугидроморфные пойменные ЭПС – с преимущественным участием аллювиальных дерновых, аллювиальных луговых (в том числе оглеенных) почв.

5.3. Осушенные минеральные ЭПС.

6. Группа гидроморфных ЭПС включает в себя следующие подгруппы:

6.1. Гидроморфные ЭПС депрессий с болотными торфяными почвами.

6.2. Гидроморфные пойменные ЭПС.

6.3. Осушенные торфяные ЭПС.

7. Литогенные ЭПС образуются в условиях неоднородного литогенеза компонентов. В зависимости от свойств почвообразующих пород в группе выделяются следующие подгруппы:

7.1. Литологически неконтрастные (ташеты, ташеты-пятнистости) на двухчленных отложениях (песках, подстилаемых глинистой или тяжелосуглинистой мореной) отличаются неустойчивой продуктивностью в зависимости от метеорологических условий года.

7.2. Литологически контрастные (мозаики, мозаики-комплексы) на ледниковых отложениях перемежающегося в горизонтальном направлении гранулометрического состава отличаются резкой контрастностью агрономических свойств компонентов.

#### 8. Нарушенные земли.

В зависимости от контрастности почв, составляющих ЭПС, подгруппы разделяются на неконтрастные, слабоконтрастные, среднеконтрастные и сильноконтрастные согласно шкале контрастности почв (см. табл. 2.25).

Эта группировка может быть применена и для специфических почвенно-ландшафтных образований таежно-лесной зоны – ополей. Схема была использована при оценке земель Владимирского ополья [135].

#### *Группировка элементарных структур почвенного покрова Среднерусской провинции лесостепной зоны.*

1. Автоморфные ЭПС включают в себя черноземы оподзоленные, выщелоченные и типичные с разной мощностью гумусового горизонта, гумусированностью, глубиной залегания карбонатов и т. д. В составе структур не более 10 % эродированных и переувлажненных компонентов.

2. Эрозионные ЭПС имеют в составе более 10 % смытых черноземов. Подгруппы выделяются в зависимости от долевого участия смытых почв.

2.1. Очень слабоэрозионные ЭПС – с участием смытых почв 10-25(30) %.

2.2. Слабоэрозионные ЭПС – с участием смытых почв 25(30)-50 %.

Подгруппы 2.3-5 включают в себя ЭПС с участием смытых почв более 50 %.

2.3. Среднеэрозионные ЭПС – с преобладанием слабосмытых почв.

2.4. Сильноэрозионные ЭПС – с преобладанием среднесмытых почв.

2.5. Очень сильноэрозионные ЭПС – с преобладанием сильносмытых почв.

2.6. Эрозионо-аккумулятивные ЭПС включают в себя комбинации с преобладанием намывных почв. В их составе могут присутствовать смытые и оглеенные компоненты, причем доленое участие всех оглеенных почв (в том числе несмытых, смытых и намывных) составляет не более 50 %.

3. Полугидроморфно-зональные ЭПС включают в себя 10-50 % луговато-лугово-черноземных почв. Подразделяются на следующие подгруппы:

3.1. Слабополугидроморфно-зональные ЭПС с луговато-черноземными почвами (лугово-черноземных до 10 %).

3.2. Среднеполугидроморфно-зональные ЭПС (лугово-черноземных почв более 10 %).

4. Полугидроморфно-эрозионные ЭПС формируются с преимущественным участием лугово-черноземных почв и смытых черноземов. В составе могут присутствовать автоморфные несмытые или намывные черноземы, но доля их меньше, чем эродированных или переувлажненных компонентов.

5. Полугидроморфные ЭПС имеют в своем составе более 50 % полугидроморфных почв и не включают эродированные компоненты. Разделяются на следующие подгруппы.

5.1. Полугидроморфные ЭПС – с преимущественным участием в составе комбинаций луговато- и лугово-черноземных почв.

Для этой подгруппы требуется разделение на категории в зависимости от степени переувлажнения фоновых компонентов и контрастности ЭПС:

слабополугидроморфные ЭПС – с преимущественным участием лугово-черноземных почв;

среднеполугидроморфные ЭПС -- с преимущественным участием лугово-черноземных почв.

5.2. Полугидроморфные пойменные ЭПС – с преимущественным участием аллювиальных дерновых, аллювиальных луговых (в том числе оглеенных) почв. Дальнейшая дифференциация ЭПС в подгруппе может проводиться в зависимости от фоновых почв и степени контрастности.

5.3. Полугидроморфные ЭПС депрессий – с участием осолоделых почв, луговых солодей или солонцеватых почв;

с преимущественным участием осолоделых и оглеенных черноземов и лугово-черноземных почв;

с преимущественным участием луговых солодей;

с участием солонцеватых почв лугово-черноземных почв.

6. Группа гидроморфных ЭПС включает в себя следующие подгруппы.

6.1. Гидроморфные луговые ЭПС (без участия солодей):

слабогидроморфные с луговыми почвами 10-25 %;

среднегидроморфные с луговыми почвами 25-50 %;

сильногидроморфные с луговыми почвами более 50 %.

6.2. Гидроморфные пойменные ЭПС.

6.3. Гидроморфные ЭПС депрессий с участием солодей лугово-болотных:

10-25 %;

25-50 %;

более 50 %.

6.4. Гидроморфные осушенные ЭПС.

7. Солонцовые ЭПС формируются из солонцов степных и лугово-степных, лугово-черноземных почв, черноземов. Подгруппы выделяются в зависимости от долевого участия солонцов.

7.1. Слабосолонцовые ЭПС с участием солонцов 10-25 %;

7.2. Среднесолонцовые ЭПС с участием солонцов 25-50 %;

7.3. Сильносолонцовые ЭПС с участием солонцов более 50 %.

8. Литогенные ЭПС – главным фактором дифференциации для них являются различия почвообразующих пород. Группа представлена литогенными контрастными ЭПС (мозаиками), образованными маломощными черноземами на кислых коренных породах (песчаниках), чередующимися с выходами плотных пород.

9. Нарушенные земли.

## 2.4. Агроэкологическая оценка почв

### 2.4.1. Агрономические свойства почв

#### 2.4.1.1. Строение почвенного профиля

При его оценке принимаются во внимание мощность мелкоземистой толщи, гумусовой части профиля и пахотного слоя, расположение и свойства литологических слоев и почвенных горизонтов, особенно обладающих неблагоприятными свойствами, – переуплотненных, пересушенных, оглеенных, солонцеватых, засоленных, сильно отличающихся литологически; отмечается наличие плужной подошвы и др.

#### 2.4.1.2. Физические свойства почв

**Гранулометрический (механический) состав почв** – содержание в почве фракций элементарных почвенных частиц независимо от их минералогического и химического состава. Выражается в виде массовых процентов фракций разного размера. Выделяют фракции: <0,001 мм – ил, 0,001-0,005 – пыль мелкая, 0,005-0,01 – средняя, 0,01-0,05 – крупная, 0,05-0,25 – песок мелкий, 0,25-0,5 – средний, 0,5-1 – крупный, >1 мм – гравий. Частицы <0,01 мм объединены в более крупную фракцию физической глины, а >0,01 мм – физического песка. На основании содержания физической глины (или песка) дается название почвы по гранулометрическому составу.

Действующая классификация почв по этому признаку основана на соотношении фракций физического песка и физической глины с поправкой на свойства почв различного генезиса. Такая отечественная классификация разработана Н. А. Качинским, она представлена в табл. 2.27.

### 2.27. Классификация почв по гранулометрическому составу по Н. А. Качинскому

Содержание физической глины (частицы < 0,01 мм), %			Содержание физического песка (частицы > 0,01 мм), %			Краткое название почвы по гранулометрическому составу
подзоли- стого типа почвообра- зования	степного типа почво- образования	солонцы и сильносо- лонцеватые почвы	подзолисто- го типа поч- вообразова- ния	степного типа почво- образова- ния	солонцы и сильносо- лонцеватые почвы	
	0-5		100-95	100-95	100-95	Песок: рыхлый (Пр) связанный (Псв)
	5-10		95-90	95-90	95-90	
	10-20	10-15	90-80		90-85	Супесь (С)
	20-30	15-20	80-70		85-80	Суглинок: легкий (Сл)
	30-40	20-30	70-60	70-55	80-70	средний (Сср)
	40-50	30-40	60-50	55-40	70-60	тяжелый (Ст)
	50-65	40-50	50-35	40-25	60-50	Глина: легкая (Гл)
	65-80	50-65	35-20	25-15	50-35	средняя (Гср)
	>80	>65	<20	<15	<35	тяжелая (Гт)

В настоящее время чаще практикуется классификация, которая основывается лишь на содержании в почве механических фракций в единой шкале для всех типов почв (табл. 2.28). В этой шкале за основу взяты девять основных разновидностей почв по гранулометрическому составу от рыхлосесчаных до тяжелоглинистых с дополнительным выделением разновидностей более низкого ранга по преобладающей фракции: песчаной (1,0-0,05 мм), крупнопылеватой (0,05-0,01 мм), пылеватой (0,01-0,001 мм) и иловатой (мельче 0,001 мм).

В большинстве зарубежных классификаций используются другие границы фракций: глина (<0,002 мм), шель (0,002-0,05 мм) и песок (0,05-2 мм). На основании содержания этих фракций называют почву по гранулометрии, используя принцип треугольника (рис. 2.8), когда в равностороннем треугольнике по левой стороне откладывают содержание глины, по правой – пыли, а по основанию – содержание песка. Название почвы по гранулометрии получается на основании точки пересечения трех прямых, параллельных сторонам треугольника и исходящих из точек, соответствующих содержанию ила, пыли, песка.

### 2.28. Единая классификационная шкала почв по гранулометрическому составу

Содержание физической глины (частицы мельче 0,01 мм), %	Наименование разновидностей		Число разновидностей
	основное	дополнительное по преобладающей фракции	
0-5	Рыхлосесчаная		2
5-10	Связнопесчаная	Песчаные, крупнопылеватые	2
10-20	Супесчаная		2
20-30	Легкосуглинистая	Песчаные, крупнопылеватые, пылеватые, иловатые	4
30-40	Среднесуглинистая		4
40-50	Тяжелосуглинистая		4
50-65	Легкоглинистая		4
65-80	Среднеглинистая		4
80-100	Тяжелоглинистая	Пылеватые, иловатые	2

Агрономическая оценка гранулометрического состава зависит от генезиса почв и многих обусловленных им особенностей гумусового и структурного состояния, физико-химических и химических свойств.

Сопоставляя многочисленные данные по гранулометрическому составу почв и урожайности зерновых культур в зональном аспекте, Н. А. Качинский разработал десятибалльную систему оценки основных типов и подтипов почв (табл. 2.29). Наиболее высоким бонитетом среди подзолистых почв характеризуются легкосуглинистые разновидности, довольно близки к ним супесчаные в переувлажненных и холодных районах. Эти категории почв более теплые, лучше прогреваются, более водопроницаемы, поспевают раньше, чем глинистые и тяжелосуглинистые, легче обрабатываются. На более южных дерново-подзолистых почвах наивысший бонитет отмечается у среднесуглинистых разновидностей. Из серых лесных высшую оценку получают



тяжелосуглинистые почвы, из черноземов — глинистые разновидности, наиболее гумусированные и оструктуренные, где негативные стороны высокого содержания глинистых частиц компенсируются их хорошей агрегатированностью. Это происходит и в сероземах, обладающих карбонатностью, в красных и желтых аллювиальных почвах с железистой агрегатностью.

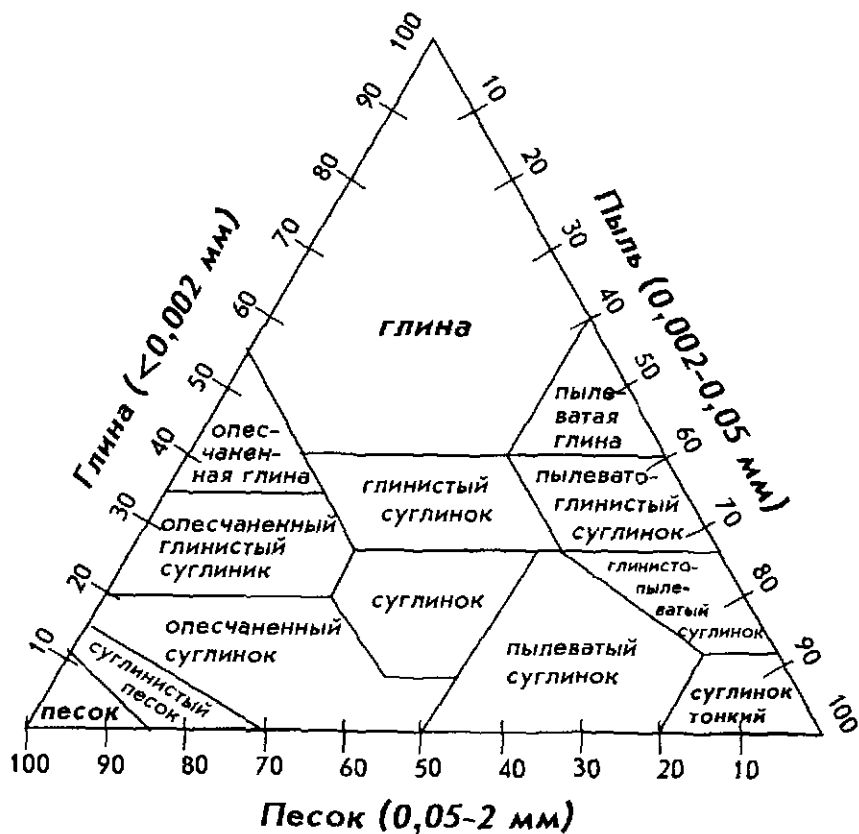


Рис. 2.8. Треугольник для определения названия почвы по гранулометрическому составу

### 2.29. Примерная оценка гранулометрического состава почв для зерновых культур (по Н. А. Качинскому)

Почвы	Оценка по гранулометрическому составу почв, баллы						
	глинистые	тяжелосуглинистые	среднесуглинистые	легкосуглинистые	супесчаные	песчаные	
						мелкозернистые, связные	крупнозернистые, рыхлые
Глееподзолистые	4	6	8	10	8	5	3
Подзолистые	5	6	8	10	8	5	3
Дерново-подзолистые	6	7	10	8	6	4	2

Продолжение табл. 2.29

Почвы	Оценка по гранулометрическому составу почв, баллы						
	глини- стые	тяжелосуг- линистые	среднесуг- линистые	легко- суглини- стые	супес- чаные	песчаные	
						мелкозерни- стые, связные	крупно- зернистые, рыхлые
Серые лесные	8	10	9	7	6	4	2
Черноземы:							
типичные	10	9	8	6	4	3	1
южные	9	10	8	7	5	3	1
Темно-каш- тановые	8	10	9	7	6	3	1
Каштановые	7	9	10	8	6	3	1
Бурые	7	8	10	7	5	2	1
Сероземы	8	10	9	7	5	3	2
Красноземы и желтоземы	10	9	7	6	4	—	—
Желтоземно- подзолистые	8	9	10	9	6	4	2

**Скелетность** оказывает существенное влияние на свойства почв и условия их использования. Наряду с негативным ее влиянием (помехи обработки почвы, абразивное воздействие на рабочие органы орудий и др.) скелетность способствует ускоренному прогреванию почв в северных районах. Скелетность определяется механическими элементами крупнее 1 мм: гравием (1-3 мм) и камнями (более 3 мм). По содержанию хряща выделяют следующие группы почв:

- мелкоземистые с количеством скелета менее 10 %;
- слабохрящеватые (10-30 %);
- среднехрящеватые (30-50 %);
- сильнохрящеватые (более 50 % скелетных частей).

По каменности выделяются группы почв:

- некаменистые с содержанием камней менее 0,5 %;
- слабокаменистые (0,5-5 %);
- среднекаменистые (5-10 %);
- сильнокаменистые (более 10 % камней).

По характеру скелетной части устанавливают тип каменности почв: валунные, галечниковые, щебнистые.

**Плотность почвы ( $\rho_d$ )** — масса абсолютно сухой почвы в единице объема почвы со всеми пустотами. Обычно плотность почвы в почвенном профиле увеличивается вниз по профилю. Разрушение почвенных агрегатов сопровождается увеличением плотности почв. Наибольшая плотность у песчаных почв. При земляных работах учитывают плотность сырой почвы. В агрофизике рекомендуется использовать следующие пределы оптимальных диапа-

зонов плотности для различных почв при сельскохозяйственном использовании (табл.2.30).

### 2.30. Оптимальные диапазоны плотности по А. Г. Бондареву [14]

Гранулометрический состав (текстура) почвы	Оптимальный диапазон плотности, г/см <sup>3</sup>
Глинистые и суглинистые	1-1,3
Легкосуглинистые	1,1-1,4
Супесчаные	1,2-1,45
Песчаные	1,25-1,6

Для полевого определения плотности почвы преимущественно используют буровой метод: определяют массу абсолютно сухой почвы, отобранной из естественной почвы с помощью кольца строго определенного объема (в варианте Н. А. Качинского высота и диаметр кольца 4 и 5,8 см соответственно). Плотность почвы определяет содержание в почве пор различного размера, или порозность почвы.

**Плотность твердой фазы почв ( $\rho_s$ )** — масса твердых компонентов почвы в единице объема без учета пор. Определяют пикнометрически (в водных и воздушных пикнометрах). Обычно близка к плотности доминирующих минералов, составляющих твердую фазу почв (2,6-2,8 г/см<sup>3</sup>).

**Порозность почвы** — объем почвенных пор в почвенном образце по отношению к объему всего образца [ $\epsilon$ , см<sup>3</sup>/см<sup>3</sup>, %]. Рассчитывается по данным плотности почвы ( $\rho_b$ ) и твердой фазы почвы ( $\rho_s$ ):

$$\epsilon = 1 - \frac{\rho_b}{\rho_s} \text{ см}^3/\text{см}^3. \quad (2.31)$$

Н. А. Качинский предложил выделять следующие диапазоны по порозности почвы (порозность почв в долях единицы):

отличная (культурный пахотный слой) — 0,65-0,55;

удовлетворительная для пахотного слоя — 0,55-0,5;

неудовлетворительная для пахотного слоя — <0,5;

чрезмерно низкая — 0,4-0,25

Различают еще и **порозность агрегата** — объем пор в отдельном агрегате почвы в отношении к объему агрегата. Рассчитывается по плотности агрегата и плотности твердой фазы почвы:

$$\epsilon_a = 1 - \frac{\rho_a}{\rho_s}. \quad (2.32)$$

На основе порозности почвы и агрегата можно рассчитать и **порозность межагрегатную** — объем почвенных пор в почвенном образце между почвенными агрегатами ( $\epsilon_{\text{межпор}}$ ). Для того, чтобы рассчитать межагрегатную порозность простым вычитанием порозности агрегатов из порозности общей, надо, прежде всего, найти величину так называемой суммарной агрегатной порозности

$$\varepsilon \sum_{\text{агр}} \frac{V_{\text{пор}}}{V_i} \quad (2.33)$$

или отношения пор всех агрегатов ( $V_{\text{пор}}$ ) к объему пор почвы ( $V_i$ ):

$$\varepsilon_{\Sigma \text{агр}} = \frac{\varepsilon_a(1 - \varepsilon)}{1 - \varepsilon_a} \quad (2.34)$$

Тогда межагрегатная порозность составит

$$\varepsilon_{\text{межагр}} = \varepsilon - \varepsilon_{\Sigma \text{агр}} \quad (2.35)$$

Весьма важной агрофизической оценкой является порозность аэрации (воздухосодержание) — содержание в почве почвенного воздуха, или разница между общей порозностью и объемной влажностью почвы:

$$\varepsilon_{\text{air}} = \varepsilon - \theta \quad (2.36)$$

Выражается в процентах от объема почвы. Критические значения порозности аэрации наступают при величинах <10%, в этих условиях начинают доминировать анаэробные процессы, снижается рост корней большинства сельскохозяйственных растений. Величина динамическая.

В агрофизике нередко используется понятие **порозности дифференциальной**:

А. Г. Дояренко называл эту категорию «дифференциальной скважностью почвы», характеризуя ее наличием пор различного размера. Она определяется в процессе изучения порозности почвенных образцов при помощи капилляриметра и других аналогичных приборов. Самые благоприятные условия увлажнения и воздухообеспеченности складываются в почве при соотношении капиллярной и некапиллярной пористости 1:1, т.е., если пористость аэрации составляет половину общей;

Н. А. Качинский разделял почвенную порозность на порозность агрегатов, суммарную агрегатную и межагрегатную, а также порозность, заполненную прочносвязанной, рыхлосвязанной, капиллярной влагой и воздухом.

Плотность почвы после обработки в течение вегетационного периода изменяется до равновесной. Чем лучше структурное состояние, тем меньше величина дрейфа. При близких значениях оптимальной и равновесной плотности расширяются возможности минимизации обработки почвы вплоть до отказа от нее (таблица 2-31-2.32.).

**Структурное состояние** — это оценка почвы по форме и размерам структурных отдельностей в виде макроагрегатов (педов), на которые распадается почва.

Агрегаты (микроагрегаты <0,25 мм и макроагрегаты >0,25 мм) — это группа элементарных почвенных частиц или микроагрегатов, которые со-

единяются друг с другом прочнее, чем с другими соседними почвенными частицами. **Стабильность (устойчивость) агрегатов** — способность сохранять пространственное распределение твердой фазы почвы и порового пространства при действии внешних сил. Это свойство, указывающее, насколько соединяющие внутриагрегатные силы способны противостоять внешним разрушающим силам (табл. 2.33).

### 2.31. Оценка плотности и пористости суглинистых и глинистых почв в вегетационный период по (Н. А. Качинскому)

Плотность почвы, г/см <sup>3</sup>	Общая порозность почвы, %	Оценка	
		плотности	пористости
<1,0	>70	Почва вспушена или богата органическим веществом	Избыточно пористая — почва вспушена
1,0-1,1	65-55	Типичные величины для культурной или свежеспаханной почвы Пашня:	Отличная — культурный пахотный слой
1,1-1,2	55-50	слабо уплотнена	Хорошая, характерная для окультуренных почв
1,2-1,3	50-45	уплотнена	Удовлетворительная, характерная для освоенных почв
1,3-1,4	45-40	сильно уплотнена	Неудовлетворительная для пахотного слоя
1,4-1,6	40-35	Типичные величины для подпахотных горизонтов (кроме черноземов)	Чрезмерно низкая, характерная для уплотненных подпахотных и иллювиальных горизонтов
1,6-1,8	40-35	Сильно уплотненные иллювиальные горизонты	

### 2.32. Оптимальная и равновесная плотности средне- и тяжелосуглинистых почв и ее изменение (дрейф) в течение вегетационного периода, г/см<sup>3</sup> [15]

Почва	Плотность почвы		Дрейф
	оптимальная для зерновых	равновесная	
Дерново-подзолистая	1,33	1,50	0,17
Чернозем:			
оподзоленный	1,22	1,25	0,03
типичный	1,20	1,24	0,04
обыкновенный	1,20	1,27	0,07
южный	1,20	1,28	0,08
Темно-каштановая	1,23	1,32	0,09
Каштановая	1,25	1,35	0,10

## 2.33. Группы и виды почвенных агрегатов (по С. А. Захарову)

Номер группы	Группа агрегатов	Особенность строения	Виды агрегатов	Размеры агрегатов, мм
<i>Кубовидная — равномерное развитие по трем осям</i>				
I	Глыбистая	Грани и ребра плохо выражены	Крупноглыбистые Мелкоглыбистые	>100 100-50
II	Комковатая	То же	Крупнокомковатые Среднекомковатые Мелкокомковатые	50-30 30-10 10-0,5
III	Пылеватая	- « -	Пылеватые	<0,5
IV	Ореховатая	Грани и ребра хорошо выражены Ребра острые, поверхность граней ровная	Крупноореховатые Ореховатые Мелкоореховатые	>10 10-7 7-5
V	Зернистая	Округлые, грани шероховатые, матовые, иногда гладкие, блестящие	Крупнозернистые Зернистые (крупитчатые) Мелкозернистые-порошистые	5-3 3-1 1-0,5
<i>Призмовидная — развитие преимущественно по вертикальной оси (размеры по главной оси)</i>				
VI	Столбовидная	Неправильная форма, слабо выражены грани, округлые ребра	Крупностолбовидные Столбовидные Мелкостолбовидные	>50 50-30 <30
VII	Столбчатая	Грани и ребра выражены, округлый верх	Крупностолбчатые Столбчатые Мелкостолбчатые	>50 50-30 <30
VIII	Призматическая	Острые ребра, часто глянцевые грани	Крупнопризматические Призматические Мелкопризматические	>50 50-30 <30
<i>Плитовидная — развитие преимущественно по горизонтальным осям (размеры по высоте)</i>				
IX	Плитчатая	Слоеватая с горизонтальной "спайностью"	Слащеватые Плитчатые Пластинчатые Листоватые	>5 5-3 3-1 <1
X	Чешуйчатая	С небольшими изогнутыми плоскостями и острыми ребрами	Скорлуповатые Грубочешуйчатые Мелкочешуйчатые	>3 3-1 <1

Структуру почвы оценивают количественно на основании распределения содержания агрегатов (воздушно-сухих и в воде) по их размерам. Аналогично тому, как это делается в гранулометрическом анализе, структура выражается в содержании фракций агрегатов определенного размера (диаметра). Первым количественным показателем структуры является содержание воздушно-сухих агрегатов различного размера. Получается этот показатель благодаря рассеву воздушно-сухого почвенного образца в лаборатории на ситах с различным диаметром отверстий. Как правило, используют сита с отверстиями диаметром 10, 7, 5, 3, 2, 1, 0,5 и 0,25 мм, соединяя их в последовательный набор — от большего диаметра к меньшему. На верхнее сито диаметром 10 мм высыпается предварительно взвешенный средний образец почвы, сита встряхивают, и агрегаты располагаются в ситах соответственно их размерам: на верхнем — >10 мм (фракция > 10 мм), на следующем диаметром 7 мм — фракция 7-10 мм, диаметром 5 мм — 5-7 мм и т.д., а в остатке будут микроагрегаты и элементарные почвенные частицы диаметром <0,25 мм — пылеватая часть почвы. Содержание каждой фракции легко можно рассчитать как соотношение этой фракции к взятой навеске. Самые крупные агрегаты — глыбы и самые мелкие — пылеватая часть почвы указывают на неблагоприятное агрофизическое состояние почвенной структуры. Агрегаты размерами 10-0,25 мм — самые важные в агрономическом отношении, поэтому их называют *агрономически ценными*. Содержание агрономически ценных агрегатов — важнейший показатель состояния почвы: чем выше их содержание, тем лучше почва. Пользуются обычно следующими качественными оценками структуры на основании количества агрегатов именно этого, агрономически ценного диапазона, 10-0,25 мм:

>60% — отличное агрегатное состояние;

60-40% — хорошее;

<40% — неудовлетворительное.

Либо используют так называемый коэффициент структурности ( $K_{стр}$ ):

$$K_{стр} = \frac{\sum(10-0,25 \text{ мм})}{\sum(>10 \text{ мм}, <0,25 \text{ мм})}. \quad (2.37)$$

Как видно из приведенного выражения, коэффициент  $K_{стр}$  также основан на количестве агрономически ценных агрегатов. Соответственно и диапазоны  $K_{стр}$ , используемые для качественной оценки структуры, составляют:

>1,5 — отличное агрегатное состояние;

1,5-0,67 — хорошее;

<0,67 — неудовлетворительное.

Другим показателем структуры является ее устойчивость к внешним воздействиям, среди которых наиболее существенным является воздействие воды. Это чрезвычайно важно, так как почва должна сохранять свою уникальную комковатую зернистую структуру после обильных осадков и последующего легкого подсушивания, когда образуются не плотная непропицаемая для газов и воды корка, а вновь хорошо различимые почвенные комочки, аг-

регаты. Это качество структуры называют *водоустойчивостью*. Характеризуют это качество структуры также с помощью рассева на ситах, но не на воздухе, а в стоячей воде. Для этого предварительно (капиллярно) увлажненный почвенный образец переносят на верхнее сито (в данном случае — это сито с отверстиями диаметром 5 мм, сита 10 и 7 мм не используются, так как такого размера водоустойчивых агрегатов в естественных почвах практически не наблюдается). После легкого покачивания набора сит в воде с каждого из них смывают водоустойчивые агрегаты и определяют их содержание. Как и в случае с ситовым анализом воздушно-сухих агрегатов — «сухого» просивания, получают распределение содержания водоустойчивых агрегатов по их размерам (диаметрам).

Наилучшие агрономические свойства почв степной зоны складываются при размере агрегатов 0,25-3 мм, дерново-подзолистых — 0,5-5 мм. При оценке противодефляционной устойчивости почв учитывают содержание агрегатов более 1 мм в слое 0-5 см. Важнейшими условиями агрономической ценности структуры являются ее водопрочность и пористость. Верхним пределом оптимального содержания водопрочных агрегатов ориентировочно можно считать 75 (80)%, поскольку при более высоком содержании водопрочных агрегатов значительно возрастают пористость аэрации и непроизводительный расход влаги на физическое испарение (табл. 2.34).

2.34. Оценка структуры и сложения пахотного слоя почв (101)

Содержание водопрочных агрегатов размером более 0,25 мм, %	Оценка		Равновесная плотность сложения, г/см <sup>3</sup>	Оценка плотности сложения
	водопрочности структуры	устойчивости сложения по структуре		
Менее 10	Неводопрочная	Неустойчивое	Более 1,5	Очень плотное
10-20	Неудовлетворительная		1,5-1,4	
20-30	Недостаточно удовлетворительная	Недостаточно устойчивое	1,4-1,3	Плотное
30-40	Удовлетворительная		1,3-1,2	
40-60	Хорошая	Устойчивое	1,2-1,1	Уплотненное Оптимальное для большинства культур
60-75(80)	Отличная	Высокоустойчивое	1,1-1	
Более 75(80)	Избыточно высокая		Менее 1	Рыхлое (пашня вспушена)

**Физико-механические свойства:** пластичность, липкость, набухание, усадка, связность, твердость (или сопротивление пенетрации) и сопротивление при обработке.

*Пластичность* оценивается по числу пластичности — разнице между нижним и верхним пределами пластичности (пределами текучести и раскатывания). Глинистые почвы имеют число пластичности более 17, сулинистые — 7-17, супеси — менее 7, пески непластичны (число пластичности при-



ближается к 0). Пластичность сильно возрастает с повышением содержания набухающих минералов в почвах, особенно солонцовых. Наибольшей пластичностью отличаются глинистые солонцы, содержащие обменного натрия 25-30 % и более от емкости поглощения. Пластичность уменьшается при высоком содержании гумуса.

*Липкость* проявляется при влажности почвы, близкой к верхнему пределу пластичности. Увеличение степени насыщенности почв кальцием снижает липкость, натрием — резко повышает. Наименьшей липкостью обладают песчаные почвы, наибольшей — глинистые. Высокогумусированные почвы даже при высоком увлажнении (30-40%) не проявляют липкости. По липкости почвы подразделяются на предельно вязкие (более 15 г/см<sup>2</sup>), сильновязкие (5-15 г/см<sup>2</sup>), средние по вязкости (2-5 г/см<sup>2</sup>), слабовязкие (менее 2 г/см<sup>2</sup>). Состояние влажности, при котором почва утрачивает липкость, отвечает физической спелости почв.

*Способность к набуханию и усадке* различных почв изменяется пропорционально содержанию глинистых и особенно коллоидных частиц, минералов монтмориллонитовой группы, органических коллоидов и сильно возрастает с повышением содержания обменного натрия. Сильное набухание при высокой влажности вызывает разрушение почвенной структуры. Усадка при высыхании приводит к трещиноватости почв, разрыву корней растений, усилению физического испарения.

Важнейшие технологические показатели затрат на обработку почвы обусловлены ее *связностью* и *твердостью*. Наибольшей связностью характеризуются сухие глинистые бесструктурные почвы с небольшим содержанием гумуса и большой долей натрия в ППК, наименьшей — песчаные.

*Удельное сопротивление* почв в зависимости от гранулометрического состава, физико-химических свойств, влажности, плотности и структурного состояния изменяется в пределах 0,2-1,2 кг/см<sup>2</sup> (табл. 2.35.) Наименьшим удельным сопротивлением характеризуются почвы легкого гранулометрического состава, наибольшим — тяжелосуглинистые и глинистые почвы, особенно солощцы, содержащие более 20% обменного натрия от емкости поглощения. Максимальное удельное сопротивление обработке наблюдается при влажности, близкой к влажности устойчивого завядания, минимальное — при влажности почвы, соответствующей физической спелости. Удельное сопротивление почв под пропашными культурами значительно меньше, чем под зерновыми и многолетними травами, на целинных и залежных почвах оно выше на 45-50%, чем на старопашотных.

*Физическая спелость почв* — состояние готовности почвы к обработке, обусловленное такой влажностью, когда почва обладает минимальным удельным сопротивлением и хорошо крошится, не распыляясь при этом.

*Твердость почвы (или сопротивление пенетрации)* — сопротивление почвы внедрению в нее зонда цилиндрической или конусообразной формы небольшого диаметра (атм, кПа или другие единицы давления). Она определяется специальными приборами (твердомерами), которые измеряют силу проникновения в почву штампа известной формы, как правило, цилиндрической

или конусовидной. Измеряя силу и зная величину площади проникновения штампа, рассчитывают твердость, или сопротивление пенетрации в единицах давления. С помощью сопротивления пенетрации оценивают степень переуплотнения почвы (табл. 2.36).

### 2.35. Удельное сопротивление различных почв

Почва	Гранулометрический состав	Угодье	Удельное сопротивление, кг/см <sup>2</sup>	Автор	
Дерново-подзолистая	Глина	Пашня	0,68	А. Ф. Пронин	
	Суглинок:				
	тяжелый		0,48		
	средний		0,35		
	легкий	0,27			
	Супесь		0,18		
Чернозем:				И. Б. Ревут	
	обыкновенный	Глина	Целина		0,7-0,8
	Суглинок	- « -	0,6-0,8		
		Пашня	0,4-0,5		
Солонцеватый	Глина	- « -	0,82	А. Ф. Пронин	
	Солонец	- « -	1,21		Д. И. Сарана
	Суглинок		0,90		
Серозем	Суглинок:	Пашня:		А. Ф. Пронин	
	тяжелый		орошае-		0,49
	средний		мая		0,41
	легкий				0,34
	тяжелый		неороша		0,42
	средний	емая	0,34		
	легкий		0,27		

### 2.36. Оценка переуплотнения почвы по критическим значениям сопротивления пенетрации [282, 306]

	Критическое значение сопротивления пенетрации для соответствующих классов по гранулометрическому составу					
	глина	суглинок			супесь	песок
		суглинок	суглинок	суглинок		
Сопротивление пенетрации, МПа*	2,8-3,2	3,2-3,7	3,7-4,2	4,5-5	5,5	6
Для диапазона влажности, % к массе	28-24	24-20	18-16	15-13	12	10

\* Если реальная влажность почвы выше приведенной в диапазоне, то к измеренному значению сопротивления пенетрации следует прибавить 0,25 МПа, а если ниже, то вычесть 0,25 МПа.

**Водно-физические свойства почв.** Одним из важнейших водно-физических, или гидрологических свойств почв является ее влагоемкость.

**Влагоемкость почвы** — величина, количественно характеризующая способность почвы к удерживанию влаги. Для количественной оценки влагоем-

кости используют величины *почвенно-гидрологических констант*. Почвенно-гидрологические константы — это значения влажности, соответствующие строго оговоренным условиям определения и имеющие практическое значение. Различают наименьшую влагоемкость (НВ), синонимы — предельная полевая, полевая; полную влагоемкость (ПВ), синоним — водовместимость; капиллярную влагоемкость (КВ); влажность разрыва капиллярной связи (ВРК), влажность завядания (ВЗ) и максимальную гигроскопическую влажность (МГ).

*Максимальная гигроскопическая влажность* (МГ) — влажность почвы, устанавливаемая при помещении почвы в атмосферу с относительной влажностью воздуха 98%.

*Влажность разрыва капиллярной связи* (ВРК) — влажность почвы, при которой подвижность влаги в процессе снижения влажности резко уменьшается. Находится в интервале влажностей между наименьшей влагоемкостью и влажностью устойчивого завядания растений.

*Влажность завядания растений* (ВЗ) — влажность почвы, при которой растения не могут брать воду из почвы и, теряя тургор, необратимо (даже при помещении в насыщенную парами воды атмосферу) завядают.

*Наименьшая влагоемкость* (НВ) — это установившаяся после стекания избытка воды влажность предварительно насыщенной почвы. Достигается, как правило, через два-три дня после интенсивного дождя или полива хорошо дренируемой гомогенной почвы. ПВ — это наибольшее количество влаги, которое почва в природном залегании может удержать в неподвижном или практически неподвижном состоянии после обильного или искусственного увлажнения и стекания влаги при глубоком залегании грунтовых вод («капиллярно-подвешенная влага»). Это очень важная характеристика, указывающая на водоудерживающую способность почвы. Эта величина имеет огромное практическое значение, по ней производят полив растений, ориентируют нормы осушения и пр. НВ определяется в полевых условиях методом заливаемых площадей путем заполнения порового пространства почвы водой и последующего стекания гравитационной влаги при установлении квазиравновесного профиля влажности (на второй-третий день после увлажнения) при изоляции от испарения воды из почвы в условиях хорошего дренажа и при отсутствии выраженной слоистости почвенного профиля.

*Капиллярная влагоемкость* (КВ) — количество влаги в почве, удерживаемое капиллярными силами в зоне капиллярной каймы грунтовых вод («капиллярно-подпертая влага»).

*Полная влагоемкость* (водовместимость, ПВ) — наибольшее количество воды, содержащееся в почве при полном заполнении всех пор и пустот.

Влагоемкость почв оценивается с учетом их гранулометрического состава (табл. 2.37).

По величинам почвенно-гидрологических констант рассчитывают характерные диапазоны почвенной влаги.

(ПВ-НВ) — *диапазон подвижной влаги (гравитационная вода)*. Указывает на количество воды, которое может стечь при наличии свободного стока из рассматриваемой почвенной толщи.

### 2.37. Оценка наименьшей (предельной полсвой) влагоемкости (Н. А. Качинский)

Влагоемкость сухой массы почвы, %	Оценка
	<i>Тяжелые почвы</i>
40-50	Наилучшая
30-40	Хорошая
25-30	Удовлетворительная
Менее 25	Неудовлетворительная
	<i>Легкие почвы</i>
20-25	Отличная для песчаных почв Удовлетворительная для культур:
10-25	полевых
3-10	лесных
Менее 3	Неудовлетворительная для любых культур

(ПВ-НВ) — *водоотдача*. Это количественная характеристика, отражающая количество воды, вытекающее из почвенного слоя при понижении уровня грунтовых вод от верхней до нижней границы этого слоя. Если уровень грунтовых вод опустился заметно ниже рассматриваемой почвенной толщи, то для расчета водоотдачи используют разницу между ПВ и НВ. Если же уровень остался в пределах рассматриваемой толщи, то берут разницу между ПВ и капиллярной влагоемкостью, т.е. учитывают распределение влажности в капиллярной кайме грунтовых вод.

(НВ-ВЗ) — *диапазон доступной (продуктивной) влаги*. Для различных почв этот диапазон существенно различается, например, в песчаных почвах он может достигать 6–8, в суглинистых — 12–17%. Поэтому суглинистые почвы содержат больше продуктивной влаги, чем песчаные, а тяжелосуглинистые — больше, чем средне- и легкосуглинистые. Однако в глинах, тем более тяжелых, доступной влаги может быть меньше, чем в средне- и тяжелосуглинистых почвах. В глинах стремительно возрастает количество связанной воды, быстрее увеличивается ВЗ, чем растет НВ. Поэтому зависимость количества доступной влаги от классов по гранулометрическому составу (рис. 2.9) имеет максимум, приходящийся на средне-, тяжелосуглинистые почвы. Следует отметить, что приведенная на рис. 2.9 зависимость — это лишь отражение общей тенденции. Эта зависимость может существенно меняться при изменении минералогического состава, структуры почвы.

(НВ-ВРК) — *диапазон легкоподвижной, легкодоступной для растений влаги*. Это наиболее эффективная часть той продуктивной влаги, которая характеризуется диапазоном (НВ-ВЗ).

Для характеристики доступности почвенной влаги используется также величина *давления почвенной влаги*. Это давление, возникающее в почвен-

ной влаги за счет действия в почве сил различной природы, снижающих энергию почвенной воды по сравнению со свободной водой при атмосферном давлении на уровне моря, энергия которой принята за ноль. При отнесении величины энергии воды к ее объему образуется размерность давления (например,  $\frac{дж}{м^3} = \frac{н \cdot м}{м^3} = \frac{н}{м^2} = Па$ ). Используются также единицы высоты водного или ртутного столба (см водного столба, мм ртутного столба).

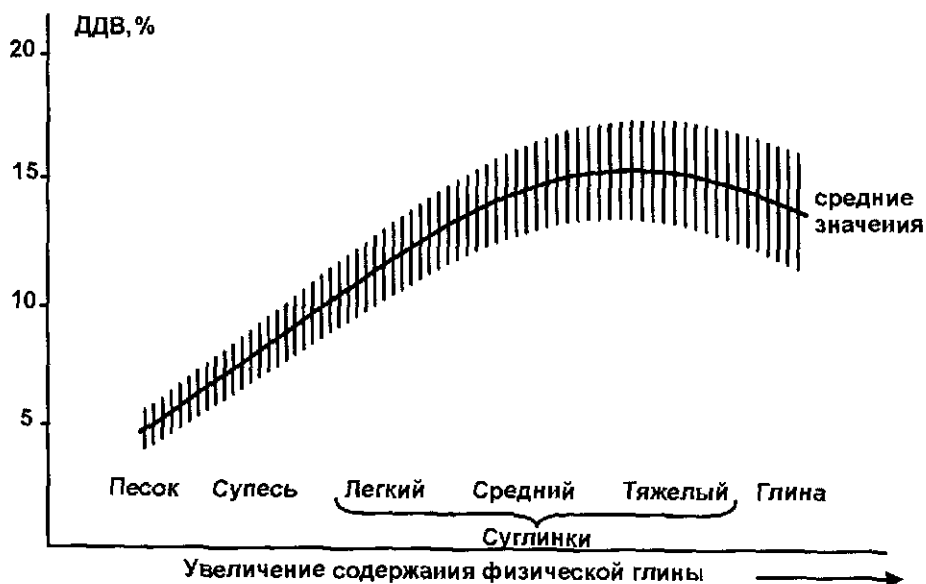


Рис. 2.9. Содержание доступной для растений влаги (ДДВ, %) для различных классов почв по гранулометрическому составу

Для оценок почвенно-гидрологических констант используют следующие значения давления влаги в почве:

для определения НВ — величина давления в -300 см водного столба (или около -0,33 атм);

для определения ВЗ — величина давления в -15000 см водного столба (или -15 атм).

При использовании давления влаги для контроля за влагообеспеченностью, как правило, ориентируются на следующие «критические» давления почвенной влаги, при которых следует производить полив растений:

зерновые — при -400...-500 см водного столба, измеренные на глубине 25-30 см;

овощные — при -300...-400 см водного столба, отмеченные на глубине 20-30 см;

хлопчатник — при -300...-400 см водного столба на глубине 40-45 см.

Для наблюдений за давлением влаги в полевых условиях используются тензиометры — приборы, позволяющие непрерывно определять давление почвенной влаги на определенной (установленной) глубине.

Кроме гидрологических констант, отражающих состояние почвенной влаги, необходима оценка почв в отношении **водопроницаемости**.

Начальная стадия быстрого проникновения воды в ненасыщенную влагой почву при некотором гидравлическом напоре называется *впитыванием*, или *инфильтрацией*. Затем, по мере насыщения всего порового пространства почвы водой, поток стабилизируется. Наступает стадия фильтрации. По скорости впитывания воды в первый час почвы подразделяются на три группы:

значительной водопроницаемости (более 150 мм);

средней (150-50 мм);

слабой водопроницаемости (менее 50 мм).

Более подробная оценка водопроницаемости суглинистых и глинистых почв (по просачиванию воды в первый час фильтрации при напоре 5 см и температуре 10°C) предложена Н. А. Качинским:

провальная (более 1000 мм);

излишне высокая (1000-500 мм);

наилучшая (500-100 мм);

хорошая (100-70 мм);

удовлетворительная (70-30 мм);

неудовлетворительная (менее 30 мм).

Оценка водопроницаемости в условиях впитывания дождевых вод имеет большое значение для прогнозирования эрозии (табл. 2.38).

**2.38. Шкала оценки дождей и водопроницаемости почвы**

Интенсивность дождя/коэффициент впитывания воды, мм/мин	Оценка	
	дождей	водопроницаемости почвы
Более 2,0	Сильные ливни	Очень высокая
2,0-0,5	Ливни	Высокая
	Дожди:	
0,5-0,1	сильные	Повышенная
0,1-0,02	умеренные	Средняя
0,02-0,005	легкие	Пониженная
0,005-0,001	морозящие	Низкая
Менее 0,001	морозящие	Очень низкая

Установившаяся фильтрация почвы измеряется коэффициентом фильтрации ( $K_f$ ), который характеризует способность почвы проводить насыщенный поток влаги под действием градиента гидравлического давления. Обычно при градиенте давления, близком к единице,  $K_f$  является постоянной и характеристичной для данной почвы величиной. Классификация почв по этому показателю представлена в табл. 2.39 и 2.40. Помимо гранулометрического состава, в основном определяющего водопроницаемость почв она зави-

сит также от минералогического состава, структуры почвы, состава ППК, литологических особенностей профиля.

Глинистая почва может иметь коэффициент фильтрации более 60 см в сутки при хорошей структуре. Напротив, песчаные почвы могут иметь низкий  $K_f$ , когда они имеют прослойки плотного ожелезненного песка. Почвенный горизонт, имеющий коэффициент фильтрации менее 6 см в сутки, рассматривается как водоупорный.

### 2.39. Классификационные градации коэффициента фильтрации почв [48]

Класс коэффициента фильтрации	Наименование	Значение в сутки, см
I	Исключительно низкий (водоупор)	<1
II	Очень низкий (для почвенных горизонтов – водоупорный)	1–6
III	Низкий	6-15
IV	Средний	15-40
V	Высокий	40-100
VI	Очень высокий	100-250
VII	Исключительно высокий	>250

### 2.40. Диапазоны средних значений коэффициента фильтрации для различных по гранулометрическому составу почв

Почвенные объекты	Диапазон $K_f$ в сутки, см
Почвы:	
песчаные	300-800
суглинистые	20-100
глины	1-50

В таблице 2.41 приведены ориентировочные значения физических свойств почв различного гранулометрического состава. Эти усредненные значения и пределы варьирования могут значительно отличаться в связи с разнообразными условиями.

**Создание картogramм агрофизического состояния почв и интерпретация результатов в геоинформационных системах (ГИС).** Для этой цели используются крупномасштабная топографическая основа и почвенная карта с определенной координатной сеткой, шаг которой определяется размерами полей, почвенным покровом и рельефом. По заданной сетке осуществляется точная привязка координат на местности с помощью приемников систем глобального позиционирования (GPS). Топооснова и почвенная карта оцифровываются с помощью специальных программ (например, Easy Trace) и в соответствующих координатах заносятся в ГИС (ArcView, MapInfo или др.).

### 2.41. Некоторые характерные физические свойства почв различного гранулометрического состава (наиболее вероятный диапазон — в скобках)

Класс по гранулометрическому составу	Порозность, % объемный	Плотность почвы, г/см <sup>3</sup>	НВ к массе, %	ВРК к массе, %*	ВЗ к массе, %	ДДВ к массе, %	Коэффициент фильтрации в сутки, см
Песок:							
рыхлый	37 (32-40)	1,65 0 (1,5-1,75)	4 (3-5,5)	3,5 (2,5-5,5)	2,5 (2-3,5)	2 (1,5-3,5)	>150
связный	38 (32-42)	1,6 (1,5-1,7)	6 (5-10)	4,5 (4-6)	4 (3-6)	4 (2-6)	150 (80-200)
Супесь	43 (40-46)	1,5 (1,4-1,6)	14 (10-18)	7,5 (6-8,5)	6 (4-8)	8 (6-10)	100 (50-150)
Суглинок:							
легкий	47 (43-51)	1,4 (1,3-1,5)	22 (18-26)	13 (12-14,5)	10 (8-12)	12 (10-14)	80 (40-120)
средний	49 (47-51)	1,35 (1,3-1,4)	27 (23-31)	18,5 (17-19,5)	13 (11-15)	14 (12-16)	50 (30-70)
тяжелый	51 (49-53)	1,3 (1,25-1,45)	30 (27-35)	21 (20-22)	15 (13-17)	16 (14-18)	40 (20-70)
Глина	53 (51-55)	1,25 (1,2-1,4)	35 (31-39)	25,5 (24-27)	20 (18-24)	15 (14-18)	15 (2-30)

\*ВРК определены по характерным основным гидрофизическим характеристикам (ОГХ) на основании метода А. Д. Воробья.

\*\*Природные пески почти всегда слоисты, вследствие этого приведенные данные весьма ориентировочны.

В процессе полевых исследований проводятся полевые измерения физических свойств почв, отбор образцов для лабораторных исследований, рассчитываются агрофизические показатели, создаются сводные таблицы изученных свойств, включающие в себя усредненные (или медианные) значения для каждой точки исследований по всем почвенным разностям. Полевые исследования рекомендуется проводить с помощью экспресс-методов, которые позволяют быстро и эффективно оценить физические свойства почв, соответственно и агрофизическую ситуацию почвенного покрова в ландшафте [17, 160, 216]. Обязательными являются, прежде всего, послойные (через каждые 10 см до глубины 40-50 см) определения плотности почвы буровым методом с объемом бура не менее 100 см<sup>3</sup>, водопроницаемости — методом трубок и сопротивления пенетрации (твердости). Такой набор быстро определяемых агрофизических свойств почвы дает возможность впоследствии выделить участки полей с повышенной уплотненностью (как с поверхности, так и в подпахотном слое — так называемое «подпочвенное уплотнение»), зоны возможного застоя и быстрого (инфлюкционного) движения влаги. Эти параметры, в том числе влажность почвы, — это минимальный список необ-



ходимых агрофизических свойств. Этот набор агрофизических свойств должен дополняться лабораторными определениями, прежде всего, гранулометрического состава, порозности агрегатов, структурного состава и, в случае необходимости, других агрофизических характеристик.

Полученные результаты заносятся в таблицы (например, в формате xls), которые служат основой для создания импортируемой в ГИС базы данных.

На основе полученной базы данных послойно по каждому параметру агрофизического состояния с помощью той или иной предусмотренной в ГИС процедуры интерполяции (кригинг, сплайн и т.п.) строятся изоплеты исследованных свойств почв в рамках заданного участка исследований. Послойное отображение свойств, с одной стороны, дает полную картину изменчивости физических параметров по площади исследуемого поля, с другой – с помощью изоплет позволяет выделить участки (зоны) с соответствующими грациями агрофизических свойств. В результате прорисовки изоплет в ГИС получается карта исследованного свойства, на которой выделяются градации с неблагоприятными и оптимальными свойствами.

При агрофизических пространственных исследованиях часто бывает весьма затруднительно в достаточном количестве для прорисовки изоплет определить те или иные агрофизические свойства для всего массива, например, диапазон доступной влаги. Это важнейшее агрофизическое свойство предполагает независимое экспериментальное определение наименьшей влагоемкости (*НВ*) и влажности завядания (*ВЗ*). Определение этих агрофизических свойств – дело трудоемкое, а в случае пространственных площадных определений с многочисленными повторениями – практически невозможное. Поэтому предложен подход пространственного восстановления подобных трудноопределяемых свойств. Метод на основе так называемых «педотрансферных функций» (ПТФ), которые позволяют с помощью статистических (регрессионных) зависимостей находить искомое свойство по ряду других, с ним взаимосвязанных. Физики почв любят говорить: «Педотрансферные функции превращают данные, которые у нас есть, в данные, которые нам нужны».

Итак, задача формулируется следующим образом: создан банк данных для территории по определяемым в полевых условиях свойствам почв (плотность, сопротивление пенетрации, водопроницаемость и др.). Необходимо с помощью ГИС построить карту неизвестного, трудноопределяемого параметра, например, запасов влаги при диапазоне доступной влаги в корнеобитаемой толще.

Решение этой задачи можно разбить на несколько этапов.

Первый – необходимо выбрать 8-12 точек на исследуемом ландшафте по возможности с наиболее контрастными физическими свойствами. Если на участке есть почвы, заметно различающиеся по гранулометрическому составу (на несколько градаций: глина – суглинок – песок), то лучше эти группы почв выделить в самостоятельные выборки. Основой для составления такого набора точек должна быть почвенная карта. В зависимости от площади исследования и его сложности (комплексности почвенного покрова) на участке

располагаются 8-10 ключевых разрезов, в которых исследуются основные физические свойства почв.

Второй — в этих точках необходимо определить как традиционные для почвенно-физического обследования свойства (плотность, сопротивление пенетрации, водопроницаемость и возможные иные экспрессно определяемые свойства), так и искомые свойства (*НВ* и *ВЗ*). В результате получается массив из 8-12 пространственно сопряженных свойств: *НВ*, *ВЗ*, плотности, сопротивления пенетрации, водопроницаемости соответствующих слоев почвы. Этот массив помещается в табличном виде в среду EXCEL или STATISTICA.

Третий — с помощью процедуры множественного линейного регрессионного анализа находятся уравнения связи между традиционными свойствами (плотность, сопротивление пенетрации, водопроницаемость) и трудноопределяемыми необходимыми агрофизическими свойствами (в примере — *НВ*, *ВЗ*). В результате получаются уравнения связи, в которых в виде функции выступает трудноопределяемое свойство, а в виде аргументов — традиционные агрофизические свойства. С помощью этих уравнений можно рассчитать, или, как говорят, «восстановить» значение искомого свойства по известным. Это уравнение и носит название педотрансферной функции (ПТФ).

Четвертый этап — по полученным педотрансферным функциям рассчитывают трудноопределяемые свойства для всего массива по известным традиционным свойствам. Получается пространственно распределенный массив данных по трудноопределяемому свойству, с которым поступают по описанной процедуре: помещают в ГИС, рисуют карты изоплет и выделяют на картах участки с неблагоприятными/оптимальными диапазонами рассматриваемых свойств.

В качестве примера получения и анализа агрофизической информации в ГИС-технологиях рассмотрим построение карты запасов продуктивной влаги на участке комплекса серых лесных почв Владимирского ополья (опытное поле Владимирского НИИСХ). Для этого на исследуемом поле по равномерной сетке с шагом 21 м были заложены 62 разреза глубиной до 60 см. В каждом разрезе на глубинах 0, 10, 20, 30, 40 и 60 см определялись плотность почвы, сопротивление пенетрации, водопроницаемость, а в лаборатории — плотность твердой фазы, содержание органического углерода. Кроме того, на контрастных по морфологическому описанию почвенных разностях, но относящихся к суглинистым почвам (от легкого до тяжелого суглинков), было выделено 10 точек, в которых также определялась величина *НВ* методом залива малых площадей. По этим 10 наблюдательным разрезам на основе процедуры множественного регрессионного анализа были получены уравнения, связывающие величину *НВ* с другими свойствами почв (плотностью почвы, водопроницаемостью, содержанием углерода). Оказалось, что уравнение связи величины *НВ* (в долях от абсолютно сухой массы почвы) для исследуемой территории выглядит следующим образом (по данным В. Г. Тымбаева):

$$HB = 0,073 - 0,046\rho_b + 0,025c + 0,059\rho_s, \quad (2.38)$$

где  $\rho_b$  — плотность почвы;

$\rho_s$  — плотность твердой фазы, г/см<sup>3</sup>;

$c$  — содержание углерода, %.

Это уравнение имело множественный коэффициент корреляции 0,58 и высокую его достоверность по критерию Фишера ( $c$  с уровнем значимости  $<0,05$ ). Кроме статистического исследования достоверности коэффициентов и значимости, это уравнение необходимо исследовать и экспертно на основании известных фактов и взаимосвязей в физике почв. Действительно, и увеличение органического вещества в почве, и плотность твердой фазы повышают влагосодержание при  $HB$ , а увеличение плотности эту величину снижает. Это отражено в знаках приведенного уравнения. Следовательно, оно удовлетворяет известным взаимосвязям физических свойств почв и используется как ПТФ для определения величины  $HB$  и в оставшихся 42 точках исследуемого массива. Например, если в какой-либо точке получены значения плотности почвы 1,4 г/см<sup>3</sup>, содержания углерода 1,2 и 2,65 г/см<sup>3</sup> — плотности твердой фазы, то в этой точке величина  $HB$  составит  $0,073 - 0,046 \cdot 1,4 + 0,025 \cdot 1,2 + 0,059 \cdot 2,65 = 0,195$ , или 19,5% к массе почвы. Полученный массив данных для исследуемой площади позволяет привлечь аппарат ГИС для прорисовки изоплет  $HB$ , а при соответствующем определении  $B3$  и диапазона доступной влаги — для всех исследуемых слоев. На рис. 2.10 приведен пример изоплет диапазона доступной влаги для слоев 10-15 и 30-35 см рассмотренного опытного поля. На нем четко выделяются районы с высоким диапазоном доступной влаги, а также с низкими его значениями.

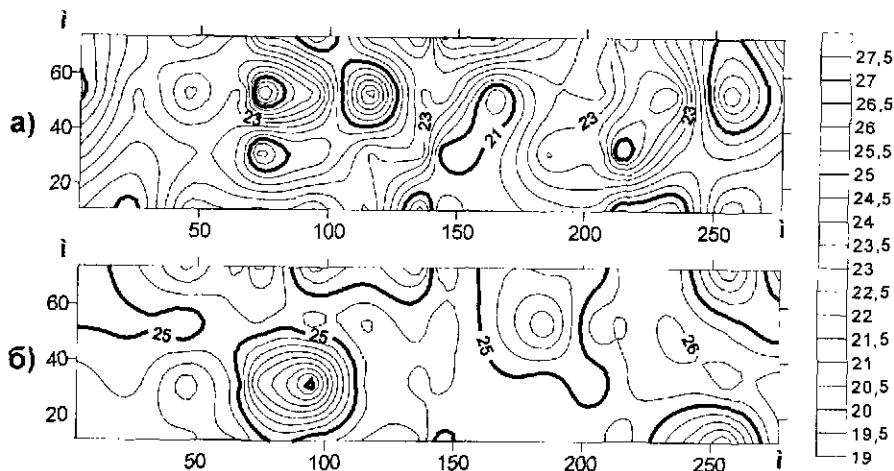


Рис. 2.10. Изоплеты пространственного изменения варьирования запасов влаги, соответствующих диапазону доступной влаги, мм водного слоя: а — в слое 10-15 см; б — в слое 30-35 см (участок ВНИИСХ). Области с изоплетой  $>25$  мм — оптимальный диапазон,  $<21$  мм — неудовлетворительный (по данным В. Г. Тымбаева)

На этой карте пространственного распределения диапазона доступной влаги выделяются зоны наиболее вероятного иссушения почв, т.е. зоны с низкими запасами влаги при диапазоне доступной влаги ( $<21$  мм водного слоя), а также зоны с наиболее высокими запасами ( $>25$  мм).

Рассмотрим пример исследования пространственного распределения плотности почвы на участке светло-каштанового солонцового комплекса (Волгоградская область, Ергенинская возвышенность). На территории 200 га ( $2 \times 1$  км) были заложены 12 ключей на основных элементах рельефа: на плакорном участке со светло-каштановой почвой (3 разреза), на склонах со светло-каштановой солонцеватой почвой (4 разреза), солонцами на склонах балки (3 разреза) и солончаками по днищу балки (2 разреза). В этих точках были изучены послойно плотность почвы, водопроницаемость, сопротивление пенетрации в естественном состоянии и после определения водопроницаемости при влажности, равной НВ. Были получены соответствующие ПТФ, позволяющие по сопротивлению пенетрации восстанавливать плотность почвы. Затем по сетке с шагом 200 м были определены сопротивления пенетрации и рассчитана плотность почвы.

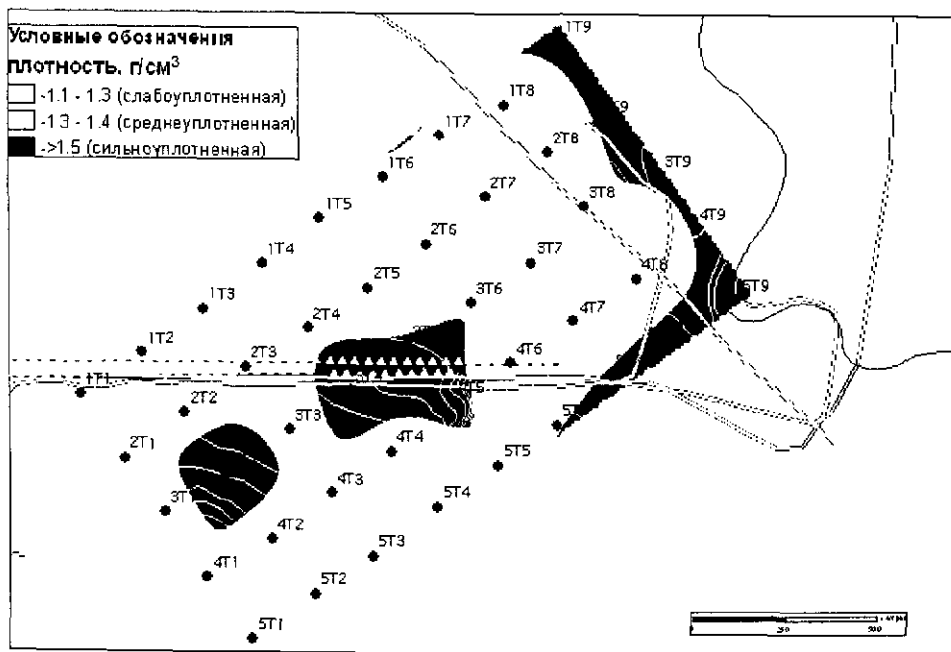


Рис. 2.11. Картограмма медианных значений плотности светло-каштановой почвы в классификации Бондарева (1985 г.)

На картограмме (рис. 2.11) отражены медианные значения плотности почвы. На ней отчетливо выделяются зоны сильного переуплотнения ( $>1,5$  г/см<sup>3</sup>). Они в основном охватывают часть склона вблизи реки и дорог, что связано с антропогенным воздействием и более сильно выраженными процессами осолонцевания. При этом переуплотнение идет по всему профилю

практически с поверхности. Также выделяются зоны, связанные с эрозионными процессами, — смытые почвы в нижней части балки имеют высокую плотность, а в более пологой ложбине отмечаются намытость почв и соответственно более низкая плотность. Для остальной территории плотность светло-каштановых почв составляет 1,3-1,4 г/см<sup>3</sup>.

### 2.4.1.3. Химические и физико-химические свойства почв

**Органическое вещество почв.** Содержание и запасы органического вещества в почвах традиционно служат основными критериями оценки почвенного плодородия, а в последние годы все больше рассматриваются и с точки зрения экологической устойчивости почв как компонента биосферы.

Органическое вещество в целом и отдельные его группы разносторонне влияют на агрономические свойства и режимы почв. Органическое вещество почв в большой мере определяет пищевой режим почв, их физические и физико-химические свойства, особенно поглотительную способность, буферность, структурное состояние, влагоемкость и др.

Гумусовое состояние почв принято характеризовать содержанием гумуса в пахотном слое, запасами в слое 0-100 см, отношением C:N, т.е. обогащенностью азотом, и отношением углерода гуминовых кислот к углероду фульвокислот, в соответствии с которым определяется тип гумуса (табл. 2.42). Оценка содержания гумуса в почвах дифференцирована в зональном аспекте. Для подзолистых и дерново-подзолистых почв выделяются следующие виды по содержанию гумуса в пахотном горизонте: слабогумусированные — менее 0,5%, малогумусированные — 0,5-1,5, среднегумусированные — 1,5-2,5, повышегумусированные — 2,5-3,5, многогумусные — более 3,5%. Для черноземов и других темноцветных почв выделяются виды: слабогумусированные — менее 3%, малогумусированные — 3-5, среднегумусированные — 5-7, многогумусные — 7-9, тучные — более 9%.

### 2.42. Показатели гумусового состояния почв

Признак	Уровень признака	Пределы значений
Запасы гумуса в слое 0-100 см	Очень высокие	>600
	Высокие	400-600
	Средние	200-400
	Низкие	100-200
	Очень низкие	<100
Обогащенность азотом, C:N	Очень высокая	<5
	Высокая	5-8
	Средняя	8-11
	Низкая	11-14
	Очень низкая	>14
Тип гумуса, C <sub>г.к.</sub> : C <sub>ф.к.</sub>	Гуматный	>2
	Фульватно-гуматный	2-1
	Гуматно-фульватный	1-0,5

Между содержанием гумуса в почвах и урожайностью сельскохозяйственных культур имеется определенная связь, особенно в экстенсивном земледелии при очень ограниченном применении удобрений, когда почвенный гумус служит единственным (или основным) источником тех или иных элементов минерального питания растений. В этом случае, например, для черноземов, коэффициент корреляции между урожайностью сельскохозяйственных культур и содержанием гумуса составляет 0,75-0,9.

По мере интенсификации земледелия эта связь значительно усложняется. При оптимальной обеспеченности влагой, минеральными элементами питания, благоприятном соотношении механических элементов и глинистых минералов она часто не проявляется или выражена слабо. В засушливых условиях зависимость продуктивности почв от их гумусового состояния проявляется сильнее, поскольку с повышением содержания гумуса возрастает влагоемкость почв, и соответственно растут запасы продуктивной влаги, уменьшается испарение, т.е. улучшается водный режим.

При высоком уровне интенсификации земледелия влияние органического вещества почвы на урожайность проявляется через сложные системные взаимодействия, которые обуславливают, в частности, разрешающую способность почвы по отношению к усиливающейся химизации. В связи с этим наряду с физико-химическими аспектами на первый план выходят биологический и экологический, особенно для преодоления большой пестицидной нагрузки. Весьма важны также энергетический и экономический аспекты поскольку затраты механической энергии на обработку почвы в большой мере определяются гумусовым состоянием.

Наиболее целесообразным подходом к выявлению агрономической ценности гумуса и его составляющих можно считать разделение всех органических соединений почвы на две большие части: группу консервативных, устойчивых веществ и группу лабильных соединений.

Первая группа объединяет специфические гумусовые вещества, которые характеризуют типовые признаки почв и перечисленные их физико-химические и физические характеристики. Эти вещества участвуют в питании растений в малой степени, но создают для них благоприятную среду.

Положительная агрономическая роль консервативных составляющих почвенного гумуса наиболее наглядно проявляется в экстремальных ситуациях: в засушливые периоды, при химическом загрязнении почв. Поэтому наиболее устойчивым оказывается земледелие на почвах с высоким содержанием гумуса.

Вторая группа органических веществ почвы, лабильные компоненты которой непосредственно участвуют в питании сельскохозяйственных растений, формирует водпрочную структуру почвы, служит энергетическим материалом для микроорганизмов, проявляется в агрономическом отношении более отчетливо. По компонентному составу она подразделяется на легкоразлагаемое органическое вещество (ЛОВ) и лабильные гумусовые вещества (ЛГВ). К легкоразлагаемому органическому веществу от-

посятся неразложившиеся остатки растительного и животного происхождения, детрит и органические удобрения. Лабильные гумусовые вещества включают в себя неспецифические органические соединения разнообразной природы, прогуминовые и новообразованные гумусовые вещества, а также гумусовые вещества, непрочные связанные с минеральной частью почвы.

Дефицит лабильных форм органического вещества в почвах определяет состояние так называемой выпашности, т.е. резкое ухудшение питательного режима и структурного состояния. Поэтому первоочередное значение приобретают мероприятия, направленные на поддержание в почве определенного количества лабильного органического вещества.

Нормативы оптимального содержания лабильного органического вещества в почвах при различном их использовании должны разрабатываться зональными научными учреждениями.

**Емкость катионного обмена** является одной из интегральных агрономических и экологических характеристик почв. Емкостью катионного обмена в значительной степени обусловлена буферность почв. С ней связывается устойчивость почв к антропогенным воздействиям, в частности, к химическому загрязнению. По возрастающей степени устойчивости к антропогенному воздействию почвы разделяются на пять групп: с ЕКО менее 10 мг-экв на 100 г почвы, 10-20, 21-30, 31-40 и более 41 мг-экв на 100 г почвы.

В оценке **состава обменных катионов** наибольшее значение имеют ионы  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{H}^+$ ,  $\text{Al}^{3+}$ . Первые три относят к обменным основаниям. Водород и алюминий обуславливают гидролитическую кислотность, поглощенный натрий и повышенное количество магния — солонцеватость почв. Состав обменных катионов во многом определяет физические свойства почв.

**Кислотно-основное состояние** обуславливает многие особенности поведения элементов в почве, с ним связаны режимы органического вещества и элементов минерального питания, подвижность соединений (в том числе токсичных для растений). Реакция почвенного раствора оказывает и прямое действие на культуры.

Негативное влияние повышенной кислотности на растения проявляется через недостаток кальция, повышенную концентрацию токсичных для растений ионов  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{H}^+$ , изменение доступности для растений элементов питания, ухудшение физических свойств почвы, снижение ее биологической активности. В кислых почвах увеличивается растворимость соединений Fe, Mn, Al, B, Cu, Zn, избыток которых отрицательно влияет на растения. Высокая кислотность снижает доступность молибдена. Усвояемость фосфора максимальна при pH 6,5, в более кислой и более щелочной среде она снижается. Кислая среда ухудшает азотный режим почвы, угнетая процессы аммонификации, нитрификации, азотфиксации. Для этих процессов оптимум pH лежит в интервале 6,5-8. Особо негативную роль в кислых почвах играет алюминий. При pH 4 содержание алюминия в почвенных растворах достигает токсичных концентраций для большинства растений, в то время как пита-

тельные растворы с рН 4 не имеют такого действия. Близкие эффекты при низких рН оказывает марганец.

На щелочных почвах ухудшается фосфатный режим, возникает дефицит некоторых микроэлементов (Zn, Fe, Mn, Cu). При высокой щелочности возрастает растворимость гумусовых веществ и ухудшаются физические свойства почв. Сильнощелочная реакция не благоприятна для большинства растений.

*Реакция почвенного раствора* определяется потенциометрически в водной или солевой вытяжке. Различают почвы: очень сильнокислые (рН<sub>соль</sub> менее 4), сильнокислые (4,1-4,5), среднекислые (4,6-5), слабокислые (5,1-5,5), нейтральные (5,6-7,4), слабощелочные (рН<sub>пол</sub> 7,5-8,5), сильнощелочные (8,6-10), резкощелочные (10,1-12). Оптимальные значения рН для разных культур зависят от содержания гумуса, гранулометрического состава, обеспеченности растений элементами минерального питания.

*Потенциальная кислотность* обусловлена ионами водорода и алюминия, находящимися в обменно-поглощенном состоянии в ППК. В зависимости от способа определения подразделяется на обменную (вытеснение H<sup>+</sup> и Al<sup>3+</sup> нейтральными солями) и гидролитическую (вытеснение гидролитически щелочными солями) кислотность. Значение гидролитической кислотности используется при расчете доз мелиорантов.

Степень насыщенности почвы основаниями (процент обменных катионов от ЕКО) используется при оценке потребности в известковании.

*Актуальная щелочность* обусловлена наличием в почвенном растворе гидролитически щелочных солей (иона ОН<sup>-</sup>). В зависимости от источника ОН<sup>-</sup> различают щелочность от нормальных карбонатов, гидрокарбонатов и общую (суммарную), которые отличаются по граничным значениям рН, определяются титрованием в присутствии соответствующих индикаторов и выражаются в мг-экв на 100 г почвы.

Потенциальная щелочность обнаруживается у почв, содержащих обменно-поглощенный натрий, который, переходя в почвенный раствор и взаимодействуя с угольной кислотой, образует соду.

**Карбонатность почв.** В карбонатных почвах содержится повышенное количество Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup> и HCO<sup>3-</sup> в почвенном растворе, что определяет их слабощелочную реакцию. В этих почвах быстрее осуществляется минерализация органического вещества и высвобождается азот в минеральных формах.

Фосфаты, железо, марганец, тяжелые металлы здесь менее доступны, чем в кислых почвах. Присутствие в почвенных растворах большого количества кальция вследствие антагонизма катионов может затруднить усвоение некоторых элементов питания, создавая их недостаток для растений. Дефицит усвояемого железа в карбонатных почвах может вызвать хлороз растений.

При оценке карбонатности почв, на которых выращивают виноград, важно учитывать содержание подвижных или активных карбонатов, а также активность ионов кальция. В практике виноградарства разработаны шкалы ус-



тойчивости подвоев винограда к хлорозу, вызываемому повышенным содержанием активных карбонатов.

А. Т. Цуриковым предложена следующая классификация почв по обеспеченности кальцием, основанная на величине отрицательного логарифма активности ионов кальция ( $pCa$ ):  $pCa$  менее 1,8 — избыточная, 1,8-2 — высокая, 2,0-2,2 — повышенная, 2,2-2,4 — средняя, 2,4-2,6 — низкая. Проявление карбонатности зависит от гидротермического режима почв. В условиях промытого водного режима повышенная карбонатность почв способствует усилению аккумулятивных почвообразовательных процессов и ослаблению элювиальных, оптимизации гумусового состояния, физико-химических и физических свойств. При недостатке влаги повышенная карбонатность приводит к ухудшению этих характеристик.

**Засоленность почв** оценивается по глубине, химизму и степени.

По глубине залегания верхней границы солевого горизонта засоленные почвы разделяются на солончаковые (соли в слое 0-30 см), солончаковатые (30-80 см), глубокосолончаковатые (80-150 см), глубокозасоленные (глубже 150-200 см), потенциально засоленные (200-300 см).

Химизм и степень засоления определяются согласно принятым методикам по соотношению анионов (табл. 2.43).

### 2.43. Классификация почв по типу и степени засоления [88]

Химизм засоления (по соотношению процентного содержания анионов)	Степень засоления (по сумме солей, %)				
	нет	слабая	средняя	сильная	очень сильная (солончаки)
Хлоридный: $Cl^-$ 2,5 $SO_4^{2-}$	Менее 0,03	0,03-0,1	0,1-0,3	0,3-0,6	Более 0,6
Сульфатно-хлоридный: $Cl^- = (2,5...1,0)$ $SO_4^{2-}$	Менее 0,05	0,05-0,12	0,12-0,35	0,35-0,7	Более 0,7
Хлоридно-сульфатный: $Cl^- = (1,0...0,3)$ $SO_4^{2-}$	Менее 0,1	0,1-0,25	0,25-0,5	0,5-0,9	Более 0,9
Сульфатный: $Cl^-$ 0,3 $SO_4^{2-}$	Менее 0,15	0,15-0,3	0,3-0,6	0,6-1,4	Более 1,4
Содово-хлоридный, хлоридно-содовый: $HCO_3^- > Ca + Mg$ (экв), $Cl^- > SO_4^{2-}$	Менее 0,1	0,1-0,15	0,15-0,3	0,3-0,5	Более 0,5
Содово-сульфатный, сульфатно-содовый: $HCO_3^- > Ca + Mg$ (экв), $Cl^-$ $SO_4^{2-}$	Менее 0,15	0,15-0,25	0,25-0,35	0,35-0,6	Более 0,6
Сульфатно- (хлоридно-) гидрокарбонатный щелочно-земельный: $HCO_3^- > SO_4^{2-}$ ( $Cl^-$ )	Менее 0,15	0,15-0,3	0,3-0,5	Не встречаются	

Оценка степени засоления проводится на основе обобщения данных урожайности средисолеустойчивых сельскохозяйственных культур при различном содержании солей (табл. 2.44.).

#### 2.44. Степень засоления почв и урожайность среднеустойчивых к засолению растений, % устойчивой на незасоленных почвах

Степень засоления почв	Состояние растений	Урожай
Незасоленные	Хорошее	100
Слабозасоленные	Слабоугнетенное	80
Среднезасоленные	Среднеугнетенное	50
Сильнозасоленные	Сильноугнетенное	30
Очень сильнозасоленные	Очень сильноугнетенное или полная гибель	0-10

**Солонцеватость почв.** Согласно современной классификации [116] солонцы делятся на три типа: автоморфные (степные), полугидроморфные (лугово-степные) и гидроморфные (луговые) с подразделением на подтипы — черноземные степные, черноземные лугово-степные, черноземные луговые, каштановые степные, каштановые лугово-степные, каштановые луговые, бурые полупустынные, бурые лугово-полупустынные.

В соответствии с условиями засоления почвенного профиля солонцы подразделяются на роды по глубине залегания водорастворимых солей, по химизму засоления и степени засоления в соответствии с рассмотренной классификацией засоленных почв. Кроме того, выделяют роды солонцов по глубине залегания карбонатов и гипса: высококарбонатные — до 40-45 см, глубококарбонатные — ниже 40-45, высокогипсовые — до 40-45, глубокогипсовые — ниже 40-45 см.

По мощности надсолонцового горизонта А солонцы делят на виды: корковые — менее 5 см, мелкие — 5-10, средние — 10-18, глубокие — более 18 см.

По содержанию обменного натрия в горизонте В солонцы разделяются в соответствии с принятой классификацией на остаточнo-натриевые — до 10% от емкости обмена, малонатриевые — 10-25, средненатриевые — 25-40, многонатриевые — более 40% (табл. 2.45). Более правильным было бы границу между мало- и средненатриевыми солонцами установить на уровне содержания обменного натрия 20% от емкости обмена, поскольку это один из рубежей, в общих чертах определяющих качественные скачки в проявлении физико-химической солонцеватости. Наиболее высоким содержанием обменного натрия и паихудшими агрономическими свойствами отличаются содовые солонцы, приуроченные, главным образом, к полугидроморфным и гидроморфным типам и наиболее распространенные в лесостепной зоне.

Наряду с солонцами широкое распространение в лесостепной, степной и полупустынной зонах имеют солонцеватые почвы (черноземы, каштановые, бурые пустынно-степные, лугово-степные и луговые почвы). Они характеризуются наличием иллювиальных горизонтов различной выраженности и засолением с той или иной глубины.

Разделение этих почв по степени солонцеватости проводят с учетом их гумусированности: высокогумусные (черноземы, лугово-черноземные, черноземно-луговые и др.) и малогумусные (малогумусные черноземы, каштановые, бурые почвы).

### 2.45. Классификация почв по относительному содержанию в ППК обменного натрия, % от ЕКО

Почвы	Виды по относительному содержанию Na <sup>+</sup>			
	несолонцеватые	слабосолонцеватые	среднесолонцеватые	сильносолонцеватые
Высокогумусные — черноземы, лугово-черноземные, черноземно-луговые и др.	До 5	5-10	10-15	15-20
Малогумусные — бурые, каштановые, малогумусные южные черноземы	До 3	3-5	5-10	10-15
Солонцы	Остаточные — до 10	Малонатриевые — 10-20	Средненатриевые — 20-40	Многонатриевые — более 40

Для почв первой группы установлены следующие градации: несолонцеватые — до 5% обменного натрия от емкости поглощения, слабосолонцеватые — 5-10%, среднесолонцеватые — 10-15 и сильносолонцеватые — 15-20%; для почв второй группы: несолонцеватые — до 3% обменного натрия, слабосолонцеватые — 3-5, среднесолонцеватые — 5...-10, сильносолонцеватые — 10-15%.

**Обеспеченность почв элементами минерального питания.** Оценка обеспеченности ЭМП проводится с использованием общепринятых методик для различных типов почв (табл. 2.46-2.48).

### 2.46. Обеспеченность почв легкогидролизуемым азотом на 100 г почвы, мг

Оценка обеспеченности	pH менее 5			pH 5-6			pH более 6		
	З*	К	О	З	К	О	З	К	О
Очень низкая	< 4	< 5	< 6	< 3	< 4	< 5	< 3	< 4	< 5
Низкая	4-5	5-7	6-10	3-4	4-6	5-8	3-4	4-5	5-7
Средняя	5-7	7-10	10-14	4-6	6-8	8-12	4-5	5-7	7-10
Высокая	> 7	> 10	> 14	> 6	> 8	> 12	> 5	> 7	> 10

\* Для культур: З — зерновых, К — картофеля и кормовых корнеплодов, О — овощных.

### 2.47. Обеспеченность почв обменным калием на 100 г почвы, мг

Оценка обеспеченности	По Кирсанову	По Масло-вой	По Чирикову	По Эгнеру — Рнму	По Ония-ни	По Мачигу
Очень низкая	< 4	< 5	< 2	—	< 20	< 5
Низкая	4-8	5-10	2-4	< 7	20-30	5-10
Средняя	8-12	10-15	4-8	7-14	30-40	10-20
Повышенная	12-17	15-20	8-12	> 14	—	20-30
Высокая	17-20	20-30	12-18	—	> 40	30-40
Очень высокая	> 20	> 30	> 18	—	—	> 40

О потенциальной обеспеченности растений азотом судят по содержанию его легкогидролизуемых форм, нитрификационной способности почвы. Фактическую обеспеченность устанавливают по запасам в почве нитратного, нитритного и аммонийного азота. На их основе, а также сведений о накоплении азота за счет текущей минерализации и поступления с удобрениями рассчитывается обеспеченность посевов азотом.

Валовое содержание калия в почвах может составлять 2 % и более, доля обменного калия — чаще менее 5% от валового.

#### 2.48. Обеспеченность почв подвижными фосфатами на 100 г почвы, мг

Оценка обеспеченности	Культуры		
	зерновые и зернобобовые	кормовые корнеплоды, картофель	овощные, технические
<i>Вытяжка Кирсанова</i>			
Очень низкая	< 3	< 8	< 15
Низкая	3-8	8-15	15-20
Средняя	8-15	15-20	20-30
Высокая	> 15	> 20	> 30
<i>Вытяжка Чирикова</i>			
Очень низкая	< 2	< 5	< 10
Низкая	2-5	5-10	10-15
Средняя	5-10	10-15	15-20
Высокая	> 10	> 15	> 20
<i>Вытяжка Труога</i>			
Очень низкая	< 3	< 7	< 12
Низкая	3-7	7-12	12-18
Средняя	7-12	12-18	18-25
Высокая	> 12	> 18	> 25
<i>Вытяжки Арениуса и Ониани</i>			
Оценка обеспеченности	Зерновые, чай	Кормовые корнеплоды	Овощные
Очень низкая	< 8	< 15	< 30
Низкая	8-15	15-30	30-45
Средняя	15-30	30-45	45-60
Высокая	> 30	> 45	> 60
<i>Вытяжка Сачигина</i>			
Оценка обеспеченности	Зерновые, хлопчатник	Кормовые корнеплоды, картофель	Овощные, технические культуры
Очень низкая	< 1	< 1,5	< 3,0
Низкая	1-1,5	1,5-3,0	3,0-4,5
Средняя	1,5-3	3,0-4,5	4,5-6,0
Высокая	> 3	> 4,5	> 6,0

Оценки, характеризующие фактор емкости фосфатного питания растений, должны дополняться оценками фактора интенсивности (по Скофилду или Карпинскому и Замятиной), для чего применяется вытяжка 0,01 М  $\text{CaCl}_2$ , имитирующая почвенные растворы (табл. 2.49).

Современные технологии возделывания культур определяют возрастающую потребность в микроудобрениях, эффективное применение которых может быть достигнуто лишь при учете содержания в почвах подвижных форм микроэлементов. В табл. 2.50. приведены данные об обеспеченности почв разных природных зон подвижными формами микроэлементов.

#### 2.49. Оптимальные уровни обеспеченности фосфором и калием дерново-подзолистых почв по различным показателям [13]

Севооборот	Почва *	Горизонт	
		пахотный	подпахотный
<i>Содержание подвижного <math>\text{P}_2\text{O}_5</math> по Кирсанову на 100 г почвы, мг</i>			
С преобладанием зерновых, трав, льна	С	20-30	15-25
	У/М	15-25	10-15
	П/М	10-15	8-10
С кормовыми корнеплодами, кукурузой, овощами	С	25-35	20-30
	У/М	20-30	12-15
	П/М	15-20	8-10
<i>Концентрация <math>\text{P}_2\text{O}_5</math> в вытяжке 0,01 М <math>\text{CaCl}_2</math>, мг/л</i>			
С преобладанием зерновых, трав, льна	С		
	У/М	0,2-0,4	0,1-0,15
С кормовыми корнеплодами, кукурузой, овощами	П/М		
		0,5-0,6	0,15-0,2
<i>Содержание подвижного <math>\text{K}_2\text{O}</math> на 100 г почвы, мг</i>			
С преобладанием зерновых, трав, льна	С	20-30	10-20
	У/М	17-23	10-15
	П/М	10-15	8-12
С кормовыми корнеплодами, кукурузой, овощами	С	25-35	10-20
	У/М	20-25	10-15
	П/М	14-20	8-12
<i>Подвижные формы <math>\text{K}_2\text{O}</math>, % ЕКО</i>			
	С	4,0-5	—
	У/М	3,5-4	—
	П/М	3-3,5	—

\* Почвы: С — суглинистые, У/М — супесчаные, подстилаемые мореной, П/М — песчаные и рыхлопесчаные, подстилаемые мореной.

### 2.50. Обеспеченность почв подвижными формами микроэлементов на 1 кг почвы (по Б. А. Ягодину и И. В. Верниченко), мг

Микро-элемент	Вытяжка	Обеспеченность				
		очень бедная	бедная	средняя	богатая	очень богатая
<i>Таежно-лесная зона</i>						
B	H <sub>2</sub> O	< 0,2	0,2-0,4	0,4-0,7	0,7-1,1	> 1,1
Cu	1,0 н HCl	< 0,9	0,9-2,1	2,1-4,0	4-6,6	> 6,6
Mo	Оксалатная	< 0,08	0,08-0,14	0,14-0,3	0,3-0,46	> 0,46
Mn	0,1 н H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	< 1,0	1-25	25-60	60-100	> 100
Co	1,0 н HNO <sub>3</sub>	< 0,4	0,4-1	1-2,3	2,3-5	> 5
Zn	1,0 KCl	< 0,2	0,2-0,8	0,8-2	2-4	> 4
<i>Лесостепная и степная зоны</i>						
B	H <sub>2</sub> O	< 0,2	0,2-0,4	0,4-0,8	0,8-1,2	> 1,2
Cu	1,0 н HCl	< 1,4	1,4-3	3-4,4	4,4-5,6	> 5,6
Mo	Оксалатная	< 0,1	0,1-0,23	0,23-0,38	0,38-0,55	> 0,55
Mn	0,1 н H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	< 25	25-55	55-90,0	90-170	> 170
Co	1,0 н HNO <sub>3</sub>	< 1	1-1,8	1,9-2,9	2,9-3,6	> 3,6
Zn	1,0 KCl	< 0,15	0,15-0,3	0,3-1	1-2	> 2
	Ацетатно-аммонийная	< 4	4-6	6-8,8	> 8,8	-
<i>Сухостепная и полупустынная зоны</i>						
B	1,0 н HNO <sub>3</sub>	< 0,4	0,4-1,2	1,2-1,7	1,7-4,5	> 4,5
Cu	По Гюльяхмедову	< 1,0	1-1,8	1,8-3,0	3-6	> 6
Co	«	< 0,05	0,05-0,15	0,15-0,5	0,5-1,2	> 1,2
Mn	«	< 6,6	6,6-12	12-30,-	30-90	> 90
Co	«	< 0,6	0,6-1,3	1,3-2,4	> 2,4	-
Zn	«	< 0,3	0,3-1,3	1,3-4	4-16,4	> 16,4

#### 2.4.1.4. Биогенность и биологическая активность почвы

Эти показатели характеризуют совокупную деятельность разнообразных популяций микрофлоры, микро- и мезофауны, которые отличаются по своему таксономическому положению и экологическим функциям. Они играют ключевую роль в процессах почвообразования, круговорота веществ и самоочищении почвы.

Биологические свойства почвы оцениваются по биогенности и биологической активности. Число регистрируемых показателей биологических реакций весьма велико, а их чувствительность к природным и антропогенным факторам очень высока, что позволяет использовать их в качестве индикаторов техногенного загрязнения почвы.

Биогенность почвы определяется путем прямого подсчета численности микроорганизмов, микроводорослей, микро- и мезофауны. Различные физиологические и таксономические группы бактерий, грибов и актиномицетов учитываются путем посева почвенных образцов на селективные питательные среды. Для определения биомассы микроорганизмов в почве широко

используют фумигационный, физиологический (субстрат-индуцированный) и регидратационный методы.

Оценка биологической активности проводится по интегральным показателям, среди которых наибольшее распространение получили методы определения «дыхания почвы» по интенсивности выделения  $\text{CO}_2$ , нитрификационной способности, азотфиксирующей и целлюлозоразлагающей активности.

Для характеристики биохимических процессов трансформации органического вещества определяют активность ферментов в почве. Они включают в себя главным образом, оксидоредуктазы (дегидрогеназа, полифенолоксидаза, пероксидаза, каталаза, нитратредуктаза) и гидролазы (инвертаза, амилаза, целлюлаза, уреазы, протеазы, фосфатазы).

В экологическом плане почвенная биота является составной частью наземных экосистем и потому к ней применимы экологические подходы оценки состояния биологической составляющей, среди которых ключевое место занимают характеристика таксономического и функционального разнообразия микроорганизмов, микро- и мезофауны. Чем выше разнообразие, тем выше устойчивость системы. Важно иметь представление о качественном составе микроорганизмов, что позволяет оценить фитосанитарное состояние почвы и выявить причины такого феномена, как почвоутомление. Однако использование этих показателей для мониторинга почвы ограничивается слабой разработкой экспресс-методов идентификации вида микроорганизмов.

К сожалению, до настоящего времени не существует устоявшейся общепризнанной унифицированной системы оценки биологических свойств почвы, на основе которой можно было бы составить некую шкалу, подобно той, которая существует для оценки физических и химических свойств почвы. Хотя необходимость создания такой системы признается большинством специалистов. Имеются попытки систематизировать накопившийся в этом плане материал, примером чему является ориентировочная шкала сравнительной оценки активности ферментов в почве, приведенная в табл. 2.51. Следует отметить, что в отличие от физических свойств, которые для соответствующего типа почвы имеют постоянную величину на значительном отрезке времени, биологические показатели являются крайне вариабельными и существенно изменяются в течение вегетационного периода в зависимости от поступления в почву энергетического материала, количества и качества питательных веществ, температуры, водно-воздушного режима, растительного покрова, удобрений, химических мелиорантов, пестицидов и т.д. Поэтому особое внимание следует обратить на время и методы отбора почвенных образцов, способов их хранения и подготовки к анализу.

Для общей агроэкологической оценки предпочтительнее отбирать образцы почвы весной до начала агротехнических мероприятий, когда почва находится в состоянии так называемой «физической спелости», а биологическая система в положении гомеостаза, который характерен для данного типа почвы и соответствующей системы земледелия. Решающее значение в поддержании гомеостаза почвы имеют элементарные почвенно-биологические процессы (ЭНБП), отражающие различные этапы превращения органического

вещества и преобразования минерального скелета почвы. Исходя из представлений об элементарных почвенных биологических процессах и учитывая развитие современной методической базы, а также накопленного за многие годы экспериментального материала, в настоящее время для оценки биологических свойств почвы следует отдать предпочтение интегральным показателям, включающим в себя биомассу органотрофных микроорганизмов, микрородорослей, микро- и мезофауны, «дыхание» почвы», нитрификационную способность, целлюлозоразлагающую и азотфиксирующую активность. Учитывая множество модификаций определения этих показателей, необходима жесткая унификация методов их анализа.

### 2.51. Шкала для оценки степени обогащенности почв ферментами (по Д. Г. Звягинцеву)

Фермент	Очень бедная	Бедная	Средняя	Богатая	Очень богатая
Каталаза, $O_2$ , см <sup>3</sup> /г/1 мин	<1	1-3	3-10	10-30	>30
Дегидрогеназа, мг ТФФ на 10 г/24 ч	<1	1-3	3-10	10-30	>30
Инвертаза, мг глюкозы на 1 г/24 ч	<5	5-15	15-50	50-150	>150
Уреаза, мг $NH_3$ на 10 г/24 ч	<3	3-10	10-30	30-100	>100
Фосфатаза, мг $P_2O_5$ на 10 г/ч	<0,5	0,5-1,5	1,5-5	5-15	>15

К числу нетрадиционных методов анализа результатов почвенных микробиологических процессов следует отнести метод математических графов, который отражает схему потоков деструкции и синтеза веществ и связь величин этих потоков с численностью основных трофических и таксономических групп микроорганизмов: аммонификаторов, амилитических, педотрофов, нитрификаторов, денитрификаторов, азотфиксаторов, целлюлозолитических микроорганизмов, микромицетов и актиномицетов. Используя этот метод, можно оценить направленность процессов разложения-синтеза органического вещества в почве.

#### 2.4.1.5. Окультуренность почв

Под окультуриванием почв следует понимать преобразование их свойств в соответствии с агроэкологическими требованиями конкретной культуры или группы культур. Окультуривание связано с созданием качественно нового типа биологического круговорота веществ с более высокой емкостью и интенсивностью. В такой редакции данное понятие распространяется на почвы, свойства которых существенно отличаются от оптимальных в указанном смысле. Это касается, прежде всего, дерново-подзолистых почв, применительно к которым разработаны диагностические признаки окультуренности и классификация [88]. Эти почвы разделяют на две группы: А — развитые на глинистых и суглинистых материнских породах, Б — развитые на песчаных и супесчаных породах. При определении окультуренности рассматриваются интенсивность использования и фактический уровень технологии возделывания культур, физические, физико-химические и физико-механи-



ческие свойства, содержание и состав гумуса, мощность пахотного горизонта, обеспеченность элементами минерального питания, гранулометрический состав.

По степени окультуренности почвы группы А делятся на три категории: освоенные, окультуренные и сильноокультуренные (культурные).

К *освоенным* относятся почвы, вовлеченные в активный сельскохозяйственный оборот и используемые при низком уровне агротехники, малых дозах органических и минеральных удобрений, недостаточном известковании или без него. Пашня, как правило, имеет пестроокрашенную пятнистую поверхность, на которой часто образуется корка. Мощность пахотного слоя 15-20 см, содержание гумуса в нем 1,5-2,5%, отношение  $C_{\text{гк}} : C_{\text{фк}}$  0,5-0,7. Глубже пахотного слоя содержание гумуса резко снижается. Емкость поглощения катионов около 10-12 мг-экв на 100 г, реакция кислая (рН 4,3-4,7), реже слабокислая, гидролитическая кислотность более 5 мг-экв на 100 г, насыщенность основаниями чаще всего 30-60%. Обеспеченность подвижным фосфором низкая (3-10 мг на 100 г), обменным калием низкая и средняя (10-20 мг на 100 г). Содержание легкогидролизуемого азота 2-4 мг на 100 г, нитрификационная способность 2-3 мг N-NO<sub>3</sub> на 100 г.

Плотность сложения пахотного слоя 1,3-1,4 г/см<sup>3</sup>, общая пористость менее 45%. Нижележащие горизонты сохраняют свойства целинных почв.

*Окультуренные* дерново-подзолистые почвы формируются в условиях высокой агротехники (соблюдение севооборотов, регулярное внесение органических и минеральных удобрений, известкование, хотя и не всегда достаточное). Довольно отчетливо сохраняются признаки подзолистого типа почвообразования, но черты дернового процесса выражены сильнее, чем в целинных почвах.

На распаханной поверхности окультуренных почв в отличие от освоенных пятнистость выражена нерезко.

Мощность пахотного слоя 20-25 см, содержание гумуса в нем 2-3,5%, редко выше. В составе гумуса возрастает доля гуминовых кислот, отношение  $C_{\text{гк}} : C_{\text{фк}}$  колеблется в основном в пределах 0,6-0,8. Емкость поглощения катионов 12-18 мг-экв на 100 г, рН<sub>сол</sub> 5-5,5, гидролитическая кислотность 3-5 мг-экв на 100 г, насыщенность основаниями 60-80%. Обеспеченность подвижным фосфором 10-25, обменным калием — 10-22 мг на 100 г. Содержание легкогидролизуемого азота 4-6 мг на 100 г, нитрификационная способность 3-4 мг N-NO<sub>3</sub> на 100 г.

Плотность сложения пахотного слоя 1,2-1,3 г/см<sup>3</sup>, общая пористость 45-50%.

Подзолистый горизонт А<sub>2</sub> (нередко отсутствует) заметно изменен по сравнению с целинным аналогом. Верхняя его часть, примыкающая к пахотному горизонту, прокрашена гумусом и испещрена мелкими пятнами органического вещества. Характерный для подзолистых почв минимум емкости поглощения в окультуренных почвах сохраняется, но заметно возрастает абсолютная величина как общей емкости поглощения, так и суммы обменных оснований.

Горизонт В при залегании под  $A_2$  или  $A_2B$  сохраняет все свойства горизонта В целинных почв. Однако при залегании непосредственно под пахотным горизонтом наблюдается заметная его трансформация, что проявляется в потемнении окраски верхней части, обилии ходов червей.

Дерново-подзолистые *культурные* (высококультурные) почвы формируются в условиях длительного и интенсивного окультуривания. При регулярном внесении больших количеств навоза и систематическом известковании почвы, как правило, утрачивают морфологический облик подзолистого типа. На поверхности распаханых высококультурных почв пятнистость почти незаметна.

Эти почвы характеризуются достаточно мощным пахотным слоем (25-30 см) с содержанием гумуса 3-5% и повышенной долей гуминовых кислот ( $C_{ГК} : C_{ФК}$  1,1-1,3). Емкость поглощения катионов 20-25 мг-экв на 100 г,  $pH_{св}$  5,5-6,5, гидролитическая кислотность 1,5-2 мг-экв на 100 г, степень насыщенности основаниями более 80%. Обеспеченность подвижным фосфором и калием соответственно 25-30 и 22-25 мг на 100 г. Содержание легкогидролизуемого азота 6-10 мг на 100 г, нитрификационная способность 4-5 мг  $N-NO_3$  на 100 г.

Плотность сложения пахотного слоя 1,1-1,2 г/см<sup>3</sup>, общая пористость 50-55%.

В профиле высококультурных почв горизонт  $A_2$  в большинстве случаев отсутствует, а если имеется, то малой мощности (3-5 см) и сильно трансформированный, испещренный мелкими гнездышками гумусированного вещества. Количество гумуса в нем 0,5-1%. Заметно трансформирован также горизонт  $B_1$ : он прокрашен гумусом, испещрен ходами червей, мелкими гнездами гумусированного вещества. Горизонты  $B_2$  и  $BC$  не изменены.

Распространение культурных дерново-подзолистых почв ограничивается преимущественно огородными, приусадебными участками.

Дерново-подзолистые почвы группы Б, развитые на песчаных и супесчаных породах, по степени окультуренности делятся на два подтипа: освоенные и окультуренные.

*Освоенные* почвы характеризуются маломощным пахотным слоем 15-20 см. Количество гумуса варьирует от 0,3 до 2%. При этом резкие изменения в содержании гумуса, происходящие на незначительных расстояниях, характерны для песчаных почв, в супесчаных освоенных почвах оно колеблется в пределах 1,3-2%. В групповом составе гумуса преобладают фульвокислоты ( $C_{ГК} : C_{ФК}$  составляет 0,4-0,5). Емкость поглощения катионов и сумма обменных оснований песчаных почв очень низкие — соответственно 3-7 и 0,8-4 мг-экв на 100 г. В супесчаных почвах емкость поглощения возрастает до 4-10 мг-экв на 100 г, а величина суммы обменных оснований приобретает большую стабильность и в среднем несколько возрастает, достигая 2-4 мг-экв на 100 г.

Реакция кислая (pH 4-5), степень насыщенности основаниями 20-50%. Содержание подвижных форм фосфора и калия 5-15 мг на 100 г.

Физические свойства освоенных и целинных песчаных и супесчаных почв близки.

*Окультуренные* почвы этой группы характеризуются более мощным пахотным слоем (20-25 см и более). Количество гумуса по сравнению с его содержанием в освоенных почвах возрастает и выравнивается: в песчаных почвах оно варьирует в пределах 1,5-2%, а в супесчаных увеличивается до 2,5-3%. В групповом составе гумуса преобладают фульвокислоты, но в значительно меньшей степени, чем в освоенных ( $C_{гк} : C_{фк}$  0,6-0,9). Емкость поглощения составляет 6...12 мг на 100 г, рН<sub>сол</sub> 5,5-6. Сумма обменных оснований не ниже 3-4 (в супесчаных почвах 7-10) мг-экв на 100 г. Степень насыщенности основаниями 50-70%. Обеспеченность подвижным фосфором возрастает до 20-30, обменным калием — до 10-15 мг на 100 г.

#### 2.4.1.6. Оценка эрозионной опасности и эродированности почв

Эрозионная опасность и эродированность почв являются сложными характеристиками, складывающимися из нескольких показателей.

С увеличением степени эродированности ухудшаются агрономические свойства почв (табл. 2.52). В результате эрозии снижается содержание гумуса, вследствие чего повышается плотность почвы, снижаются пористость, влагоемкость, водопроницаемость, запасы продуктивной влаги, уменьшается биологическая активность. С ухудшением физических свойств еще более возрастает подверженность эрозии.

#### 2.52. Влияние степени смытости почв на изменение их свойств относительно несмытых почв [108]

Свойства и показатели	Почвы		
	слабосмытые	среднесмытые	сильносмытые
Содержание гумуса	0,95-0,75	0,75-0,50	0,5-0,30
Объемная масса (плотность)	1,03-1,06	1,05-1,12	1,1-1,23
Влажность завядания	0,98-0,96	0,9-0,85	0,75-0,65
Пористость (по Заславскому)	1-0,95	0,96-0,90	0,8-0,75
Пояная влагоемкость (по Заславскому)	0,98-0,95	0,95-0,80	0,8-0,70
Водопроницаемость (по Черемисинову)	-	0,72-0,64	0,49-0,43
Средняя урожайность:			
зерна	1-0,8	0,8-0,6	0,6-0,3
зеленой массы	1-0,90	0,9-0,70	0,65-0,45
Гидрологическая характеристика:			
впитывание воды	0,85-0,75	0,7-0,60	0,6-0,50
мутность потока	1,1-1,2	1,2-1,4	1,4-1,6
смываемость	1,3-1,5	1,8-2,2	2,5-3,0

Диагностика почв по степени эродированности (как смытости, так и дефлированности) осуществляется по уровню потери гумуса, отчуждения верхнего гумусового горизонта в соответствии с методиками, разработанными для различных типов и подтипов почв.

При оценке эродированности почв определяются:

- факторы, обуславливающие эрозию (климатические, геоморфологические, почвенные условия, растительный покров и использование);
- тип эрозии (водная, ветровая, смешанная);
- форма проявления (плоскостные или линейные формы);
- степень фактической эродированности (слабая, средняя, сильная);
- история использования участка;
- период наибольшей интенсивности эрозионных процессов в течение года;
- фактическая интенсивность эрозии (по величине твердого стока).

Оценка эрозионной опасности проводится на основе совокупного анализа метеорологических, геоморфологических, почвенных условий, растительного покрова и фактического использования почв (табл. 2.53.).

При этом устанавливаются:

- факторы, обуславливающие эрозионоопасность;
- тип потенциальной эрозии (водная, ветровая, смешанная);
- возможная форма проявления (плоскостные или линейные формы);
- история использования участка;
- потенциальная среднегодовая и максимальная величина смываемого (выдуваемого) слоя.

### 2.53. Показатели потенциальной опасности проявления эрозии [145]

Фактор	Показатели эрозии	
	водной	ветровой
1	2	3
Метеорологические условия	Большое среднегодовое количество осадков при неравномерном их распределении в течение года и месяцев, ливневые осадки и сильные дожди. Большая мощность снегового покрова. Быстрое снеготаяние. Высокие показатели стока талых вод. Большой слой осадков за один дождь в сутки. Ливни в период плохой защищенности почвы растительным покровом. Высокие показатели стока дождевых вод	Континентальность климата. Активный ветровой режим: высокая повторяемость и скорость ветра от 3-5 м/с у поверхности почвы, турбулентность, вихри, пыльные бури. Небольшое количество среднегодовых осадков с резкими колебаниями по годам и сезонам, отсутствие или малое выпадение осадков в периоды, когда почва не защищена растительностью. Частые повторяемость бесснежных и малоснежных зим, промерзание и оттаивание почвы, пересушивание поверхности
Рельеф	Глубокие местные базисы эрозии. Собирающие водосборы. Высокая расчлененность территории оврагами и промоинами, средневысеченные крутизна и длина склонов, доля южных склонов. Выпуклые профили склонов. Линейные формы микро- и макро-рельефа ориентированы вдоль склона	Равнинность территории, отсутствие орографических препятствий для воздушных потоков; наличие форм рельефа, ориентированных в направлении движения ветров (ветровые «коридоры»); большая доля ветроударных склонов и понижений мезорельефа, увеличивающих вихревые и турбулентные явления

Продолжение табл. 2.53

1	2	3
Почвенный покров	Почвы со слабой противозерозионной устойчивостью; с низким содержанием крупных водопрочных агрегатов и микроагрегатов, низкой влагоемкостью и водопроницаемостью, высокой влажностью при промерзании. Высокий средневзвешенный показатель смывости почвенного покрова	Высокое содержание в почве механических элементов размером 0,1-0,5 мм; легкий гранулометрический состав почв; сравнительно высокая карбонатность верхнего горизонта глинистых и суглинистых почв; пониженное содержание гумуса и уменьшенная мощность гумусового слоя; низкое содержание и малая прочность (связность) структурных элементов; песчаные и высококарбонатные рыхлые почвообразующие породы; наличие на территории или в непосредственной близости незакрепленных песков
Растительность и использование	Высокая доля обрабатываемых земель на склонах. Разреженный и угнетенный растительный покров пастбищ, большая выбитость их скотом. Высокая доля пропашных культур и малая — многолетних трав в севооборотах, размещаемых на склонах. Низкое проективное покрытие почв культурами в эрозионноопасные периоды. Низкая биомасса культурных растений на склонах. Отсутствие противозерозионных мелиораций	Разреженный и угнетенный растительный покров естественных кормовых угодий, большая выбитость их скотом, отсутствие лесополос и лесных массивов; давность освоения; высокая доля обрабатываемых легких и карбонатных почв; высокая доля пропашных культур и низкая — многолетних трав в севооборотах; изреженные и поврежденные ветровой эрозией посевы. Отсутствие системы почвозащитных мероприятий

#### 2.4.1.7. Диагностика гидроморфизма почв и оценка степени заболоченности

Определяющим фактором возникновения гидроморфных почв является переувлажнение. *Под переувлажнением почв следует понимать такое их состояние, которое наступает при влажности выше предельной полевой влагоемкости.* При этом возможно возникновение трех принципиально различных ситуаций.

Во-первых, переувлажнение может происходить в аэробных условиях. Например, если в почвах мало содержание органического вещества или они переувлажнены водами, обогащенными кислородом, то в этих случаях возможны изменения физико-механических свойств почв, например, набухание или усадка, однако морфологические и химические свойства останутся стабильными. Почва или порода не несут признаков изменения морфологии. Они переувлажнены, но негидроморфны.

Во-вторых, переувлажнение пресными водами возможно в присутствии органического вещества, способного к сбраживанию. Тогда оно сопровождается интенсивным анаэробно-гнилостным процессом, в результате которого изменяются не только физико-механические, но и химические свойства твердой фазы. В анаэробных ус-

ловиях переходят в подвижное состояние железо, марганец, кальций, магний, алюминий, фосфор, другие элементы и соединения. Следствием этого является изменение морфологических, минералогических, физических и других свойств почв и пород. Таким образом, только в этом весьма распространенном случае переувлажнение почв сопровождается адекватными изменениями их морфологии. *Такие почвы и являются собственно гидроморфными. Они не только переувлажнены (кратковременно, длительно или постоянно), но и обладают вполне очевидными признаками гидрологического воздействия на минеральный субстрат в анаэробных условиях.*

В-третьих, возникновение переувлажнения и формирование признаков почвенного гидроморфизма могут происходить под влиянием близко залегающих к дневной поверхности ожелезненных грунтовых вод. Результатом этого является возникновение в горизонтах почвенного профиля гидрогенных железистых (гидроксидных) аккумуляций. Этот процесс гидрогенной аккумуляции оксидов осуществляется при наличии органического вещества, способного к сбраживанию.

Признаки почвенного гидроморфизма весьма разнообразны. К ним следует относить:

холодную (синеватую, сизую, голубовато-сизую, белесовато-серую) окраску оглеения горизонтов почвенного профиля и кутан;

черную окраску сульфидных горизонтов;

конкреционные и неконкреционные новообразования железистого и марганцово-железистого составов;

торфяные горизонты;

аккумуляции грубого гумуса и перегноя.

Выделяют три группы и шесть степеней гидроморфизма почв:

автоморфные:

собственно автоморфные;

автоморфные оглеенные внизу или на контакте с породой.

Полугидроморфные (периодически испытывающие анаэробнозис):

слабоглееватые;

глееватые;

глеевые (с отчетливо выраженным глеевым горизонтом).

Гидроморфные (постоянно переувлажненные):

болотные.

К автоморфным относят почвы, никогда не испытывающие переувлажнения, приводящего к состоянию анаэробнозиса в гумусовом горизонте, к полугидроморфным — испытывающие анаэробнозис периодически, к гидроморфным — постоянно переувлажненные.

Если капиллярная кайма постоянно находится в пределах почвенного профиля, то такие почвы в лесостепной, степной и пустынной зонах называются луговыми (черноземно-луговыми, солонцами луговыми и т.д.). Если капиллярная кайма периодически заходит в пределы почвенного профиля, то почвы относят к лугово-степным (лугово-черноземным, лугово-каштановым, солонцам лугово-степным и т.д.). Если этого не происходит никогда, то почвы относят к автоморфным (солонцы степные и т.д.) при отсутствии допол-

нительного поверхностного увлажнения. С известной степенью вероятности принято считать, что первой категории соответствует глубина залегания грунтовых вод менее 3 м, второй — 3-6, третьей — глубже 6 м. Более точная диагностика осуществляется с учетом высоты капиллярного поднятия грунтовых вод, которая определяется многими факторами (гранулометрический и минералогический состав почвогрунтов, их структурно-текстурные особенности, состав водного раствора и др.). Больше всего мощность капиллярной каймы зависит от гранулометрического состава, поскольку в первую очередь он определяет размер и характер пор. Высота капиллярного поднятия в среднезернистых песках составляет 20-40 см, мелкозернистых 40-100, супесях она возрастает до 100-150, суглинках — до 300-400 см.

Присутствие признаков переувлажнения далеко не всегда свидетельствует о негативном влиянии переувлажнения на продуктивность сельскохозяйственных культур. Существуют почвы, несущие четкие признаки гидроморфизма и вместе с тем обладающие вполне благоприятными условиями для роста и развития растений, получения близких или более высоких урожаев по сравнению с автоморфными почвами. Поэтому из общей группы полугидроморфных почв необходимо выделять *заболоченные почвы, т.е. такие, в которых застой влаги любого происхождения столь продолжителен, что вызывает угнетение или гибель сельскохозяйственных растений*. В этом случае необходимы специальные меры по их использованию, подбор культур, регулирование водного режима с помощью мелиоративных, агро-мелиоративных и других мероприятий:

естественные, видовой состав — преимущественно влаголюбивые злаковые травы. На водоразделах — лисохвост, тимофеевка, единично — щучка, клевер бслый и другие устойчивые к переувлажнению компоненты, в поймах — канареечник, бекмания, вейник;

улучшенные, видовой состав — преимущественно влаголюбивые злаковые травы, подсеянные при поверхностном улучшении естественного сенокоса. В центре Нечерноземной зоны на водораздельных участках — преимущественно тимофеевка, в поймах — тимофеевка, бекмания, канареечник;

культурные сенокосы, на которых можно возделывать посевы злаковых и бобовых трав. В центре Нечерноземной зоны — обычно культура травосмеси клевера и тимофеевки или чистые посевы клевера (клевер красный и розовый). Бобовые на таких сенокосах не испытывают угнетения от переувлажнения.

Целесообразность применения мелиоративных мероприятий определяется эколого-экономическими условиями. Такую оценку можно осуществить с помощью индекса степени заболоченности по Ф. Р. Зайдельману (ИСЗ). Индекс степени заболоченности — показатель целесообразности осушения почв в годы расчетной влажности и возможности их сельскохозяйственного использования без осушения (табл. 2.54). Так, если почва имеет ИСЗ 1, то ее осушение целесообразно только для садовых семечковых деревьев. Если ИСЗ 4, то осушение необходимо для садов, озимых зерновых, картофеля и пастбищ. Но во влажные годы здесь возможно без осушения возделывание всех яровых зерновых, овощных культур, льна, сенокосное использование.

**2.54. Индекс степени заболоченности (ИСЗ) минеральных почв Европейской территории Нечерноземной зоны и целесообразность их осушения при сельскохозяйственном использовании**

Индекс степени заболоченности почв	Целесообразность осушения
0	Нецелесообразно при любом использовании
1	Только для садов
2	Для садов и (или) озимых (в поймах - для садов и теплолюбивых пропашных)
3	Для садов, озимых зерновых, картофеля
4	Для садов, озимых зерновых, картофеля и пастбищ
5	Для садов, всех зерновых, картофеля, пастбищ
6	Для садов, всех зерновых, картофеля, овошных, льна, пастбищ, культурных сенокосов
7	Для садов, всех зерновых, картофеля, овошных, льна, пастбищ, культурных сенокосов
8	При любом использовании, кроме улучшенных сенокосов**
9	При любом использовании, кроме естественных сенокосов**

\* Садовые семечковые деревья с глубокой корневой системой.

\*\* Различают три вида сенокосов:

Важно хотя бы ориентировочно оценить экологический эффект от осушения. Для такого расчета предложена следующая несложная методика. По ИСЗ почв конкретной почвенной разновидности (табл. 2.55) определяют конкретный поправочный коэффициент на урожайность. Затем, зная урожайность на незаболоченных почвах, можно, умножив ее абсолютную величину на поправочный коэффициент, установить урожайность, которую можно ожидать на неосушенных почвах, обладающих данным ИСЗ (табл. 2.56).

**2.55. Поправочные коэффициенты на урожайность культур в зависимости от индекса степени заболоченности почв\***

Индекс степени заболоченности	Зерновые культуры	Пропашные культуры с картофелем	Однолетние и многолетние травы
0	1,00	1,00	1,00
1	1,05	1,00	1,20
2	0,95	0,95	1,00
3	0,90	0,85	1,00
4	0,90	0,80	0,95
5	0,85	0,70	0,95
6	0,75	0,60	0,90
7	0,45	0,30	0,80
8	0,30	0,15	0,55
9	0,15	0,10	0,30

\* Таблица подготовлена М. Е. Гинзбургом, с учетом урожайности культур в годы разной влажности (сухие, средние, влажные).



**2.56. Индексы степени заболоченности дерново-подзолистых и болотно-подзолистых почв, развитых на различных породах, для европейской территории Нечерноземной зоны, разработанные для влажного года с расчетной (10 %) обеспеченностью осадками [48]**

Почвообразующая порода	Почвы				
	неоглеенные	глубокооглеенные	слабоглееватые	глееватые	глеевые
Мощные флювиогляциальные пески и супеси	0	0	-	3	7
Флювиогляциальные двучлены:					
среднемощные	0	0	2	6	9
маломощные	0	6	-	8	9
Покровные лессовидные отложения:					
легко- и среднесуглинистые	0	0	4	5	7
тяжелосуглинистые и глинистые	0	1	-	7	9
Тяжелые глины	2	-	6	8	9

#### 2.4.2. Почвенные режимы

**Водный режим.** В зависимости от условий поступления влаги в почву, ее передвижения и расхода установлены 14 типов водного режима [166].

**Мерзлотный** тип водного режима свойственен почвам, формирующимся в условиях многолетней мерзлоты. Мерзлотный слой, являясь водоупором, обуславливает развитие надмерзлотной верховодки, поэтому влажность оттаявшей почвы в течение большей части вегетационного периода поддерживается в интервале от полной до наименьшей влагоемкости.

**Водонасыщающий (водозастойный)** режим характерен для болотных почв атмосферного и некоторых почв грунтового увлажнения. Влажность почвы сохраняется в течение всего года в пределах полной влагоемкости, лишь в засушливые периоды опускаясь до НВ.

**Периодически водонасыщающий** режим характерен для болотных почв грунтового увлажнения. В соответствии с сезонными колебаниями УГВ влажность почвы варьирует от ПВ до НВ, а в отдельные годы возможно просыхание верхнего горизонта ниже НВ.

**Промывной** водный режим присущ почвам лесной зоны, где годовая сумма осадков превышает испаряемость. В годовом цикле влагооборота нисходящие токи преобладают над восходящими. Ежегодно весной и осенью почва подвергается сквозному промачиванию до грунтовых вод, что приводит к интенсивному выщелачиванию продуктов почвообразования.

**Периодически промывной** водный режим имеет место при близости годовых величин осадков и испаряемости (лесостепь). Для него характерно чередование ограниченного промачивания почвенно-грунтовой толщи (непромывные условия) в обычные и засушливые годы и сквозное промачивание — во влажные годы (1 раз в 10-15 лет).

*Промывной сезонно-сухой* режим характеризуется наличием двух контрастных сезонов: дождливого с влажностью почвы от ПВ до НВ и засушливого с влажностью почвы от ВРК до ВЗ. Характерен для тропических влажных саванн.

*Непромывной* водный режим господствует в условиях степей, где годовая норма осадков меньше испаряемости. Почвенная толща чаще всего промачивается в пределах 0,5-2 м. В верхней части почвенного профиля влажность колеблется в зависимости от выпадения осадков от ПВ до ВЗ, а в нижней она находится между ВРК и ВЗ в течение всего года.

*Аридный (сухой)* водный режим присущ почвам полупустынь и пустынь. На протяжении всего года влажность почвы близка к влажности завядания (или ниже). Спорадически верхние горизонты могут увлажняться.

*Выпотной* режим появляется в степной и особенно в полупустынной и пустынной зонах при близком залегании грунтовых вод. В таких условиях происходят интенсивное поднятие влаги по капиллярам от грунтовых вод к верхним горизонтам почвы и ее испарение. При наличии в воде солей эти горизонты засоляются.

*Десуктивно-выпотной* режим отличается от предыдущего тем, что капиллярная кайма грунтовых вод не выходит на поверхность и не испаряется физически, а отсасывается корнями растений. Имеющиеся в воде соли выпотевают на некоторой глубине. Режим свойственен луговым почвам.

*Паводковый* водный режим характерен для почв, периодически затопливаемых речными, склоновыми, дождевыми или иными водами. В таких условиях периодическое паводковое затопление сменяется другим типом водного режима: промывным (прирусловая пойма), десуктивно-выпотным (центральная пойма), водозастойным (притеррасная пойма).

*Амфибиальный* режим формируется при постоянном или длительном затоплении почв водой (мелководья озер, речные плавни и т.д.). Почва постоянно переувлажнена, хотя поверхностные воды могут на время стекать.

*Ирригационный* водный режим создается при искусственном орошении. Включает большое разнообразие категорий в зависимости от типа и интенсивности орошения, глубины и сезонных колебаний грунтовых вод, наличия и характера искусственного дренажа.

*Осушительный* водный режим складывается на искусственно осушаемых заболоченных почвах. Его конкретный вид также определяется характером дренажа и регулирования.

**Оценка влагообеспеченности** проводится по параметрам: запасы продуктивной влаги в слое 0-100 см весной и в слое 0-20 см перед посевом озимых (табл. 2.57).

**Температурный режим почв.** При оценке его учитываются: фациальный подтип почвы, среднегодовая температура почвы, сумма температур выше 10°C на глубине 0,2 м, дата промерзания и оттаивания, длительность мерзлого состояния, глубина промерзания, даты перехода среднесуточных температур почвы на глубинах 10 и 20 см через +5, +10°C.

## 2.57. Оценка запасов продуктивной влаги [17]

Мощность слоя почвы, см	Запасы воды, мм	Качественная оценка запасов воды
0-20	Более 40	Хорошие
	40-20	Удовлетворительные
	Менее 20	Неудовлетворительные
0-100	Более 160	Очень хорошие
	160-130	Хорошие
	130-90	Удовлетворительные
	90-60	Плохие
	Менее 60	Очень плохие

В качестве базовой характеристики теплофизических свойств используется карта температуропроводности почвы при сухом состоянии (рис. 2.12). Для ее создания применяется передаточная функция, связывающая температуропроводность с гранулометрическим составом с учетом плотности почвы и содержания гумуса.

Затем определяется температуропроводность при определенных гидрологических константах [109]. В суглинистых почвах максимум температуропроводности соответствует ВРК (влажности разрыва капиллярных связей). В более дисперсных, глинистых почвах, где ВРК не выражена, максимум температуропроводности приближен к ВЗ (влажности завядания). В супесчаных почвах он наблюдается при НВ (наименьшей влагоемкости).

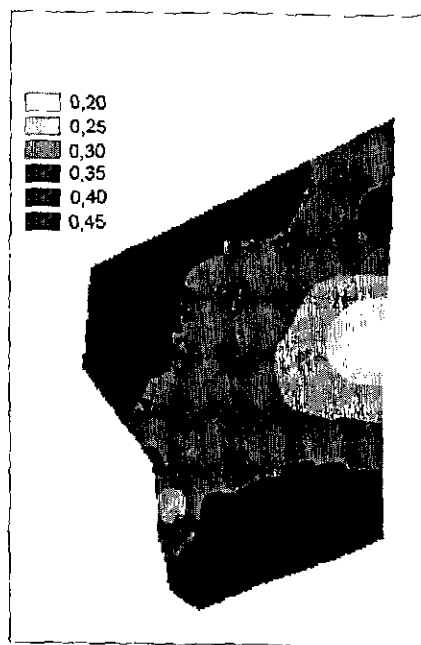


Рис. 2.12. Температуропроводность ( $10^6 \text{ м}^2/\text{С}$ ) участка серой лесной почвы на глубине 0,2 м (в абсолютно сухом состоянии), Владимирский НИИ сельского хозяйства

Приуроченность экстремальных значений температуропроводности к различным, зависящим от гранулометрического состава гидроконстантам во многом определяется характером и степенью обводненности почвенных пор. В этом отношении почвы, имеющие разный гранулометрический состав, существенно отличаются. Так, в поровом пространстве суглинистых почв преобладают мелкие поры (менее 3 мкм), на долю которых приходится до 51% от общей порозности, а на долю средних (3-60 мкм) и крупных (более 60 мкм) пор — соответственно 29 и 20% объема общей порозности. При таком характере почвенной порозности хорошо выражена гидроконстанта, называемая ВРК, приближающаяся к 0,7 НВ.

При ВРК в суглинистых почвах обводнено около 44% общей порозности, а вся влага удерживается только в системе мелких пор, что обуславливает пленочно-связанное состояние почвенной влаги и ее активное участие в кондуктивной теплопередаче. В то же время 56% общей порозности, или 30% объема почвы, представленной системой крупных и средних пор, не обводнено при ВРК, что обеспечивает благоприятные условия для термодиффузионного передвижения молекул парообразной влаги. Таким образом, при влажности, равной ВРК, в суглинистых почвах создаются наилучшие условия для комбинированного переноса тепла. Очевидно, в суглинках такая степень увлажнения характеризует не только состояние разрыва капиллярных связей в почве, но и состояние восстановления диффузной связи в ее поровом пространстве.

Супесчаные почвы имеют свои особенности. Так, в них преобладают крупные и средние поры, составляющие до 70% общей порозности, что обуславливает дискретное состояние почвенной влаги во всем интервале естественного увлажнения почвы. При НВ в них обводнено всего 45% порового пространства, а крупные поры и большая часть средних заняты воздухом. Поэтому в супесчаных почвах влага приобретает свойства капиллярно-связанного водного тела, обеспечивающего высокую кондуктивную теплопередачу только при увлажнении, близком к НВ. При этом 55% пор, которые остаются необводненными при НВ и представляют собой газообразную фазу почвы, обеспечивают вполне благоприятные условия для термодиффузии молекул пара и переноса ими тепла. В результате при НВ обеспечивается наилучший комбинированный механизм теплопереноса, т. е. максимум температуропроводности.

В глинистых почвах поровое пространство в основном представлено системой мелких пор, в то время как крупные практически отсутствуют. Это обуславливает смещение максимума температуропроводности к ВЗ.

В песчаных почвах нет мелких и мало средних пор. Наибольшая доля принадлежит макропорам (более 600 мкм), поэтому комбинированный механизм теплопередачи максимально проявляется при высокой степени почвенного увлажнения — капиллярной влагоемкости.

При уточнении показателей температуропроводности в зависимости от увлажнения учитываются и другие особенности различных типов почв: гумусированность, морфологическое строение и т. д. (рис. 2.13).

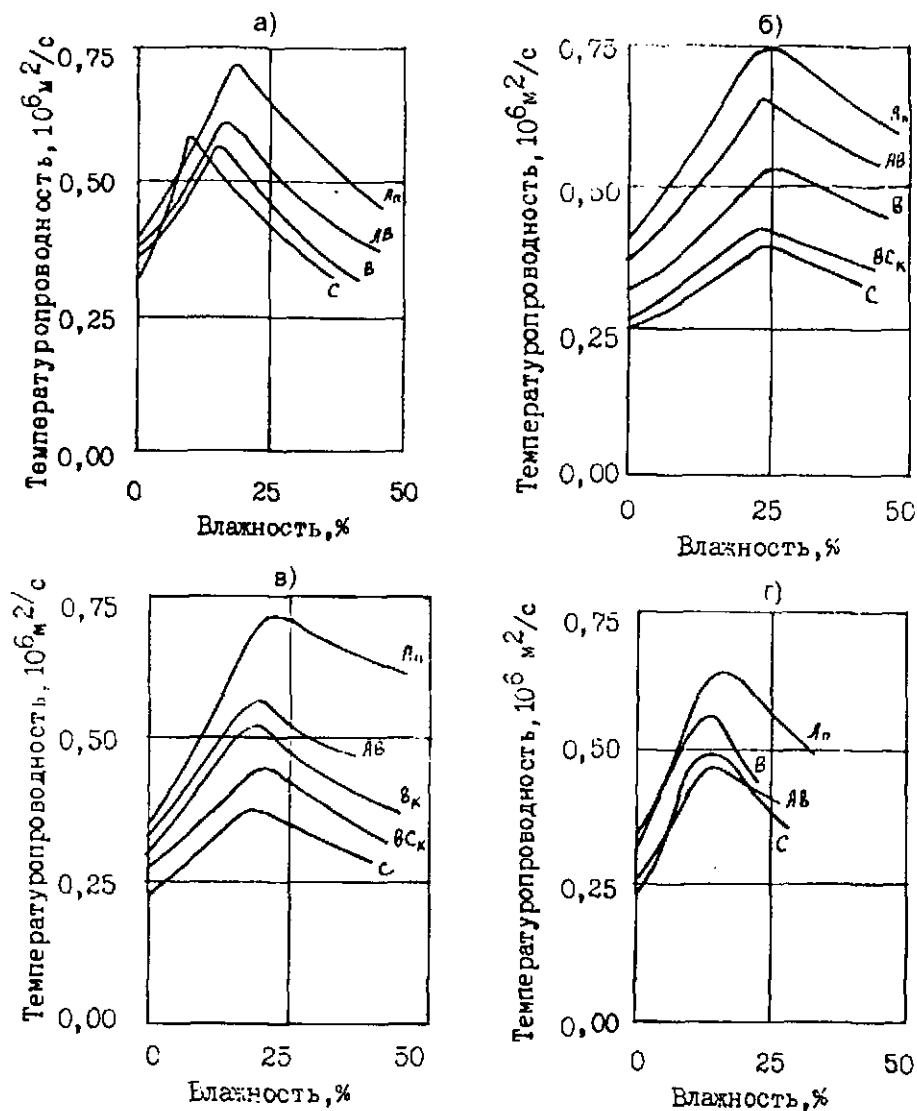


Рис. 2.13. Температуропроводность генетических горизонтов:  
 а — серой лесной почвы, б — выщелоченного чернозема,  
 в — обыкновенного чернозема, г — темно-каштановой почвы

Для перевода картосхем температуропроводности в показатели температурного состояния почвы основываются на учете средних показателей температуры воздуха за пять-десять дней и температуры почвы на глубине 0,2 м в нескольких точках с известными уточненными показателями температуропроводности при соответствующем данному времени гидротермическом состоянии почвы.

Перечисленные показатели позволяют рассчитать коэффициент перевода температуропроводности в коэффициент перевода в температурный режим (К) данного времени по уравнению

$$K = \frac{t_n^0 \cdot 0,2m}{t_a^0 \cdot a}, \quad (2.39)$$

где  $t_n^0$  — температура почвы на глубине 0,2 м;

$t_a^0$  — средняя температура воздуха за пять-десять дней;

$a$  — уточненная температуропроводность.

Расчет температурного режима почвы на отдельных участках поля производится согласно уравнению

$$t_n^0 = t_a^0 \cdot K \cdot a. \quad (2.40)$$

Таким образом, с помощью ГИС-технологий по картам теплофизических характеристик абсолютно сухой почвы и влажности почв в любой момент времени с хорошей степенью достоверности можно рассчитать параметры теплофизического ее состояния, исходя из реально складывающихся в почвенном профиле гидротермических режимов. Это позволит направленно регулировать с помощью агротехнических приемов процессы теплопередачи в почвенном профиле, например, усиление прогревания почвы весной, сокращение потерь тепла осенью, а на орошаемых почвах позволит применять оптимальные поливные нормы, обеспечивающие наилучший тепловой режим и т. д.

**Окислительно-восстановительный режим** оценивается на основе величины и динамики ОВП ( $rH_2$ ). Усредненные показатели, представленные в табл. 3.2.4, различаются для разных почв и культур. Диапазон оптимальных для жизнедеятельности растений  $Eh$  находится в пределах 550-750 мВ для дерново-подзолистых почв, 400-600 — для черноземов, 350-400 мВ — для сероземов.

### 2.58. Агрономическая оценка окислительно-восстановительных условий [59]

Параметр	Оценка		
	благоприятная	неблагоприятная	очень неблагоприятная
Возможное падение $Eh$ ранней весной, мВ	До 450	350-200	Ниже 200
Время развития весеннего анаэробнозиса ( $Eh < 320$ мВ), дни	Не более 5	5-10	Более 10
Возможное падение $Eh$ в течение пяти дней при орошении, мВ	До 450	350-200	Ниже 200

Диапазон восстановительных условий делят на интенсивно-восстановительные (ОВП менее 200 мВ), умеренно-восстановительные (200-300 мВ), слабовосстановительные (300-400 мВ).

Показатель  $gH_2$  (отрицательный логарифм давления молекулярного водорода) характеризует напряженность ОВ процессов в почвах с разным рН: при  $gH_2$  более 27 наблюдается преобладание окислительных процессов, менее 27 — восстановительных, менее 20 характеризует интенсивные восстановительные процессы. В зависимости от соотношения окислительно-восстановительных процессов в годичном цикле различают типы ОВ режима почв: с абсолютным господством окислительных условий (в автоморфных почвах степей, полупустынь и пустынь); преобладающий окислительный с господством окислительных условий с возможным проявлением восстановительных процессов в отдельные влажные годы или сезоны (в автоморфных почвах таежно-лесной зоны, влажных субтропиков, лиственно-лесной и буро-земно-лесной зон); контрастный окислительно-восстановительный режим (в полугидроморфных почвах различных зон); устойчивый восстановительный (в болотных почвах, гидроморфных солончаках).

Система оценки ОВ условий должна включать в себя определение типа ОВ режима, минимальные показатели Eh и  $gH_2$  в корнеобитаемом слое почвы, глубину проявления восстановительных условий, время и длительность периода проявления восстановительных условий, характеристику процессов образования восстановленных форм элементов.

## 2.5. Агроэкологическая оценка земель, загрязненных тяжелыми металлами

**Особенности тяжелых металлов как загрязнителей.** Особую группу загрязняющих веществ составляют тяжелые металлы. Их особенность определяется следующими специфическими свойствами, отличающими их от других загрязнителей:

говоря о тяжелых металлах как о загрязнителях, следует предполагать их концентрацию в пределах техногенных аномалий, вызванных природными или техногенными процессами, в десятки и сотни раз превышающую нормальное среднестатистическое (фоновое) их содержание в незагрязненных ландшафтах. Тяжелые металлы сложно соотносятся с микроэлементами, под которыми подразумеваются элементы, облигатные для растительных и животных организмов (по А. П. Виноградову), содержание которых изменяется величинами  $n \times 10^{-2}$  -  $n \times 10^{-5}$  %. Они необходимы для нормального протекания метаболических процессов в растениях, содержатся в клеточном веществе всех живых организмов. Их недостаток приводит к резкому ухудшению процессов обмена веществ, гибели растений и животных;

тяжелые металлы способны накапливаться в растительности и животных организмах (в том числе в организме человека) до высокотоксичных уровней, вызывая снижение их жизненных функций, а также приводя к гибели;

тяжелые металлы активно включаются в биологический круговорот, что приводит к быстрому (активному) загрязнению важнейших жизнеобеспечи-

вающих природных сред (питьевой воды, воздуха и пищевых продуктов), т.е. обладают высокой технофильностью — показателем интегсивности участия в загрязнении среды обитания человека. К примеру, рассеивание в среде обитания ртути и свинца составляет 80-90% от их годового производства [182];

в отличие от органических загрязняющих веществ тяжелые металлы не подвержены деструкции. В ходе миграции они лишь меняют уровень содержания или формы нахождения. Накапливаясь в почвах, крайне медленно удаляются при выщелачивании, потреблении растениями, эрозии и дефляции. Первый период полужизни (т.е. удаления половины от начальной концентрации) для почв в условиях лизиметра сильно варьирует: для цинка — от 70 до 510 лет, кадмия — от 13 до 1100 лет, меди — от 310 до 1500 лет, свинца — от 740 до 5900 лет [65].

**Сельскохозяйственные источники загрязнения почв тяжелыми металлами.** Среди основных сельскохозяйственных источников поступления тяжелых металлов в почву выделяются орошение сточными водами, применение различных видов органических и минеральных удобрений (табл. 2.59).

**2.59. Сельскохозяйственные источники загрязнения почв тяжелыми металлами, мг/кг сухой массы [65]**

Элемент	Орошение сточными водами	Известняки	Удобрения			Пестициды, %
			фосфатные	азотные	органические	
Cd	2-1500	0,04-0,1	0,1-170	0,05-8,5	0,3-0,8	-
Co	2-260	0,4-3	1-12	5,4-12	0,3-24	-
Cr	20-40600	10-15	66-245	3,2-19	5,2-55	-
Cu	50-3300	2-125	1-300	1-15	2-60	12-50
Hg	0,1-55	0,05	0,01-1,2	0,3-2,9	0,09-0,2	0,8-42
Mn	60-3900	40-1200	40-2000	-	30-550	-
Ni	16-5300	10-20	7-38	7-34	7,8-30	-
Pb	50-3000	20-1250	7-225	2-27	6,6-15	60
Sr	40-360	610	25-500	-	80	-
Zn	90-49000	10-450	50-1450	1-42	15-250	1,3-25

**Нормирование содержания загрязнителей в почве.** Важнейшим условием организации земледелия на загрязненных территориях является детальная, научно обоснованная информация об уровнях загрязнения почв сельскохозяйственных угодий. Необходимое условие установления уровня загрязнения почвенного покрова — система нормирования содержания загрязнителя в почве.

Основы нормирования химических веществ, в том числе тяжелых металлов, в почве базируются на принципе опережения токсических исследований по сравнению с внедрением в народное хозяйство токсичных веществ, приоритетности медицинских и биологических показателей в установлении нормативов по сравнению с другими требованиями (например, экономическими) и концепции пороговости воздействия.

**Порогом воздействия следует называть величину концентрации химического вещества, которая вызывает переход биологического объекта**



*из одного качественного состояния в другое.* Концепция пороговости вызывает ряд возражений и продолжает обсуждаться. Она связана с другой не менее дискуссионной проблемой — нормы и патологии. Однако бесспорным остается тот факт, что повреждения в природной среде развиваются тогда, когда негативные процессы преобладают над позитивными, адаптационные возможности живого организма исчерпаны, а скорость восстановления измененных в результате воздействия ряда функций и структур ниже, чем скорость деструктивных процессов.

Ключевым моментом нормирования (токсикометрии химических веществ) является нахождение максимальных недействующих доз — количества загрязнителя, не вызывающего негативных последствий. В качестве такого показателя для почвенной среды выступает предельно допустимая концентрация (ПДК) вредного вещества в почве. Согласно ГОСТ 17.4.1.03–84 ПДК вредного вещества в почве есть максимальная массовая доля загрязняющего почву вещества, не вызывающая прямого или косвенного влияния, включая отдаленные последствия влияния на окружающую среду и здоровье человека.

Важно отметить, что влияние загрязняющего вещества в природной среде может проявляться в результате прямого воздействия (в случае его наличия в воде или воздухе) или опосредованно (при наличии его в почве). Следовательно, если ПДК вредного вещества в воде и воздухе определяется его пороговым содержанием в той же среде, то для почвы — через сопредельные сферы. Это определяет специфику установления ПДК загрязнителя в почве. Методика установления предельных допустимых концентраций химических веществ в почве, базирующаяся на основных принципах и приемах токсикометрии, заключается в установлении таких концентраций в контактирующих с почвой средах (растениях, воде, воздухе), которые не представляют опасности для здоровья людей и отрицательно не влияют на общесанитарное состояние почвы. С этой целью используются следующие показатели, которые также можно рассматривать как разновидности ПДК:

*общесанитарный*, характеризующий влияние загрязнителя на самоочищающую способность почвы и почвенный микробиоценоз в количествах, не изменяющих эти процессы;

*транслокационный*, характеризующий способность вещества переходить из пахотного слоя почвы через корневую систему растений и накапливаться в зеленой массе и плодах в количествах, не превышающих ПДК для данного вещества в пищевых продуктах;

*миграционно-воздушный*, характеризующий способность вещества переходить из пахотного слоя почвы в атмосферный воздух в количествах, при миграции которых не происходит превышение ПДК для атмосферного воздуха;

*миграционно-водный*, характеризующий способность вещества переходить из пахотного слоя почвы в поверхностные водоисточники в количествах, при миграции которых не происходит превышения величины ПДК для поверхностных водоисточников.

Проводя анализ по каждому показателю вредности, из всех значений выбирают наименьшее, которое берется за базовое, определяющее единое ПДК анализируемого вещества-загрязнителя в почве (табл. 2.60). Принцип выбора наименьшей концентрации по показателю вредности влияния для разных сопредельных сред, определяющий норму ПДК в почве, является ключевым для установления ПДК загрязнителя в почве.

### 2.60. ПДК тяжелых металлов и мышьяка в почвах и допустимые уровни их содержания по показателям вредности [22,194]

Элемент	ПДК на 1 кг почвы с учетом кларка, мг	Показатель вредности		
		транслокационный (накопление в растениях)	миграционный	общесанитарный
<i>Подвижные формы</i>				
Медь	3	3,5	72	3
Никель	4	6,0	14	4
Цинк		23	200	37
Кобальт	5	25	1000	5
Хром	6	-	-	6
<i>Валовое содержание</i>				
Сурьма	4,5	4,5	4,5	50
Марганец	1500	3500		1500
Ванадий	150	170	350	150
Свинец	30	35	260	30
Мышьяк		2	15	10
Ртуть		2,1	33	5

\* Подвижные формы извлекаются из почвы ацетатно-аммонийным буферным раствором с pH 4,8 (медь, цинк, хром, кобальт) и pH 4,6 (никель).

Наряду с ПДК и ВДК в практике применяются ориентировочные допустимые концентрации (ОДК) загрязнителей в почвах с различными физико-химическими свойствами (табл. 2.61).

В ряде случаев в качестве допустимой концентрации используют фоновое содержание загрязнителя в почве.

Критический анализ существующей в настоящее время системы допустимых концентраций тяжелых металлов в почве свидетельствует о необходимости дальнейшего совершенствования методики их определения. Основными направлениями совершенствования являются разработка этих показателей для крупных классификационных групп почв со сходной устойчивостью к загрязнению для различных геохимических ассоциаций почв (слабокислые, кислые, нейтральные, карбонатные), вовлечение в систему нормирования большего числа токсичных загрязнителей, а также «ужесточение» нормативных показателей.

**Оценка загрязнения почвенной среды тяжелыми металлами.** Степень загрязнения почв тяжелыми металлами определяется:

соотношением фактического содержания загрязнителя в почве и величиной допустимой концентрации (ПДК, ОДК, ВДК) или фонового содержания;

степенью опасности химического веществ;  
наличием полиэлементных аномалий в почвенной среде.

Первая группа оценки служит основой для последующей стадии оценки — систематизации (определения) уровней загрязнения почв тяжелыми металлами.

**2.61. Ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) тяжелых металлов и мышьяка в почвах с различными физико-химическими свойствами на 1 кг (валовое содержание), мг [150]**

Вещество (элемент)	Группа почв	Величина ОДК с учетом фона	Агрегатное состояние вещества в почвах	Класс опасности	Особенности действия на организм
Никель	Песчаные и супесчаные	20	Твердое: в виде солей, сорбированном виде, в составе минералов	2	Для теплокровных и человека мало токсичен. Ингибитор оксидаз. Обладает мутагенным действием.
	Кислые суглинистые и глинистые pH KCL <5,5	40			
	Близкие к нейтральным, нейтральные (суглинистые и глинистые) pH KCL >5,5	80			
Мель	Песчаные и супесчаные	33	Твердое: в виде солей, органоминеральных соединений, сорбированном виде, в составе минералов	2	Повышает клеточную проницаемость, ингибирует глутатионредуктазу, нарушает метаболизм, взаимодействуя с —SH <sub>2</sub> , NH <sub>2</sub> , COOH — группами
	Кислые суглинистые и глинистые pH KCL <5,5	66			
	Близкие к нейтральным, нейтральные (суглинистые и глинистые) pH KCL >5,5	132			
Цинк	Песчаные и супесчаные	55	То же	1	Недостаток или избыток вызывает отклонения в развитии. Отравления при нарушении технологии внесения цинкосодержащих пестицидов
	Кислые суглинистые и глинистые pH KCL <5,5	110			
	Близкие к нейтральным, нейтральные (суглинистые и глинистые) pH KCL >5,5	220			
Мышьяк	Песчаные и супесчаные	2	«-»	1	Ядовитое вещество, ингибирующее различные ферменты, отрицательное действие на метаболизм. Возможно канцерогенное действие
	Кислые суглинистые и глинистые pH KCL <5,5	5			
	Близкие к нейтральным, нейтральные (суглинистые и глинистые) pH KCL >5,5	10			
Кадмий	Песчаные и супесчаные	0,5	«-»	1	Сильно ядовитое вещество, блокирует сульфгидридные группы ферментов, нарушает обмен железа и кальция, нарушает синтез ДНК
	Кислые суглинистые и глинистые pH KCL <5,5	1,0			
	Близкие к нейтральным, нейтральные (суглинистые и глинистые) pH KCL >5,5	2,0			
Свинец	Песчаные и супесчаные	32	«-»	1	Разностороннее негативное действие. Блокирует —SH <sub>2</sub> группы белков, ингибирует ферменты, вызывает отравления, повреждения нервной системы
	Кислые суглинистые и глинистые pH KCL <5,5	65			
	Близкие к нейтральным, нейтральные (суглинистые и глинистые) pH KCL >5,5	130			

Вторая группа позволяет систематизировать тяжелые металлы по классам опасности (табл. 2.62).

### 2.62. Показатели для определения класса опасности химического вещества и вещества соответствующих классов опасности (ГОСТ 17.4.1.02-83)

Показатели	Норма для классов опасности		
	I	II	III
Токсичность, ЛД <sub>50</sub>	Менее 200	200-1000	Более 1000
Персистентность в почве, месяцы	Более 12	6-12	Менее 6
ПДК в почве на 1 кг, мг	Менее 0,2	0,2-0,5	Более 0,5
Миграционная способность	Есть	Слабая	Нет
Персистентность в растениях, месяцы**	более 3	3-1	Менее 1
Влияние на пищевую ценность сельхоз-продукции	Сильное	Умеренное	Нет
Вещества	As, Cd, Hg, Se, Pb, F, бензопирен	B, Co, Ni, Mo, Sb, Cr	Ba, V, W, Mn, Sr, ацетофенол

\*ЛД<sub>50</sub> – летальная доза вещества, вызывающая при введении в организм гибель 50 % животных.

\*\*Персистентность – продолжительность сохранения биологической активности, обусловленная устойчивостью к разложению.

Третья группа характеризует наличие различных загрязнителей в почве и среднее превышение их концентрации относительно фона.

Для этого используется «суммарный показатель химического загрязнения почвы» Z<sub>c</sub>.

$$Z_c = K_c + \dots + K_{c_n} - (n - 1), \quad (2.41)$$

где K<sub>c</sub> – коэффициент концентрации i-го загрязняющего компонента, равный частному от деления массовой доли i-го вещества в загрязненной почве и его фонового содержания;

n – число химических элементов с K<sub>c</sub> > 1.

К сожалению, этот показатель, используемый в ряде исследований, не дает объективную оценку наличия и концентрации загрязнителей, так как не учитывает токсичность химических элементов (класс опасности), их возможный антагонизм и синергизм в почвенной и растительной среде. В результате искажаются реальная картина состояния почвенного покрова и оценка агрохимического воздействия на почвы при наличии в них различного количества загрязняющих веществ. К примеру, одинаковый показатель суммарного загрязнения почвы (Z<sub>c</sub>), равный, допустим 12, может получиться при превышении ПДК Cd в 2 раза, Cu – в 8 и Ni – в 4 раза, а также при превышении ПДК Cd в 2,5 раза, Cu – в 5,5 и Ni – в 6 раз. В первом случае сельскохозяйственные культуры – погибнут из-за губительной концентрации Cu, во втором – они будут находиться в сложных, но жизнеобеспечивающих условиях. Кроме того, одно и то же числовое значение Z<sub>c</sub> может характеризовать различный средний уровень концентрации загрязнителей в почве в за-

висимости от того, какое количество элементов анализируется, а величина показателя Zc не несет никакого практического содержания.

Наличие полиэлементных аномалий в почвенной среде следует оценивать простым определением количества различных видов загрязнителей в почве, а их суммарное влияние устанавливать с учетом наличия синергизма или антогонизма между макро- и микроэлементами. Такие взаимодействия между химическими элементами можно связать со способностью одного элемента ингибировать (препятствовать) или стимулировать поглощение других элементов растениями. Они могут происходить внутри клеток, на поверхности мембран, а также в среде, окружающей корни растений (почве). Процессы взаимодействия контролируются многими факторами, но их механизмы еще плохо изучены.

Установлено, что главными антагонистическими элементами (макрокомпонентами) в отношении поглощения и метаболизма многих микроэлементов (тяжелых металлов) являются Ca, P, Mg и K.

В ряде случаев оценку полиэлементных аномалий в почвенной среде можно осуществлять на основе учета влияния одного (ведущего) загрязняющего вещества, концентрация которого максимально превышает предельно допустимую.

#### ***Систематизация уровней загрязнения почв тяжелыми металлами.***

Систематизация уровней загрязнения почвенного покрова (для адаптивно-ландшафтного земледелия) осуществляется с целью последующего выделения территорий, характеризующихся относительно одинаковыми условиями ведения земледелия в пределах принятых пороговых изменений качественного состояния агроландшафта.

Порядок проведения работ по определению и систематизации уровней загрязнения сельскохозяйственных угодий регламентируется следующими документами: Методическими указаниями по обследованию почв сельскохозяйственных угодий, продукции растениеводства на содержание тяжелых металлов, остаточных количеств пестицидов и радионуклидов (1995), Методическими указаниями по проведению комплексного агрохимического обследования почв сельскохозяйственных угодий (1994), Методическими рекомендациями по выявлению деградированных и загрязненных земель (1995).

В соответствии с Методическими рекомендациями по выявлению деградированных и загрязненных земель (1995), а также Порядком определения размеров ущерба от загрязнения земель химическими веществами (1993) для оценки загрязнения почв тяжелыми металлами выделяют пять уровней (табл. 2.63, 2.64).

Данные табл. 2.63 являются обобщенными для всех типов почв без учета их физико-химических свойств. Их систематизация недостаточно согласована с концепцией пороговости накопления загрязнителей в сельскохозяйственных культурах, определяющих последующее хозяйственное использование продукции растениеводства, что является существенным недостатком этой систематизации и предполагает ее использование в основном для оценки уровня относительной опасности загрязнения почвенного покрова.

## 2.63. Показатели уровня загрязнения земель тяжелыми металлами

Тяжелый металл	Содержание в 1 кг соответствующее уровню загрязнения, мг				
	первому допустимому	второму низкому	третьему среднему	четвертому высокому	пятому очень высокому
Кадмий	<ПДК	От ПДК до 3	3-5	5-20	>20
Свинец	-«	От ПДК до 125	125-250	250-600	>600
Ртуть	-«	От ПДК до 3	3-5	5-10	>10
Цинк	-«	От ПДК до 500	500-1500	1500-3000	>3000
Медь	-«	От ПДК до 200	200-300	300-500	>500
Кобальт	-«	От ПДК до 50	50-150	150-300	>300
Никель	-«	От ПДК до 150	150-300	300-500	>500
Молибден	-«	От ПДК до 40	40-100	100-200	>200
Олово	-«	От ПДК до 20	20-50	50-300	>300
Хром	-«	От ПДК до 250	250-500	250-800	>800
Ванадий	-«	От ПДК до 225	225-300	225-350	>350

## 2.64. Уровни загрязнения почвенного покрова тяжелыми металлами (ТМ) с учетом накопления их в сельскохозяйственных культурах и хозяйственного использования продукции растениеводства [21]

Используемая характеристика	Уровень				
	первый – допустимый	второй – низкий	третий – средний	четвертый – высокий	пятый – очень высокий
Систематизирующие факторы	Накопление тяжелых металлов				Значительное сокращение урожайности высоко- и среднечувствительных культур
	в растениях ниже допустимого уровня для пищевой растительной продукции, используемой в сыром виде и для производства детского питания	в растениях выше допустимого уровня для пищевой растительной продукции, используемой в сыром виде и для производства детского питания	в сельскохозяйственных растениях выше ПДК для продовольственного сырья и пищевой продукции	в растительной продукции, предназначенной на корм скоту, сверх установленных нормативов	
Показатели, контролируемые отнесение к определенному уровню загрязнения	Допустимое остаточное количество ТМ в пищевых продуктах растительного происхождения	остаточное количество ТМ в пищевых продуктах растительного происхождения	ПДК ТМ в продовольственном сырье и пищевых продуктах	МДУ содержания ТМ в кормах растительного происхождения	Появление признаков гибели высокочувствительных культур ТМ
<i>Содержание ТМ в почвах (в долях ПДК, ОДК) с учетом их физико-химических свойств</i>					
Кадмий	>1	1-2,0	2-3,0	3-5,0	>5,0
Медь	>1	1-1,5	1,5-2,3	2,3-3,8	>3,8
Никель	>1	1-2,5	2,5-3,8	3,8-7,5	>7,5
Свинец	>1	1-1,6	1,6-2,3	2,3-7,8	>7,8
Цинк	>1	1-1,4	1,4-1,8	1,8-4,5	>4,5

При наличии в хозяйстве значительного количества площадей, отнесенных к последнему, пятому (очень высокому), уровню загрязнения, систематизацию уровней следует увеличить (табл. 2.65).

Для отнесения территории (почвенного покрова) к определенному уровню загрязнения, наряду с показателями содержания загрязнителей в почве (см. табл. 2.64, 2.65), следует применять нормативные данные, регламентирующие использование получаемой продукции на загрязненных землях (табл. 2.66-2.69), которые играют роль контрольных, при установлении уровня загрязнения почвы.

Для каждого из выделенных уровней загрязнения почв устанавливается ожидаемое снижение урожайности сельскохозяйственных культур с учетом их чувствительности к тяжелым металлам (табл. 2.70).

Для установления значений допустимых концентраций тяжелых металлов в почве по каждому загрязнителю в представленной систематизации уровней загрязнения почв тяжелыми металлами (см. табл. 2.64 и 2.65) следует использовать данные табл. 2.71, отражающие эти значения с учетом физико-химических свойств почв

### 2.65. Систематизация крайнего (пятого уровня — очень высокого) загрязнения почв тяжелыми металлами [21]

Используемая характеристика	Подуровень		
	сублетальный подуровень	критический подуровень	губительный подуровень
Систематизирующие факторы	Значительное сокращение урожайности высоко- и среднечувствительных к ТМ культур, начало гибели высокочувствительных культур	устойчивых к ТМ культур, начало гибели среднечувствительных культур	Гибель устойчивых к загрязнению ТМ сельскохозяйственных культур
<i>Содержание ТМ в почвах (в долях ПДК, ОДК) с учетом их физико-химических свойств</i>			
Кадмий	5-7,0	7-10,0	>10,0
Медь	3,8-5,3	5,3-7,6	>7,6
Никель	7,5-10,0	10-12,5	>12,5
Свинец	7,8-11,0	11-15,6	>15,6
Цинк	4,5-6,4	6,4-9,1	>9,1

### 2.66. Предельно допустимые концентрации (ПДК) тяжелых металлов в основном продовольственном сырье и пищевых продуктах растительного происхождения на 1 кг (СанПиН № 2-123-4089-86 от 31.03.86 г.), мг

Химический элемент	Зерно	Овощи и фрукты свежие	Ягоды свежие	Грибы свежие
Ртуть	0,3	0,02	0,02	0,05
Кадмий	0,03	0,03	0,03	-
Свинец	0,3	0,4-0,5	-	0,5
Медь	10,0	5,0	5,0	-
Цинк	50,0	10,0	10,0	-

**2.67. Допустимое остаточное количество тяжелого металла и мышьяка в пищевых продуктах (Постоянная комиссия СЭВ по сотрудничеству в области здравоохранения, 1983) на 1 кг, мг**

Химический элемент	Продукты				Овощи	Фрукты
	рыбные	мясные	молочные	мучные		
Ртуть	0,5	0,03	0,005	0,01	0,02	0,001
Кадмий	0,1	0,05	0,01	0,02	0,03	0,03
Свинец	1,0	0,5	0,05	0,2	0,5	0,4
Мышьяк	1,0	0,5	0,05	0,2	0,2	0,2
Медь	10,0	5,0	0,5	5,0	10,0	10,0
Цинк	40,0	40,0	5,0	25,0	10,0	10,0
Железо	30,0	50,0	3,0	50,0	50,0	50,0
Олово	200,0	200,0	100,0	-	200,0	100,0
Сурьма	0,5	0,1	0,05	0,1	0,3	0,3
Никель	0,5	0,5	0,1	0,5	0,5	0,5
Селен	1,0	1,0	0,5	0,5	0,5	0,5
Хром	0,3	0,2	0,1	0,2	0,2	0,1

**2.68. Допустимое (остаточное) количество тяжелых металлов в сельскохозяйственных культурах (Германия) на 1 кг, мг [271]**

Пищевой продукт	Свинец	Кадмий	Ртуть
Овощи:			
лиственные	1,2	0,1	-
стеблевые	1,2	0,1	-
плодовые	0,2	0,1	-
Корнеплоды	0,5	0,05	-
Фрукты:			
семечковые	0,5	0,05	-
косточковые	0,5	0,05	-
Ягоды	0,5	0,05	-
Зерновые культуры	0,5	0,1	0,03
Картофель	0,2	0,1	0,02

**2.69. Временный максимально допустимый уровень (МДУ) некоторых химических элементов в основных видах кормов растительного происхождения для сельскохозяйственных животных на 1 кг корма, мг [25]**

Химический элемент	Зерно и зернофураж	Грубые и сочные корма	Корне-, клубнеплоды
1	2	3	4
Ртуть	0,1	0,05	0,05
Кадмий	0,3	0,3	0,3
Свинец	5,0	5,0	5,0
Мышьяк	0,5	0,5	0,5
Медь	30,0	30,0	30,0



Продолжение табл. 2. 68

1	2	3	4
Цинк	50,0	50,0	100,0
Железо	100,0	100,0	100,0
Сурьма	0,5	0,5	0,5
Никель	1,0	3,0	3,0
Селен	0,5	1,0	1,0
Хром	0,5	0,5	0,5
Фтор	10,0	20,0	20,0
Йод	2,0	2,0	5,0
Молибден	2,0	2,0	2,0
Кобальт	1,0	1,0	2,0

### 2.70. Ожидаемое снижение урожайности сельскохозяйственных культур, % [21]

Чувствительность культур к ТМ	Уровень загрязнения почв тяжелыми металлами						
	первый – допустимый	второй – низкий	третий – средний	четвертый – высокий	пятый – очень высокий		
					сублетальный	критический	губительный
Устойчивые	-	-	-	< 2	2-40	40-70	70-100
Слабочувствительные	-	-	< 2	2-5	5-50	50-80	80-100
Среднечувствительные	-	< 2	2-5	5-10	10-70	70-90	90-100
Высокочувствительные	-	< 5	5-10	10-20	20-90	90-100	100

Данные табл. 2.71 позволяют установить также валовое содержание загрязнителей в почве, соответствующее как выделенным уровням загрязнения, так и уровням содержания тяжелых металлов в почве.

### 2.71. Ориентировочные пороговые показатели валового содержания тяжелых металлов в почвах на 1 кг, мг [21]

Характеристика уровней содержания и загрязнения почв ТМ по А.И. Обухову и Н.Г. Зырину (1983, 1992)		Почвы		
		песчаные и супесчаные	кислые и слабокислые (суглинистые и глинистые) рН КСl < 5,5	близкие к нейтральным и нейтральные (суглинистые и глинистые) рН КСl > 5,5
1	2	3	4	
<i>Кадмий</i>				
Уровень содержания ТМ в почве	Очень низкий	< 0,05	< 0,05**	< 0,1
	Низкий	0,02-0,05	0,05-0,10	0,1-0,2
	Средний	0,05-0,12	0,10-0,25	0,2-0,5
	Повышенный	0,12-0,25	0,25-0,50	0,05-1,0
	Высокий	0,25-0,50	0,50-1,00	1-2,0

Продолжение табл. 2. 71

1		2	3	4
ОДК ТМ в почве согласно				
ГН 2.1.7.020-94		0,5*	1,0	2,0
Уровень загрязнения почв	Низкий	0,5-1	1-2	2-4
	Средний	1-2,5	2-5	4-10
	Высокий	2,5-5	5-10	10-20
	Очень высокий	> 5	> 10	> 20
<i>Медь</i>				
Уровень содержания ТМ в почве	Очень низкий	< 2	< 5	< 10
	Низкий	2-7	5-15	10-30
	Средний	7-25	15-50	30-100
	Повышенный	25-33	50-66	100-132
ОДК ТМ в почве согласно ГН				
2.1.7.020-94		33	66	132
Уровень содержания ТМ в почве				
- высокий		33-50	66-100	132-200
Уровень загрязнения почв	Низкий	50-75	100-150	200-300
	Средний	75-125	150-250	300-500
	Высокий	125-250	250-500	500-1000
	Очень высокий	> 250	> 500	> 1000
<i>Никель</i>				
Уровень содержания ТМ в почве	Очень низкий	< 5	< 10	< 20
	Низкий	5-10	10-20	20-40
	Средний	10-20	20-40	40-80
ОДК ТМ в почве согласно ГН				
2.1.7.020-94		20	40	80
Уровень содержания ТМ в почве	Повышенный	20-35	40-70	80-40
	Высокий	35-50	70-100	140-200
Уровень загрязнения почв	Низкий	50-75	100-150	200-300
	Средний	75-150	150-300	300-600
	Высокий	150-250	300-500	600-1000
	Очень высокий	> 250	> 500	> 1000
<i>Свинец</i>				
Уровень содержания ТМ в почве	Очень низкий	< 2	< 5	< 10
	Низкий	2-5	5-10	10-20
	Средний	5-18	10-35	20-70
	Повышенный	18-32	35-65	70-130
ОДК ТМ в почве согласно ГН				
2.1.7.020-94		32	65	130
Уровень содержания ТМ в почве				
- высокий		32-50	65-100	130-200
Уровень загрязнения почв	Низкий	50-75	100-150	200-300
	Средний	75-250	150-500	300-1000
	Высокий	250-500	500-1000	1000-2000

Продолжение табл. 2. 71

1		2	3	4
	Очень высокий	> 500	>1000	> 2000
		<i>Ц и н к</i>		
Уровень содержания ТМ в почве	Очень низкий	< 8	< 15	< 30
	Низкий	8-15	15-30	30-60
	Средний	15-35	30-70	60-140
	Повышенный	35-55	70-110	140-220
ОДК ТМ в почве согласно ГН 2.1.7.020-94		55	110	220
Уровень содержания ТМ в почве – высокий		55 – 75	110 – 150	220 – 300
Уровень загрязнения почв	Низкий	75-100	150-200	300-400
	Средний	100-250	200-500	400-1000
	Высокий	250-500	500-1000	1000-2000
	Очень высокий	> 500	> 1000	> 2000

Жирным шрифтом выделены ОДК ТМ в почве согласно ГН 2.1.7.020-94.

Жирным курсивом выделены уровни содержания ТМ в почве и их характеристики по данным Н. Г. Зырина и А. И.Обухова, остальные показатели [21].

Систематизация уровней содержания тяжелых металлов в почве (уровней, не превышающих значений ПДК, ОДК или ВДК) не имеет практического применения из-за отсутствия достаточной научной информации о поведении растительных организмов в таких условиях.

## 2.6. Агроэкологическая оценка земель, загрязненных радионуклидами

### 2.6.1. Методология и содержание оценки

Радиационная обстановка на территории России складывается за счет природного радиационного фона, глобальных выпадений в период испытаний ядерного оружия, радиоактивных выпадений после крупных и мелко-масштабных радиационных аварий на предприятиях ядерного топливного цикла, нормализованных радиоактивных выбросов и сбросов радиационно-опасных объектов.

Негативные последствия радиоактивного загрязнения: прямое воздействие ионизирующего излучения на компоненты почвенно-растительного покрова, животных и человека; ограничение возможности использования загрязненных почв в хозяйственной деятельности из-за того, что производимая продукция в этих условиях имеет превышающие допустимые уровни концентрации радионуклидов. Ареал радиационного поражения биоты на различных уровнях (популяционном, экосистемном, видовом) значительно меньше, чем зона радиоактивного загрязнения, где проживание человека и ведение сельскохозяйственной деятельности ограничены или невозможны.

Радиоактивное загрязнение окружающей среды обуславливают две группы радионуклидов: естественные (или природные) и искусственные (или техногенные). Концентрация естественных радионуклидов в природных и

аграрных экосистемах существенно увеличивается за счет техногенных процессов, связанных с добычей, переработкой и складированием природного уранового сырья, производством и внесением удобрений, сжиганием угля на тепловых электростанциях, при добыче нефти и газа. Искусственные радионуклиды поступают в биосферу в результате ядерных взрывов, технологических и аварийных выбросов на объектах ядерного топливного цикла (ЯТЦ).

Основное загрязнение сельскохозяйственных угодий на территории Российской Федерации обусловлено долгоживущими радионуклидами  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$ , которые поступили в окружающую среду в результате крупных радиационных аварий на химкомбинате "Маяк" (Южный Урал) и Чернобыльской АЭС, а также испытаний ядерного оружия. Являясь химическими аналогами, К и Са характеризуются высокой миграционной подвижностью, в значительных количествах накапливаются в сельскохозяйственной продукции и, как следствие, в организме человека.

При одном и том же содержании радионуклидов в окружающей среде (почве) на единицу площади соотношение доз внешнего и внутреннего облучения населения, проживающего на этих территориях и использующего в рационе местную сельскохозяйственную продукцию, может варьировать в широких пределах. Так, в зависимости от типа почв соотношение доз внутреннего облучения и внешнего в ситуации, когда источником ионизирующего облучения является  $^{137}\text{Cs}$ , может колебаться от 1 : 2 (дерново-подзолистые почвы) до 1 : 4 (черноземы). Чем менее плодородны почвы, тем относительно значимее роль внутреннего облучения из-за интенсивного перехода  $^{137}\text{Cs}$  из почвы в растения, продукцию животноводства и, в конечном счете, продукты питания человека.

Агроэкологическая оценка сельскохозяйственных угодий, загрязненных радионуклидами, включает в себя два аспекта:

оценку влияния ландшафтных и биогеохимических характеристик сельскохозяйственных угодий на перераспределение и концентрирование радионуклидов в компонентах агроэкосистем, что в значительной степени определяет степень опасности загрязнения;

оценку загрязненных сельскохозяйственных угодий с точки зрения возможности получения продукции, соответствующей санитарно-гигиеническим нормативам.

Таким образом, при оценке последствий радиоактивного загрязнения должны учитываться два методологических подхода — санитарно-гигиенический и экологический.

В рамках санитарно-гигиенического подхода к агроэкологической оценке сельскохозяйственных угодий, загрязненных радионуклидами, решается задача возможности использования этих земель для получения продукции, соответствующей установленным нормативам. В основе санитарно-гигиенического подхода лежит соблюдение нормативов и принципов радиационной безопасности населения, проживающего на загрязненных радионуклидами территориях.

На базе количественных показателей миграции радионуклидов в агроэкосистемах разрабатывается радиационно-гигиеническое обоснование пределов загрязнения почв сельскохозяйственных угодий с учетом ландшафтных и биогеохимических характеристик территории и особенностей ведения сельского хозяйства.

Действие радиоактивных веществ на агроэкосистемы зависит от характера загрязнения, концентрации загрязнителей, длительности воздействия, относительной восприимчивости или устойчивости агроценозов или их отдельных компонентов к загрязнению. Оценка экологического воздействия радиоактивного загрязнения на агроэкосистемы представляет собой сложную задачу.

Каких-либо критериев, оценивающих реакцию агроэкосистем на радиоактивное загрязнение и их устойчивость, не разработано. Однако существует система показателей, которые характеризуют миграционную подвижность радионуклидов в агроэкосистемах:

показатели биологической подвижности радионуклидов в почвах (формы, коэффициенты распределения между твердой и жидкой фазами почв, показатели селективной сорбции);

показатели подвижности радионуклидов в системе почва – растение (коэффициенты накопления или перехода);

параметры переноса радионуклидов по животноводческим цепочкам (коэффициенты перехода, всасывания, выведения).

В рамках реализации санитарно-гигиенического подхода агроэкологическая оценка сельскохозяйственных угодий, загрязненных радионуклидами, основывается на принципе соблюдения основного дозового критерия, характеризующего степень радиационной безопасности человека – среднегодового значения эффективной дозы. Федеральным законом «О радиационной безопасности населения» в качестве предела дозы облучения населения определена доза, равная  $1 \text{ м}^3$  в год (сверх естественного радиационного фона).

Основными критериями оценки уровней радиоактивного загрязнения сельскохозяйственных угодий являются допустимые уровни удельной активности радионуклидов в пищевых продуктах, определенные нормативами «Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. СанПиН 2.3.2.1078-01».

Для оценки и предотвращения негативного воздействия радиоактивно загрязненных продуктов питания на человека, а кормов – на сельскохозяйственных животных на основании СанПиН 2.3.2.1078-01 используются такие критерии, как временно допустимые уровни (ВДУ), допустимые уровни (ДУ) и максимально допустимые уровни (МДУ) содержания радионуклидов в сельскохозяйственной продукции.

С учетом показателей миграционной подвижности радионуклидов определяются пределы загрязнения почв радионуклидами, обеспечивающие получение нормативной продукции, которые являются контрольными уровнями содержания радионуклидов в почвах сельскохозяйственных угодий.

Контрольные уровни загрязнения почв определяются на основании коэффициентов перехода радионуклидов из почв различных типов в основные культуры и далее в сельскохозяйственную продукцию, т. е. при определении контрольных уровней учитывается как тип почвы, так и вид агроценоза.

Агроэкологическая оценка сельскохозяйственных угодий, загрязненных радионуклидами, включает в себя:

определение содержания радионуклидов в почвах;

оценку количественных параметров перехода радионуклидов по сельскохозяйственным цепочкам;

биогеохимическую оценку миграции и концентрации радионуклидов в компонентах агроэкосистем и переноса по трофическим цепочкам;

определение уровней загрязнения производимой сельскохозяйственной продукции и ее радиационно-гигиеническую оценку;

обоснование пределов загрязнения почв радионуклидами (контрольных уровней), обеспечивающих получение нормативной продукции.

### **2.6.2. Методы обследования сельскохозяйственных угодий, загрязненных радионуклидами**

При проведении обследования почв сельскохозяйственных угодий на содержание радионуклидов руководствуются «Методическими указаниями по обследованию почв сельскохозяйственных угодий, продукции растениеводства на содержание тяжелых металлов, остаточных количеств пестицидов и радионуклидов» (1995).

В Методических указаниях определены порядок и принципы составления картограммы радиоактивного загрязнения почв. Исходными документами для составления картограмм являются полевая карта отбора почвенных образцов и сводная ведомость результатов анализов. Картограммы содержания радионуклидов составляются в том случае, когда хотя бы на одном участке концентрация их превышает 0,5 от временных допустимых уровней (ВДУ).

Плотность загрязнения почв радионуклидами – запас радионуклидов в слое почвы на единицу площади – определяется по формуле

$$\sigma = \frac{c \cdot p \cdot d}{S} \cdot 10^{-3}, \quad (2.42)$$

где  $\sigma$  – плотность загрязнения, кБк/м<sup>2</sup>;

$c$  – концентрация радионуклида, Бк/кг;

$p$  – глубина отбора, см;

$S$  – площадь, на которую рассчитывается плотность загрязнения, равная 1 м<sup>2</sup>;

$d$  – удельная масса почвы, г/см<sup>3</sup>;

$10^3$  – коэффициент пересчета от Бк/м<sup>2</sup> на кБк/м<sup>2</sup>.

Для составления картограммы плотности радиоактивного загрязнения почв используются штриховка и цветная шкала (табл. 2.72). На картограмме содержания <sup>90</sup>Sr и <sup>137</sup>Cs в почве группировка по плотности загрязнения выделяется цветом, а гамма-фон – штриховкой. Градация почв по содержанию

$^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  включает в себя пять групп. Если плотность загрязнения радионуклидами обследуемой территории соответствует первой группе эколого-токсикологической оценки, то картограммы не составляются.

### 2.7.2. Группировка почв для эколого-токсикологической оценки радиоактивного загрязнения

Группа	Условное обозначение	Гамма-фон		Плотность загрязнения, кБк/м <sup>2</sup>		
		мощность экспозиционной дозы, мкР/ч	интенсивность потока гамма-излучения, с <sup>-1</sup>	цвет контура	$^{137}\text{Cs}$	$^{90}\text{Sr}$
1	-----	<30	<225	Зеленый	<37	<3,7
2	-----	31-50	226-375	Синий	37-185	3,7-11,1
3	ШШШ	51-100	376-750	Желтый	186-555	11,2-37
4	////// /	101-180	751-1350	Розовый	556-1480	38-111
5	- - - -	>180	>1350	Красный	>1480	>111

### 2.6.3. Методические основы оценки миграционной подвижности радионуклидов в аграрных экосистемах

Миграционная способность радионуклидов в почве определяется их физико-химическим состоянием, которое зависит от исходного состояния радионуклидов в выпадениях и его изменения в результате протекающих при взаимодействии с почвой физико-химических процессов трансформации.

Радионуклид в почве может находиться в почвенном растворе и в составе твердой фазы. В растворе он присутствует в виде катиона и входит в состав комплексных соединений с органическими и неорганическими лигандами и коллоидными частицами. В твердой фазе радионуклид может присутствовать в обменно-сорбированном состоянии, т.е. находиться в динамическом равновесии с раствором в жидкой фазе, входит в состав нерастворимого соединения или выпавших нерастворимых топливных частиц, быть необратимо сорбированным.

**Метод последовательной экстракции**, являющийся модифицированным методом Ф.И. Павлоцкой, наиболее часто используется для изучения форм нахождения радионуклида в почве. Выделяют следующие формы нахождения радионуклида: водорастворимую (обработка дистиллированной водой), обменную, вытесняемую 1 М раствором ацетата аммония, подвижную (1 М  $\text{HCl}$ ) и кислоторастворимую (3 М или 6 М  $\text{HCl}$ ).

Доля радионуклида определяется по отношению к исходной активности почвы. Прочнофиксированную часть радионуклидов находят по разности между исходной активностью почвы и суммой водорастворимой, подвижной и кислоторастворимой форм.

Содержание различных форм нахождения радионуклида в почвах зависит в значительной степени от свойств почв: сорбционной емкости, минералогического состава, pH почвенного раствора, содержания органического вещества. Наибольшую значимость, с точки зрения подвижности и биологической доступности радионуклида, имеют водорастворимая и обменная формы.

**Коэффициент распределения радионуклидов между твердой и жидкой фазами почвы ( $K_p$ )** используют для описания миграционной способности радионуклида в почве. Он рассчитывается как отношение равновесной суммарной концентрации радионуклида в твердой фазе к его равновесной концентрации в почвенном растворе:

$$K_p = \frac{A_n V_p}{A_p m_n}, \quad (2.43)$$

где  $K_p$  – коэффициент распределения, л/кг;

$A_n$  – количество радионуклида в почвенном растворе, Бк;

$A_p$  – разница между количеством радионуклида в образце почвы и выделенном объеме почвенного раствора, Бк;

$V_p$  – объем почвенного раствора, л;

$m_n$  – масса образца почвы в воздушно-сухом состоянии, кг.

$K_p$  отличается широкой вариабельностью и зависит от свойств почв.

**Показатели селективной сорбции** используются при оценке биологической подвижности радионуклидов в почвах. К ним относятся *емкость селективных сорбционных мест*, расположенных в краевых клиновидных областях межпакетного пространства кристаллической решетки глинистого минерала типа 2:1 (Frayed edge sites, FES), и *потенциал селективной сорбции* (Radionuclides Interception Potential, RIP).

Метод количественного определения FES основан на изучении изотермы сорбции радионуклида при блокировке (маскировке) поверхностных сорбционных центров RES (Regula exchange sites). Для маскировки RES используется раствор К-Са PAR 0,05 : Са = 100 тМ. Величину PAR (Potassium Adsorption Ratio) рассчитывают по результатам определения концентрации катионов в почвенном растворе. RIP определяется как произведение емкости FES и коэффициента селективности Cs/K или Cs/NtLt (для  $^{137}\text{Cs}$ ).

Эти показатели характеризуют специфические свойства почв, определяющие величину и степень сорбции ими радионуклидов.

**Параметры накопления радионуклидов в растениях** являются интегральными характеристиками их подвижности в агроэкосистемах. Для оценки перехода радионуклидов из почвы в растения используют:

коэффициент накопления ( $KH$ ):

$$KH = \frac{\text{концентрация радионуклидов в растениях, Бк/кг}}{\text{концентрация радионуклидов в почве, Бк/кг}} \quad (2.44)$$

коэффициент перехода (или коэффициент пропорциональности ( $KП$ )) – отношение концентрации радионуклидов в растениях к плотности загрязнения почвы на единицу площади:

$$KП = \frac{\text{концентрация радионуклидов в растениях, Бк/кг}}{\text{плотность загрязнения почвы, кБк/м}^2} \quad (2.45)$$

**Основные параметры перехода радионуклидов по животноводческим цепочкам:** КП радионуклидов из рациона в организм животных и затем в продукцию, коэффициенты всасывания, кратность накопления радионукли-



дов различными органами животных, периоды полувыведения радионуклидов из органов и организма в целом.

Вариабельность коэффициентов перехода радионуклидов из рациона в организм животных и продукцию определяется следующими факторами: возраст животных, тип рациона и его состав, продуктивность животных, технологии их содержания.

#### 2.6.4. Радиоэкологическая классификация агроэкосистем

При классификации агроэкосистем по миграционной подвижности радионуклидов (табл.2.73.) использован в качестве радиоэкологического критерия коэффициент перехода как интегральный показатель. Группировка проводилась с учетом двух группы факторов, которые влияют на процессы миграции радионуклидов в агроэкосистемах: свойств почв, характера землепользования и видовых особенностей культур.

#### 2.73. Классификация агроэкосистем по миграционной подвижности радионуклидов

Вид землепользования	Культура	Группа почв	Коэффициент перехода. (Бк/кг)/(кБк/м <sup>2</sup> )						
			<sup>90</sup> Sr			<sup>137</sup> Cs			
			средний	минимальный	максимальный	средний	минимальный	максимальный	
Сеиокосы и пастбища	Травостой культурного пастбища	Песчаные	5,4	0,8	7,6	3,3	0,5	3,7	
		Суглинистые	1,9	1,1	3,4	0,6	0,4	0,9	
		Глинистые	0,2	0,05	0,27	0,2	0,03	0,3	
		Органические	-	-	-	6,6	2,0	10,8	
	Многолетние травы:	злаковые	Песчаные	2,5	2,3	2,7	2,3	1,8	2,6
			Суглинистые	1,6	0,9	2,7	0,8	0,3	1,8
			Глинистые	0,6	0,3	1,1	0,2	0,1	0,4
			Органические	3,78	1,07	10,0	3,2	1,8	3,8
	бобовые	Песчаные	4,3	2,8	5,5	3,5	1,6	5,0	
		Суглинистые	2,6	1,3	4,1	0,8	0,3	1,3	
		Глинистые	0,6	0,4	0,8	0,4	0,2	0,6	
		Органические	-	-	-	-	-	-	
	Пахотные угодья	Зерновые	Песчаные	0,9	0,7	1,1	0,3	0,2	0,4
Суглинистые			0,3	0,07	0,6	0,12	0,06	0,22	
Глинистые			0,13	0,07	0,33	0,06	0,023	0,14	
Органические			1,7	0,5	4,1	0,61	0,17	1,2	
Картофель и корнеплоды		Песчаные	0,6	0,33	0,76	0,24	0,18	0,29	
		Суглинистые	0,24	0,06	0,49	0,10	0,03	0,24	
		Глинистые	0,055	0,05	0,07	0,014	0,008	0,03	
		Органические	1,2	0,5	3,4	0,45	0,03	3,4	
Кормовые культуры на силос		Песчаные	2,7	1,4	4,3	2,4	0,4	4,4	
		Суглинистые	0,94	0,33	2,1	0,35	0,33	0,36	
		Глинистые	0,44	0,26	0,45	0,19	0,10	0,30	
		Органические	-	-	-	3,2	2,2	4,6	

В качестве критерия для группировки минеральных почв по коэффициентам перехода был выбран гранулометрический состав как интегральный показатель, связанный с минералогическим составом почв, содержанием органического вещества, емкостью катионного обмена и др.:

I – песчаные (песчаные и супесчаные и легкосуглинистые) почвы;

II – суглинистые (среднесуглинистые);

III – глинистые (тяжелосуглинистые и глинистые) почвы.

Органические почвы были выделены в отдельную группу, так как они характеризуются повышенной миграционной подвижностью радионуклидов.

По характеру землепользования и видовым особенностям культур данные по коэффициентам перехода были объединены в следующие две группы:

пахотные угодья – зерновые культуры, картофель и корнеплоды, кормовые культуры на силос (кукуруза, люцерна, горох и др.);

пастбища и сенокосы – культурные пастбища, сеяные многолетние травы (злаковые и бобовые).

Радиоэкологическая классификация агроэкосистем учитывает миграционную подвижность радионуклидов, позволяет дать агроэкологическую оценку различных агроценозов. Критическими по радиоактивному загрязнению будут угодья на торфяно-болотных почвах, характеризующиеся наиболее интенсивным накоплением радионуклидов в продукции (см. табл. 2.73.).

### 2.6.5. Радиоэкологическая классификация лугов

Миграция радионуклидов в естественных луговых экосистемах зависит от типа луга, режима его увлажнения, свойств почв, ботанического состава травостоя (см. табл. 2.75). Группировка почв проводилась на базе двух радиоэкологических критериев – экологического периода полуочищения корнеобитаемого слоя почв, отражающего темпы вертикальной миграции радионуклидов в почве, и коэффициентов перехода радионуклидов из почвы в травостой.

Классификация выделяет болотные, низинные и пойменные луга с торфяными почвами как критические экосистемы при ведении кормопроизводства на загрязненных территориях. Далее в рейтинге лугов по их радиационной опасности стоят суходольные, пойменные и низинные луга с малоплодородными почвами легкого гранулометрического состава.

### 2.74. Радиоэкологическая классификация лугов

Тип луга	Группа почв	Механический состав почв	Коэффициент перехода, $(\text{Бк/кг})/(\text{кБк/м}^2)$		Экологический период полуочищения корнеобитаемого слоя почв, $T_{\text{ec}}$ , годы	
			$^{90}\text{Sr}$	$^{137}\text{Cs}$	$^{90}\text{Sr}$	$^{137}\text{Cs}$
1	2	3	4	5	6	7
Суходольный	Минеральные	Песчаные	5-25	1-15	50 (20-70)	70 (50-90)
		Суглинистые	2-15	0,2-10	60 (30-90)	100(90-110)
		Глинистые	0,3-3	0,05-0,3	70 (50-100)	130 (110-150)

Продолжение табл. 2. 74

1	2	3	4	5	6	7
Пой- менный	Минеральные	Песчаные	5-25	1-15	30 (25-50)	70 (40-90)
		Суглинистые	2-15	0,5-10	50 (25-70)	100(90-110)
		Глинистые	-	0,3-1	-	120 (100-140)
	Органические	Торфяные	3-30	5-20	30 (20-40)	45 (20-70)
Низи- нный	Минеральные	Песчаные	5-35	3-20	35(25-50)	50 (40-90)
		Суглинистые	-	2-15	-	60 (50-70)
	Органические	-	10-45	3-30	30 (20-50)	45 (33-80)
Болот- ный	Болотные:	-				
	изинные		5-50	3-30	18(16-30)	21(18-40)
	переходные		20-140	15-50	16(15-18)	18(15-25)
	верховые		20-150	30-150	14(13-18)	16(13-18)

**2.6.6. Агроэкологическая оценка загрязненных радионуклидами сельскохозяйственных угодий, определяющая возможность их хозяйственного использования**

Одна из основных задач агроэкологической оценки загрязненных угодий — оценка их радиологической опасности с точки зрения возможности производства продукции. Основным критерием такой оценки являются контрольные уровни содержания радионуклидов в почвах. Основой для определения контрольных уровней загрязнения почв радионуклидами служат следующие параметры:

допустимые удельные активности радионуклидов в пищевых продуктах, установленные СанПиН 2.3.2.1078-01;

коэффициенты накопления или перехода радионуклидов из различных типов почв в сельскохозяйственные культуры;

коэффициенты перехода радионуклидов по животноводческим цепочкам.

**Методика определения контрольных уровней загрязнения радионуклидами** почв различных видов сельскохозяйственных угодий (пахотных, сенокосов и пастбищ) при производстве продукции растениеводства зависит от путей миграции радионуклидов. Для пахотных угодий учитываются параметры миграции радионуклидов в системе почва — сельскохозяйственные культуры, а для сенокосов и пастбищ — в системе почва — рацион — продукция животноводства.

Контрольные уровни радиоактивного загрязнения пахотных угодий определяются с учетом коэффициентов перехода радионуклидов в растения из почв различных типов. При определении контрольного уровня загрязнения почв исходят из соотношения  $KП = \frac{\text{удельная активность растений}}{\text{плотность загрязнения почвы}}$ ,  $\frac{\text{Бк/кг}}{\text{кБ/м}^2}$ .

Удельная активность для различных видов сельскохозяйственных культур берется на основании СанПиН 2.3.2.1078-01 (табл. 2.75.).

Коэффициенты перехода радионуклидов в сельскохозяйственные растения из почв различных типов определяются экспериментально или могут быть использованы рекомендованные средние значения [175].

Плотность загрязнения почв (контрольный уровень) определяется соотношением: плотность загрязнения почвы,  $\text{кБ/м}^2 = \text{удельная активность растений, Бк/кг/КП}$ .

Полученное значение плотности загрязнения почв является контрольным уровнем для конкретного типа почв, при котором содержание радионуклида в рассматриваемом виде продукции не превысит санитарно-гигиенические нормативы. Таким образом, дается количественная агроэкологическая оценка почвы по показателю загрязнения радиоактивными веществами и определяется возможность возделывания на этой почве различных сельскохозяйственных культур.

### 2.75. Санитарно-гигиенические нормативы содержания радионуклидов в продовольственном сырье и пищевых продуктах (по СанПиН 2.3.2.1078-01)

Группа продуктов	Радионуклид, Бк/кг	
	$^{137}\text{Cs}$	$^{90}\text{Sr}$
Зерно продовольственное	70	40
Семена зернобобовых	50	60
Овощи, бахчевые	120	40
Картофель	120	40
Фрукты, ягоды, виноград	40	30
Рыба	130	100
Мясо	160	50
Птица	180	80
Яйца	80	50
Молоко, сливки, сметана и др.	100	25
Сахар	140	100

**Методика определения контрольных уровней загрязнения радионуклидами почв пастбищных и сенокосных угодий.** Контрольные уровни загрязнения почв пастбищных и сенокосных угодий определяются с учетом коэффициентов перехода радионуклидов в травостой и далее в продукцию животноводства. При определении контрольных уровней для почв пастбищ за основу принимаются установленные допустимые удельные активности радионуклидов в молоке или мясе (ДУА) по СанПиН 2.3.2.1078-01 (см. табл. 2.75).

Содержание радионуклидов в продукции животноводства рассчитывается исходя из суточного рациона сельскохозяйственных животных (т, кг). Так, в пастбищный период для расчета принимается суточное потребление 40 кг травы (или 10 кг сена) на одну голову.

Содержание радионуклида в рационе животных ( $A_p$ , Бк на один рацион) определяется на основании коэффициентов перехода радионуклида из рациона в продукцию ( $K_{p,п}$ ). Коэффициенты перехода их из рациона в молоко и мясо берутся из справочника [187].

Удельная активность рациона (1 кг травостоя или сена) составляет ( $UA_p$ ), Бк/кг:

$$(UA_T) = A_p : m \quad (2.46)$$

При определении контрольного уровня загрязнения почв сенокосов и пастбищ исходят из соотношения

$$n-T = UA_T, \text{ Бк/кг} / \text{плотность загрязнения почвы, кБ/м}^2. \quad (2.47)$$

Коэффициенты перехода радионуклидов из почв различных типов в травостой определяются экспериментально или могут быть использованы рекомендованные средние значения [7].

Плотность загрязнения почв сенокосов и пастбищ (контрольный уровень) рассчитывается соотношением

$$\text{плотность загрязнения почвы, кБ/м}^2 = UA_T, \text{ Бк/кг} / КП_{n,T}. \quad (2.48)$$

Полученное значение плотности загрязнения сенокосов и пастбищ является контрольным уровнем для конкретного типа почв и вида травостоя. Использование этих кормовых угодий для выпаса сельскохозяйственных животных гарантирует получение продукции животноводства, соответствующей санитарно-гигиеническим нормативам. Таким образом, дается агроэкологическая оценка почвы по показателю загрязнения радиоактивными веществами и определяется возможность использования этих кормовых угодий для производства нормативной продукции животноводства.

### 2.7. Фитосанитарная оценка земель

Во всех агроэкосистемах на различных этапах производства сельскохозяйственной продукции с культурными растениями взаимодействуют многие виды организмов: насекомые, растительноядные клещи и пауки, нематоды, грибы, бактерии, вирусы, сорные растения, птицы и млекопитающие. Предупредить потери урожая от вредных организмов на основе рациональной организации профилактических и защитных мер можно лишь при условии оперативной и качественной оценки фитосанитарного состояния земель, а также составления на ее базе кратко- и долгосрочного прогнозов появления, развития и распространения вредных организмов.

Для принятия оперативного решения о необходимости проведения защитных мероприятий надзор за посевами осуществляется за четыре-шесть дней. Используются высокопроизводительные методики обследований, позволяющие сравнить определенные немногочисленные характеристики популяций с экономическими пороговыми значениями вредности. Для этого при маршрутных обследованиях определяют заселенность сельскохозяйственных угодий вредными и полезными насекомыми, возбудителями болезней, сорняками и т.д. (процент заселения). Для получения достоверной информации важно охватывать не менее 10-15% площадей каждого вида участков. Плотность вредных организмов (интенсивность развития болезней для патогенов) устанавливается при помощи специальных методов учета. Оптимальные сроки проведения каждого обследования и учета, а также их периодичность определяются характером динамики распространения и развития вредного организма, который обуславливается его биологией и экологической обстановкой в агроландшафтах. Для разработки прогнозов распространения и

развития вредных организмов различной заблаговременности проводят исследования дополнительных популяционных характеристик (для насекомых, например, возрастной и половой состав, плодовитость самок, зараженность вредителей энтомофагами и болезнями и др.).

### 2.7.1. Методы учета насекомых

Количественная оценка вредных и полезных насекомых в биотопе сводится к выявлению абсолютной численности особей в определенном ограниченном пространстве или объеме либо относительной по следам жизнедеятельности (число поврежденных растений, плодов, вылов за определенный срок в различные виды ловушек). По признаку их обитания специальными методами учитываются насекомые, живущие на растениях, внутри них, свободно передвигающиеся по поверхности почвы, обитающие в ней и т.д. В зависимости от того, в какой среде учитывают насекомых, изменяются формы оценок плотности вредителей. Например, плотность видов, обитающих в почве, оценивают по числу особей в среднем на 1 м<sup>2</sup>, живущих на растениях — по числу особей на 100 растений, проценту заселенных растений.

Вредителей, обитающих в почве, учитывают методом раскопки площадок: мелкие (до 10 см), средние (до 45 см) и глубокие (более 45 см). Мелкие раскопки используют при учете кубышек саранчовых, коконов лугового мотылька и гороховой плодожорки, активно питающихся гусениц подгрызающих совок и личинок хлебной жужелицы, куколок минирующих молей и др. Пробы средней глубины (30-35 см) применяют для учета прекративших питание гусениц подгрызающих совок и личинок хлебной жужелицы, глубокие (до 65-100 см) — для свекловичных долгоносиков, хрущей, хлебных жуков и др. Размеры раскапываемой площадки 25×25 или 50×50 см. Пробы выбирают послойно, а насекомых — просиванием или промывкой. На каждые 5 га берут 1-2, на 100 га — 20 площадок.

Для учета насекомых, передвигающихся по поверхности почвы, используют почвенные ловушки — сосуды с фиксирующей жидкостью (2-4%-ный раствор формалина), закопанные в почву вровень с верхним краем, либо канавки длиной 1-5 м, глубиной и шириной по 30 см. Эти способы применяют для относительного учета долгоносиков (свекловичного, серого и т.д.), мертвоедов, чернотелок, жужелиц и др. Число почвенных ловушек и ловчих канавок — одна-две на каждые 5 га.

Вредителей, обитающих на растениях, учитывают на площадках размерами 50×50 см. Рамку накладывают так, чтобы охватить ею часть рядков культуры (зерновых, свеклы, подсолнечника и т.п.) и междурядья, в пределах этого пространства подсчитывают всех особей на растениях и опавших на поверхность почвы. Этот метод применяют для количественной оценки вредной черепашки, пядицы, хлебных жуков, имаго хлебной жужелицы, гусениц лугового мотылька, луговой и капустной совок, долгоносиков, колорадского жука и др. Мелких и прыгающих насекомых (преимущественно блошек) учитывают при помощи ящика Петлюка, нижним основанием которого охватывают часть рядков и междурядья посевов. В среднем учитывают одну пробу на 5 га.

Мелких насекомых (земляные блошки, клопы слепняков, щитовосики, минирующие мухи) или яйцекладки (совки, мотыльки, клопы и др.) при рядковом посеве учитывают на отрезках рядка 25-100 см, на пропашных культурах — на десяти растениях в десяти пробах.

Для насекомых, не поддающихся визуальному учету, применяют метод стряхивания с растений (по 5 растений в 20 местах поля). Из полевых культур этот метод применим, например, для рапсового цветоеда, а также для некоторых энтомофагов.

Вредителей, живущих внутри растений (злаковые мухи, клеверный семенед, стеблевые блошки, стеблевые мотыльки, стеблевые хлебные пилильщики), учитывают путем их вскрытия. Берут десять проб по 0,25 м<sup>2</sup> с каждого учитываемого агроландшафтного участка.

При оценке плотности заселения растений мелкими вредителями (тли, клещи) получают два показателя — процент заселенных растений и балл заселения: 1 балл — слабая заселенность (на растениях встречаются отдельные экземпляры вредителя или заселено менее 25% поверхности листьев), 2 балла — средняя (на растениях отмечены одна-две колонии или заселено до 50% поверхности листьев), 3 балла — сильная (на растениях встречается более двух колоний, заселено более 50% всей поверхности листьев).

Методом кошения стандартным энтомологическим сачком с обручем диаметром 30 см и мешком глубиной 60 см учитывают хлебных пилильщиков, злаковых мух, энтомофагов яруса травостоя. В зависимости от активности и уловистости объекта 1 проба составляет 10-20 взмахов сачком. Берут 5-10 проб, что составляет 100 взмахов сачком на поле.

Для повышения производительности учетных работ при определении вредителей, а в последнее время и полезных насекомых, используются ловушки. Они могут имитировать естественные убежища насекомых (приманки-укрытия, ловчие канавки), источники света (светоловушки), привлекающие вещества (пищевые приманки, феромоны). Для многих бабочек из семейства совок, в частности, серой зерновой совки, используют пищевые приманки с бродящей патокой. Ее разливают в металлические противни или корытца, которые по 5-10 шт. выставляют в поле на расстоянии не ближе 50 м друг от друга. К числу насекомых, реагирующих на свет, относятся хлопковая совка, совка-гамма, люцерновая совка, луговой мотылек, озимая совка и др. Их отлавливают с помощью светоловушек. Феромонные ловушки используют для определения фенологии размножения и отчасти численности таких вредителей, как яблонная плодожорка, американская белая бабочка, хлопковая совка и др. Для некоторых из них установлена корреляция между численностью выловленных самцов и вероятной вредоносностью гусениц.

### 2.7.2. Методы учета грызунов

О плотности популяций грызунов судят по следам их жизнедеятельности (по убежищам-норам). В одном убежище обычно живет одна семья, одна или несколько особей. Учитывают число всех колоний и жилых, число всех нор и жилых в пересчете на 1 га. Жилыми колониями называют те, у которых по-

сле прыкопкі всех входных отворстий перед заходом солнца к утру следующего дня оказываются открывшимися одно или несколько входных отворстий, а жилыми норами — входные отворстия, открывшиеся к утру следующего дня после их прикопки с притаптыванием в конце предшествующего дня. Этим методом учитывают плотность песчанок и других мышевидных грызунов.

Относительный учет численности полевых, мышей, хомячков проводят с помощью вылова плашками с приманкой. Плашки выставляют под вечер линиями с интервалом 5 м по 20, 50 или 100 шт.

Учет сусликов осуществляют путем подсчета жилых нор и с помощью дуговых капканов. При учете сусликов по жилым (открывшимся) норам на каждые 200 га первичных угодий закладывают одну гектарную площадку (50x200 м). На ней утром прикапывают и притаптывают все норы, а через 3-4 ч подсчитывают открывшиеся норы, которые принимают за показатель плотности сусликов. Учет сусликов дуговыми капканами № проводят на тех же учетных площадках. Через 3-4 ч после прикопки на них выставляют капканы к открывшимся норам. Капканы проверяют через 3-4 ч.

### *2.7.3. Методы учета распространения и развития болезней*

Выявление и учет развития болезней, вызываемых низшими грибами, бактериями, микоплазменными организмами, вирусами и виридами, осуществляются в основном 3-4 раза в течение вегетации, начиная с периода полных всходов до созревания. Они поражают различные органы и ткани растений, и учет болезней проводят на основе симптомов поражения растений в результате их жизнедеятельности. Эти симптомы выражаются в виде отмерших растительных тканей, некрозов, палетов, пустул, изъязвлений, гнилей, опухолей, деформаций тканей, мумификаций, увяданий и др. Первым этапом учета болезней являются отбор и тщательный осмотр пробы растений. Основные элементы учета — показатели частоты встречаемости (распространенность), отражающие количество поврежденных растений в пробе (в процентах) и интенсивность поражения (в процентах или баллах).

Учет головневых заболеваний приурочивают к определенным фазам вегетации, когда проявление болезни наиболее сильно выражено на растениях: в посевах пшеницы, ржи, ячменя и овса — конец молочной — начало восковой спелости зерна, что совпадает с проведением апробации посевов. На участках 200-450 га отбирают не менее чем в 100 точках по 10-15 стеблей, до 200 га — от 100 до 1000 стеблей. При анализе подсчитывают число здоровых и пораженных стеблей и определяют процент заражения культуры по каждому виду головни.

Оценку поражения всеми видами ржавчины, кроме стеблевой, проводят в период налива — молочной спелости зерна. Стеблевую ржавчину учитывают одновременно с головневыми заболеваниями при апробации. На полях площадью до 100 га берут 20 проб по 10 стеблей в каждой. Определение интенсивности поражения растений ржавчиной проводят по специальным шкалам, в которых степень его выражена в виде условных процентов площади листа



или стебля, занятых пустулами гриба. У пшеницы и овса поражение листовой (бурой) ржавчиной учитывают по интенсивности покрытия пустулами верхнего и второго листов, у ячменя и ржи — второго и третьего листов, те же ярусы листьев используют и для оценки поражения желтой ржавчиной.

Учет развития мучнистой росы на зерновых проводят в период от начала колошения до молочной спелости зерна. На площади до 50 га берут 20 проб по 10 стеблей в каждой; на последующих участках по 10 га — дополнительно по 2 пробы. Учитывают поражение первого, второго, третьего и четвертого листьев и стебля по междоузлиям. Степень поражения устанавливают по четырехбалльной шкале, применяемой для оценки пораженности отдельных органов: 0 — отсутствие поражения, 1 балл — поражение до 10% поверхности, 2 балла — от 11 до 25, 3 балла — от 26 до 50, 4 балла — свыше 50% поверхности. Пораженность растений септориозом устанавливают в тот же период путем осмотра листьев определенного яруса на 10 стеблях в 10 пробах, определяя процент пораженных стеблей и степень поражения листьев по шкале.

Обследование посевов на зараженность корневыми гнилями приурочивают к периоду всходы — кущение и к уборке. Число и размер учетных площадок устанавливают в зависимости от характера поражения и площади полей. При изреживании посевов определяют количество погибших всходов (в процентах), отбирая по 100 растений: на участках до 100 га — 10 таких проб, а свыше — на каждые 50 га прибавляют 1 пробу. Второй учет корневых гнилей, а также пустоколосости и белостебельности проводят в фазу молочной спелости. Для этого на участках до 100 га берут 10 проб по 100 растений и определяют интенсивность поражения по шкале баллов: 0 — здоровые растения, 1 балл — слабое побурение основания стебля или подземного междоузлия, 2 балла — сильное побурение основного и подземного междоузлий, 3 балла — сильное побурение и белостебельность, 4 балла — погибшие или пустоколосые растения. Степень развития заболевания устанавливают как средний показатель пораженности растений, в котором учтено число (в процентах) больных растений и степень (в баллах) поражения.

С целью прогноза развития корневых гнилей в посевах целесообразно учитывать уровень заселенности почвы возбудителем. Для этого с каждого поля, независимо от его площади, отбирают 2 средних образца массой не менее 200-300 г, который составляют из 20 проб, отобранных буром. Из почвы извлекают конидии гриба растворами различных солей с добавлением вазелинового масла. Затем из поверхностного слоя полученной эмульсии отбирают образец и микроскопируют. После определения уровня заселенности почв возбудителем составляют фитопатологическую почвенную картограмму.

#### **2.7.4. Методы учета сорняков**

С целью прогноза засоренности сельскохозяйственных угодий осенью после уборки культуры или ранней весной следует проводить учет количества семян и органов вегетативного размножения сорных растений в почве. Для этого исходные почвенные пробы (от 10 до 30 проб в зависимости от размера поля) отбираются с помощью буров, объединяются в смешанный образец и

тщательно перемешиваются. Затем из смешанного образца отбираются средние почвенные образцы, из которых отмывается фракция диаметром менее 0,25 мм и отделяются семена сорняков из оставшейся на сите фракции.

Для определения количества семян сорняков на 1 м<sup>2</sup> рассчитывают площадь режущей части бура  $S$  (см<sup>2</sup>) и находят переводной коэффициент  $K$  по формуле

$$K = 10000 : S. \quad (2.49)$$

Количество семян сорняков  $M$  (шт/м<sup>2</sup>) вычисляют по формуле

$$M = K \times m, \quad (2.50)$$

где  $m$  — число семян сорняков в образце.

Жизнеспособность семян определяют по внешним признакам. Обычно живые семена сохраняют форму при легком надавливании и имеют упругую оболочку.

Засоренность почвы органами вегетативного размножения многолетних сорных растений учитывают на площадках размерами 0,5×1 (0,5 м<sup>2</sup>) или 0,5×0,5 (0,25 м<sup>2</sup>) для корневищных и 1×1 (1 м<sup>2</sup>) для корнеотпрысковых видов. Раскопки проводят по слоям: 0-10, 10-20, 20-30 см и т.д.

Засоренность посевов оценивается по числу сорных растений на 1 м<sup>2</sup>. Для этого равномерно по диагонали обследуемого участка накладывают рамку размерами 50×50 см: на полях и участках до 50 га — 10 рамок, 50-100 га — 15, более 100 га — 20 рамок. В пределах рамки определяют численность сорняков каждого вида. Учеты проводят приуроченно к определенной фазе развития посева. Применительно к установлению целесообразности защитных мер с помощью гербицидов учет проводят в следующие сроки:

- яровые зерновые — в начале фазы кущения;
- озимые зерновые — в конце осенней вегетации и весной после отрастания;
- кукуруза — в фазе двух-трех листьев;
- зернобобовые — при высоте растений до 8 см;
- лен-долгунец — в фазе «елочка» (высота растений 3-10 см);
- пропашные культуры — перед междурядными обработками;
- многолетние травы — в фазе первого тройчатого листа или отрастания бобового компонента до фазы кущения злакового компонента;
- чистые пары и необрабатываемые земли — при массовом появлении сорняков.

Для картирования угодий учет необходимо проводить во время массового отрастания большинства видов сорных растений.

Для оценки эффекта защитных мер и вероятной засоренности участка в следующем году целесообразно использовать количественно-весовой метод учета, который проводят перед уборкой урожая. Берут десять проб по 0,25 м<sup>2</sup>, из них срезают под корень все растения. В пробах определяют видовой состав, число сорняков, биомассу культуры и сорных растений, а также их соотношение.

В связи с требованиями повышения достоверности и эффективности учетов вредных организмов разрабатываются дистанционные методы фитосани-

тарного контроля в агроландшафтах на основе идентификации визуально определяемых симптомов повреждения растений (изменение цвета, увядание, низкорослость, образование плешин) методами аэрофотосъемки, многоканального сканирования, тепловой, микроволновой и радиационной съемок с помощью авиационных и спутниковых аппаратов. Аэровизуальная съемка предполагает также использование сети полигонов и наземных станций для приема и обработки информации, аэровизуальный метод наблюдения с самолета бортоблюдателями, а также со сверхлегких летательных аппаратов автоматическими системами. В настоящее время разрабатываются и применяются методы дистанционного зондирования для оценки распространения пьявицы, мышевидных грызунов, колорадского жука и саранчовых.

Результаты обследований заносят в ведомости учетов вредных организмов и полевые журналы. После обобщения исходных данных определяются средние величины, характеризующие численность, видовой состав и распространение вредных организмов, процент зараженных (заселенных) растений, средний процент или балл заселения по каждому полю (участку).

Однако для формирования систем защиты растений, ориентированных на целесообразное применение средств защиты, необходимо не только собрать и обобщить информацию о распространении и плотности вредных организмов, обитающих в биотопах агроландшафта, но и с достаточной полнотой учитывать фенологию и состояние посевов (насаждений), поврежденность (пораженность) растений и их компенсаторные реакции, соотношение вредных и полезных компонентов, погоду и т.д.

## 2.8. Санитарная оценка земель

Нарушение технологий применения удобрений на основе навоза, помета, органоминеральных отходов городов (осадки сточных вод, твердые бытовые отходы, производственные сточные воды и пр.) нередко ухудшает санитарное состояние почвы и агроценозов. Вследствие усиления физического, химического, биологического загрязнения снижается самоочищающаяся способность почвы, повышается ее токсичность, инфекционный и инвазионный потенциал, оказывается негативное влияние на качество продукции растениеводства, окружающей среды, состояние здоровья населения. Оценка санитарного состояния почвы является обязательной при определении и прогнозе степени ее опасности для здоровья и условий проживания населения, разработке мероприятий по рекультивации загрязненных земель, профилактике инфекционной и неинфекционной заболеваемости, решении очередности санитарно-гигиенических мероприятий в рамках комплексных природоохранных программ.

Согласно ГОСТ 17.4.2.01 санитарное состояние почв — это совокупность физико-химических, химических и биологических свойств, которые определяют влияние или потенциальное влияние почвы на здоровье людей. В соответствии с МУ 2.1.7.730-99 санитарное состояние почвы — это совокупность физико-химических и биологических свойств почвы, определяющих качество и степень ее безопасности в эпидемиологическом и гигиеническом отношении.

Санитарная оценка почв сельскохозяйственных угодий проводится по санитарно-химическим, санитарно-бактериологическим, санитарно-гельминтологическим, санитарно-энтомологическим показателям.

**Санитарное обследование земель.** Обязательным предварительным этапом оценки санитарного состояния почвы является ее санитарное обследование, включающее составление картосхем, выбор площадок наблюдения.

Пробная площадка должна располагаться на типичном для изучаемой территории месте. При неоднородности рельефа площадки выбирают по элементам рельефа. На территорию, подлежащую контролю, составляют описание с указанием адреса, точки отбора, общего рельефа микрорайона, расположения мест отбора и источников загрязнения, растительного покрова, характера землепользования, уровня грунтовых вод, типа почвы и других данных, необходимых для правильной оценки и трактовки результатов анализов образцов.

При оценке почв сельскохозяйственных территорий пробы почвы отбирают 2 раза в год (весна, осень) с глубины 0-25 см. На каждые 15 га закладывается в среднем не менее одной площадки размером 100-200 м<sup>2</sup> в зависимости от рельефа местности и условий землепользования.

Точечные пробы отбирают в соответствии с ГОСТ 17.4.4.02-84 с соблюдением стерильности для санитарно-микробиологического и гельминтологического анализов на пробной площадке методом конвертов. Методика отбора проб почвы для оценки санитарного состояния почв приведена в табл. 2.76.

Объединенную пробу составляют из равных по объему точечных проб (не менее пяти), отобранных на одной площадке. Объединенные пробы должны быть упакованы в чистые полиэтиленовые пакеты, закрыты, маркированы, зарегистрированы в журнале отбора проб и пронумерованы. На каждую пробу составляется сопроводительный талон, вместе с которым проба вкладывается во второй внешний пакет, что обеспечивает целостность и безопасность их транспортирования. Время от отбора проб до начала их исследований не должно превышать одних суток.

Подготовка проб к анализу проводится в соответствии с видом анализа. В лаборатории проба освобождается от посторонних примесей, доводится до воздушно-сухого состояния, тщательно перемешивается и делится на части для проведения анализа. Отдельно оставляется контрольная часть от каждой анализируемой пробы (около 200 г) и хранится в холодильнике две недели на случай арбитража.

**2.76. Методика отбора проб почвы для оценки санитарного состояния почвы (МУ 2.1.7.730-99)**

Характер анализа	Частота отбора проб	Размещение пробных площадок	Необходимое число пробных площадок	Размер пробных площадок	Число объединенных проб с одной площадки	Глубина отбора проб, см	Масса объединенной пробы
1	2	3	4	5	6	7	8
Санитарно-химический	Не менее одного раза в год	На разных расстояниях от источника загрязнения	Не менее одной в каждом месте контроля	25 м <sup>2</sup>	Одна из не менее чем пяти точек по 200 г каждая	Послойно 0-5, 5-20	1 кг
В том числе на тяжелые металлы	Не менее одного раза в три года						
Бактериологический	Не менее одного раза в год	В местах возможного нахождения людей	На площади 100 м <sup>2</sup> одна площадка	25 м <sup>2</sup>	Десять из трех точечных по 200-250 г каждая	Послойно 0-5, 5-20	600-750 г

Продолжение табл. 2. 76

1	2	3	4	5	6	7	8
Гельминтологический	2-3 раза в год	То же, что и для бактериологии	На площади 100 м <sup>2</sup> одна площадка	25 м <sup>2</sup>	Четыре-десять из десяти точечных по 20 г каждая	Послойно 0-5, 5-10	200 г
Энтомологический	Не менее 2 раз в год	Мусоросборники разных типов, свалки, иловые площадки	Вокруг одного объекта десять площадок	0,2x2 м	Одна из десяти площадок	10	1 кг
Оценка биологической активности почв (динамнка самоочищения)	В течение трех месяцев (вегетационный период): первый месяц ежедневно, затем один раз в месяц	Не менее одной экспериментальной и одной контрольной площадок		25 м <sup>2</sup>	Одна объединенная из не менее чем пяти точечных по 200 г	0-25	1 кг

В табл. 2.77 приведены основные показатели оценки санитарного состояния почв сельскохозяйственных угодий, функциональных зон, территорий.

**2.77. Объекты наблюдения и основные показатели оценки санитарного состояния почв (показатели выбраны с учетом ГОСТ 17.4.2.01-81 с изменением № 1 от 1985 г. СТ СЭВ4470-84)**

Показатели	Объекты наблюдения (функциональные зоны, территории)						
	жилая зона	детские дошкольные и школьные учреждения, игровые площадки, территории дворов	зоны санитарной охраны водоемов	рекреационные зоны (скверы, бульвары, пляжи, лесопарки)	транспортные магистрали	промышленная зона	сельскохозяйственные земли (опытные поля, сады и огороды, приусадебные участки, тепличные хозяйства)
Санитарное число	±	±	±	-	-	-	-
Азот, мг/кг:							
аммонийный	+	+	+	+	-	±	±
нитратный	+	+	+	+	-	±	+
Хлориды, мг/кг	±	±	±	±	-	±	±
pH	+	+	+	+	+	+	+
Пестициды (остаточные количества*), мг/кг	+	+	+	+	-	±	+
Тяжелые металлы**, мг/кг	+	+	+	±	+	+	+

Продолжение табл. 2. 77

Показатели	Объекты наблюдения (функциональные зоны, территории)						
	жилая зона	детские дошкольные и школьные учреждения, игровые площадки, территории дворов	зоны санитарной охраны водоемов	рекреационные зоны (скверы, парки, бульвары, пляжи, лесопарки)	транспортные магистрали	промышленная зона	сельскохозяйственные земли (опытные поля, сады и огороды, приусадебные участки, тепличные хозяйства)
Нефть и нефтепродукты, мг/кг	+	±	+	±	+	±	+
Фенолы летучие, мг/кг	+	±	+	+	±	+	±
Серпистые соединения**, мг/кг	+	±	+	+	+	+	±
Детергенты**, мг/кг	+	±	+	+	-	+	±
Канцерогенные вещества**, мг/кг	+	+	+	+	+	+	+
Мышьяк, мг/кг	+	+	+	+	+	+	+
Полихлорированные бифенилы, мкг/кг	+	+	+	±	±	±	±
Цианиды, мг/кг**	+	+	+	+	+	+	+
Радиоактивные вещества**, Ки/г	+	+	+	+	+	+	+
Макроудобрения*, г/кг	±	±	+	±	-	-	-
Микроудобрения*, мг/кг	±	±	+	±	-	-	-
Лактозоположительные кишечные палочки (Коли формы)***, индекс <sup>4</sup>	+	+	+	+	+	+	+
Энтерококки (фекальные стрептококки), индекс	+	+	+	+	+	+	+
Патогенные микроорганизмы (по эпидемиологическим показателям), индекс	+	+	+	+	+	+	+
Яйца и личинки гельминтов (жизнеспособных) на 1 кг экз.	+	+	+	+	+	+	+

Продолжение табл. 2.77

Показатели	Объекты наблюдения (функциональные зоны, территории)						
	жилая зона	детские дошкольные и школьные учреждения, игровые площадки, территории дворов	зоны санитарной охраны водоемов	рекреационные зоны (скверы, парки, бульвары, пляжи, лесопарки)	транспортные магистрали	промышленная зона	сельскохозяйственные земли (опытные поля, сады и огороды, приусадебные участки, тепличные хозяйства)
Цисты кишечных патогенных простейших на 100 г, экз.	+	+	+	+	+	+	+
Личинки и куколки сияянтропных мух в почве на площади 20x20 см, экз.	+	+	+	+	±	±	±

\* Выбор конкретного показателя зависит от характера используемых средств химизации сельского хозяйства.

\*\* Выбор показателя зависит от характера выбросов источника загрязнения (промышленные, транспортные, коммунальные и др.).

\*\*\* Допускается определение фекальных форм. Знак «+» означает обязательность определения показателя при определении санитарного состояния почв, знак «-» — показатель необязательный, знак «±» — показатель обязательный при наличии источника загрязнения.

**Оценка санитарного состояния земель по санитарно-химическим показателям.** Основными критериями оценки санитарного состояния почв по степени их химического загрязнения являются предельно допустимые и ориентировочно допустимые концентрации химических веществ в почве. Оценка степени опасности химического загрязнения почв как индикатора неблагоприятного воздействия на здоровье населения проводится согласно требованиям МУ 2.1.7.730-99.

Оценка санитарного состояния почвы по санитарно-химическим показателям осуществляется по величине санитарного числа и динамике содержания в почве аммиачного и нитратного азота, в отдельных случаях — хлоридов. Санитарное число  $S$  косвенно характеризует процесс гумификации органического вещества и позволяет оценить самоочищающую способность почвы от органических загрязнений. Санитарное число  $S$  — это отношение количества азота гумусовых веществ почвы «А» к количеству органического азота «В». Таким образом, частное от деления:  $S=A/B$ . Оценка санитарного состояния почвы по этому показателю проводится в соответствии с табл. 2.78.

Химическими показателями процессов разложения азотсодержащего органического вещества в почве являются аммонийный и нитратный азот. Оценку почв по этим показателям целесообразно осуществлять в динамике или путем сравнения с незагрязненной почвой (контроль).

## 2.78. Оценка чистоты почвы по санитарному числу [155]

Характеристика почв	Санитарное число
Практически чистая	0,98 и больше
Слабо загрязненная	От 0,85 до 0,98
Загрязненная	От 0,7 до 0,85
Сильно загрязненная	Меньше 0,7

**Оценка санитарного состояния земель по санитарно-бактериологическим показателям.** Оценка санитарного состояния почвы по степени ее биологического загрязнения проводится с использованием санитарно-бактериологических (косвенных и прямых), санитарно-паразитологических, санитарно-энтомологических показателей.

Косвенные санитарно-бактериологические показатели характеризуют интенсивность биологической нагрузки на почву и выражаются через наличие санитарно-показательных организмов группы кишечной палочки (БГКП — колииндекс) и фекальных стрептококков (индекс энтерококков).

Прямые санитарно-бактериологические показатели характеризуют эпидемиологическую опасность почвы и выражаются через обнаружение, идентификацию возбудителей кишечных инфекций, патогенных энтеробактерий, энтеровирусов.

Почву оценивают как «чистую» без ограничений по санитарно-бактериологическим показателям при отсутствии патогенных бактерий и индексе санитарно-показательных микроорганизмов до десяти клеток на 1 г почвы (табл. 2.79).

## 2.79. Схема оценки эпидемической опасности почв населенных пунктов (МУ 2.1.7.730-99)

Зоны	Категория загрязнения	Показатели, кл/г						
		кишечные палочки	энтеро-бактерии	патогенные энтеро-бактерии	энтеро-вирусы	яйца гельминтов, аскарид, власоглавы, токсокар, ооцистофер, тениид, на 1 кг, экз.	цисты кишечных патогенных простейших*, на 100 г, экз.	личинки (Л) и куколки (К) мух с площади 20x20 см, экз.
Повышенного риска: сельскохозяйственные земли с ненормированным применением удобрений на основе органических отходов	Чистая	1-9	-	-	-	-	-	-
	Загрязненная	10 и выше	+	+	+	+	+	Л — до 10, К — отсутствие



Продолжение табл. 2.79

Зоны	Категория загрязнения	Показатели, кл/г						
		кишечные палочки	энтеробактерии	патогенные энтеробактерии	энтеровирусы	яйца гельминтов, аскарид, власоглавов, токсокар, онкосфер, тенид, на 1 кг, экз.	цисты кишечных патогенных простейших*, на 100 г, экз.	личинки (Л) и куколки (К) мух с площади 20x20 см, экз.
Санитарной охраны водоемов	Чистая	1-9	1-9	1-9	-	-	-	
	Загрязненная	10 и выше	10 и выше	10 и выше	+	+	+	Л — до 10, К — отсутствие
Санитарно-защитные	Чистая	1-99	-	-	-	-	До 5	
	Загрязненная	100 и выше	+	+	+	+	Свыше 5	Л — до 10, К — отсутствие

\* Цисты кишечных простейших: лямблей, амёб, балантидий, криптоспоридий, «-» — отсутствие в почве, «+» — наличие в почве.

О возможности загрязнения почвы сальмонеллами свидетельствует индекс санитарно-показательных организмов (БГКП и эктерококков) десять клеток и более на 1 г почвы.

Концентрация колифага в почве на уровне 10 КОЕ на 1 г и более свидетельствует об инфицировании почвы энтеровирусами.

Санитарно-бактериологические исследования проводятся в соответствии с нормативно-методической литературой [126,129].

**Оценка санитарного состояния земель по санитарно-паразитологическим показателям.** Важным показателем санитарного состояния почвы является наличие в ней возбудителей паразитарных болезней.

При оценке эпидемиологической опасности и степени загрязнения почвы возбудителями паразитарных болезней определяют:

вид возбудителей;

их жизнеспособность и инвазионность;

экстенсивный показатель загрязнения «А» — отношение числа положительных проб «Б» (пробы почвы, в которых обнаружены возбудители паразитарных болезней) к общему числу исследованных проб («С») в процентах:  $A = B/C \times 100$ ;

интенсивный показатель загрязнения, общее содержание возбудителей паразитарных болезней в 1 кг (или 100 г) почвы.

Количественные критерии паразитологического загрязнения почв различных территорий представлены в табл. 2.79.

Санитарно-паразитологические исследования почвы проводятся в соответствии с методическими указаниями Минздрава [119].

**Оценка санитарного состояния земель по санитарно-эпидемиологическим показателям.** Одним из критериев санитарного состояния почвы является отсутствие или наличие в ней на площадке размерами 20x20 см преимагинальных форм (личинки, куколки) синантропных мух. Оценка санитарного состояния почв проводится по наличию в ней личинок и куколок мух. Наличие личинок и куколок в почве является показателем неудовлетворительного ее санитарного состояния.

Санитарно-эпидемиологические исследования проводятся в соответствии с методическими указаниями Минздрава.

**Оценка санитарного состояния земель по биологической активности почвы. Заключение о санитарном состоянии земель.** Санитарное состояние, способность почвы к самоочищению могут оцениваться посредством определения изменения ее биологической активности. Основными интегральными показателями биологической активности почвы являются: общая микробная численность (ОМЧ), численность основных групп почвенных микроорганизмов (почвенных сапрофитных бактерий, актиномицетов, почвенных микромицетов), показатели интенсивности трансформации соединений углерода и азота в почве («дыхание» почвы, «санитарное число», динамика азота аммиака и нитратов в почве, азотфиксация, аммонификация, нитрификация и денитрификация), динамика кислотности и окислительно-восстановительного потенциала в почве, активность ферментативных систем и др.

Методики измерений и оценки биологической активности почвы приведены в указаниях Минздрава [120].

Почву можно считать «незагрязненной» по показателям биологической активности при изменениях в микробиологических показателях не более 50% и биохимических не более 25% по сравнению с такими же для контрольных, принятых в качестве чистых незагрязненных, почв.

Заключение о санитарном состоянии почв агробиоценозов составляется по соответствию результатов проводимых токсикологических, микробиологических, биохимических, ветеринарно-санитарных, гигиенических исследований требованиям нормативов безопасности.

## **2.9. Оценка устойчивости ландшафтов и агроландшафтов и их антропогенной преобразованности**

### **2.9.1. Экологическая устойчивость природных ландшафтов**

В основе современной парадигмы природопользования (sustainable development) лежит экологический императив, под которым понимаются требования сохранения окружающей среды при условии экологического равновесия. *Природное экологическое равновесие* — это баланс средообразующих компонентов и естественных процессов, обеспечивающий длительное

существование определенных экосистем или их эволюцию в ходе сукцессии в сторону климаксовых сообществ.

Равновесие биогеоценозов складывается в результате баланса противоположно направленных процессов: продукционного и деструкционного; гумификации и минерализации; образования и разрушения структуры почвы; уплотнения и разуплотнения почв; поступления и выноса веществ; поступления токсикантов и их разложения; эрозионных процессов и почвообразования; соотношения биологических видов; соотношения процессов, определяющих подвижность биогенных элементов.

Важнейшей характеристикой экологического равновесия является экологическая устойчивость.

*Устойчивость природного ландшафта* — это его способность в условиях возмущающих воздействий сохранять структуру и саморегулирующееся функционирование в пределах естественного колебания параметров.

В соответствии с особенностями структуры и функционирования различаются определенные виды экологической устойчивости ландшафтов и почв. В частности, А.Д. Фокиным [218] рассматриваются три вида устойчивости природных экосистем, в основе которых лежат механизмы саморегулирования и самоорганизации: структурно-статическая, функционально-динамическая и буферность.

Под *структурно-статической устойчивостью* понимается свойство экосистемы при возмущающих воздействиях сохранять стабильные состав и соотношение между отдельными структурными компонентами системы.

*Функционально-динамическая устойчивость* — свойство почвы или экосистемы сохранять стабильное функционирование, которое определяется устойчивостью и сбалансированностью отдельных звеньев биогеохимических потоков и биохимических циклов в целом.

*Буферность* — способность почвы и наземной экосистемы к самовосстановлению структурных свойств и функциональных параметров, нарушенных в результате возмущающих воздействий.

*Саморегулирование ландшафта* — свойство ландшафта в процессе его функционирования сохранять на определенном уровне режимы и характеристики связей между компонентами.

*Самоорганизация ландшафта* — процесс создания, развития и воспроизведения или восстановления структуры ландшафта. Процессы самоорганизации имеют место только в системах, обладающих высоким уровнем сложности и большим количеством элементов.

Важнейшим элементом самоорганизации является *самоочищение ландшафта* — способность перерабатывать (сортировать, осаждать, разлагать и т.д.) или выводить за свои пределы загрязняющие вещества. Наибольшей способностью к самоочищению обладают ландшафты с высокой интенсивностью круговорота веществ.

### 2.9.2. Устойчивость агроландшафтов

Исходя из общебиологических представлений функционирования культурного ландшафта, т. е. выполнения им ресурсовоспроизводящих, природоохранных и других функций, необходимо постоянное поддержание его производственно-экологического потенциала. В геоэкологии и социальной экологии это требование нашло отражение в законе социально-экологического равновесия. Целесообразное природно-антропогенное (социоэкологическое) равновесие есть баланс средообразующих компонентов, природных и природно-антропогенных процессов на уровне, дающем максимальный эколого-социально-экономический эффект [173]. Любой сдвиг экологического и социоэкологического равновесия требует если не перестройки хозяйства, то значительных вложений для его «доадаптации». При планировании и прогнозировании следует исходить либо из существующего равновесия и тогда системно поддерживать его на месте, либо из направления его изменений и тогда выделять специальные средства для ликвидации социоэкологических дисбалансов (нести расходы по адаптации).

В свете этих представлений понятия устойчивости агроландшафта и устойчивости природного ландшафта, иногда отождествляемые, принципиально различаются. Устойчивость природного ландшафта часто не имеет агрономического значения, особенно, когда речь идет о такырах, солончаках, солонцах, болотах и т.д. Агронома интересует не устойчивость, а податливость таких ландшафтов мелиорации и освоению. В отличие от саморегулирующегося функционирования природного ландшафта агроландшафт функционирует в режиме, заданном человеком. Его устойчивость связана с поддержанием заданных параметров функционирования (определенного физико-химического состояния почв, гидрологического режима и др.) ценой определенных усилий. Цена устойчивости агроландшафта включает в себя затраты на поддержание производительных и экологических функций, в том числе природоохранных.

Таким образом, *устойчивость агроландшафта* — это способность поддерживать заданные производительные и социальные функции, сохраняя биосферные.

В соответствии с основными функциями рассматриваются и основные виды устойчивости агроландшафтов как составной части сельскохозяйственных ландшафтов.

Экологическая устойчивость агроландшафтов реализуется режимами органического вещества, биогенных элементов, реакции среды, окислительно-восстановительных условий, структурного состояния и сложения почвы, воздуха, влаги, тепла, биогенности, биологической активности почвы, фитосанитарного состояния агроценозов. В зависимости от объектов и механизмов действия экологическая устойчивость подразделяется:

на *физическую* (устойчивость литосферы, противозерозионная устойчивость);

*биологическую* (восстановительные и защитные функции растительности, устойчивость против вредных организмов);

*геохимическую* (способность к самоочищению от продуктов загрязнения и снижению их токсичности, буферность, противостояние засолению);

*гидрогеологическую и гидрологическую* (противостояние остепнению, опустыниванию, заболачиванию).

С экологической устойчивостью агроландшафта связано выполнение биосферных, общеэкологических функций — сохранение почв, растительного и животного мира, запасов поверхностных и подземных вод, их качества, поддержание оптимального состава атмосферы.

*Агрономическая (производительная) устойчивость* включает в себя устойчивость урожайности сельскохозяйственных культур, продуктивности пастбищ, качества продукции. Она оценивается по коэффициенту вариации показателя.

*Экономическая устойчивость* характеризуется экономическими параметрами производства.

В отличие от природных экосистем, которые ориентированы на выживание с помощью природных механизмов, агроэкосистемы ориентированы на урожайность и определенное качество продукции. Экологическая устойчивость первых несравненно выше, чем вторых. Это определяет особый интерес к механизмам природной устойчивости (естественно, речь идет об экосистемах высокой биопродуктивности и механизмах ее обеспечения), их использованию при формировании агроландшафтов. В основе этих механизмов лежит биологический круговорот веществ при большом видовом разнообразии и высокой численности организмов, что является главным фактором обеспечения устойчивости.

В большинстве агроценозов биологическая продуктивность меньше, чем в естественных ценозах, особенно велики различия по общим запасам фитомассы. Пополнение запасов органического вещества, повышение биогенности почв — общие условия повышения устойчивости агроландшафтов.

В процессе трансформации ландшафта для поддержания нового его состояния требуются специальные затраты, и по мере интенсификации производства возрастает цена экологической устойчивости. Цена устойчивости агроландшафта тем больше, чем сильнее отличаются требования сельскохозяйственных культур и животных от агроэкологических условий ландшафта.

Наименьшей ценой устойчивости характеризуются наиболее благополучные по условиям возделывания полевых культур плакорные лесостепные и степные черноземные агроландшафты.

Устойчивость эрозионных ландшафтов при распашке сильно снижается из-за эрозии, усиления поверхностного стока. Использование их в полевой культуре требует обеспечения экологической устойчивости с помощью противоэрозионных систем земледелия, сдерживающих потери почвы в допустимых пределах.

При создании агроландшафтов на солонцовых и засоленных почвах достигается новое состояние водно-солевого режима и свойств почв, устойчи-

вость которых поддерживается системами мелиоративных и агротехнологических мер. Цена устойчивости в большой мере зависит от степени совпадения вектора агрономической трансформации ландшафта с природными процессами. Она снижается при однонаправленности мелиоративных изменений и природных процессов (рассоления и рассолонцевания на хорошо дренированных остаточных солонцовых комплексах) и возрастает, если мелиорация направлена на преодоление активного засоления и осолонцевания, поддерживаемого близкими засоленными грунтовыми водами.

В таежной зоне цена агроэкологической устойчивости агроландшафтов пропорциональна требованиям окультуренности почв. Ее повышение находится в противоречии с элювиальными процессами, заболачиванием. Поддержание определенной степени окультуренности почв требует постоянного сдерживания этих процессов и компенсации потерь внесением извести, удобрений, травосеянием и др.

На осушенных болотно-подзолистых и болотных почвах в цену экологической устойчивости агроландшафтов входят поддержание оптимального водно-воздушного режима, сдерживание сработки торфа, предотвращение и недопущение обсыхания и деградации смежных ландшафтов и др.

Количество контрольных параметров устойчивости агроландшафтов сильно различается в зависимости от их категорий, уровня интенсификации производства, характера и степени внешних воздействий.

Цена общей устойчивости агроландшафта включает в себя затраты на обеспечение устойчивости всех видов: производительной, экологической и социально-экономической.

Цена экологической устойчивости агроландшафта включает в себя затраты на мероприятия по охране почв от разрушения и поддержание экологических функций. Она должна входить в затраты товаропроизводителя на получение продукции и соответственно в цену товара. Прежнее хозяйствование без платы за природные ресурсы и ответственности за их эксплуатацию порождало экологические риски, бедствия и катастрофы. Товаропроизводители обязаны обеспечивать экологическую устойчивость агроландшафта и нести ответственность за загрязнение, эрозию и другие проявления деградации ландшафтов и почв. Государство должно выполнять контрольные функции и создавать благоприятные условия для производственной и природоохранной деятельности, регулируя ее экономическими, юридическими и другими средствами.

Если агротехнологии адаптированы к ландшафту, то операции, направленные на достижение определенной продуктивности, способствуют повышению его экологической устойчивости. Например, сокращение поверхностного стока противоэрозийными мероприятиями снижает темпы эрозии и повышает урожайность за счет дополнительного влагонакопления. Однако такое совпадение часто не является полным. Затраты на предотвращение деградации часто оказываются выше стоимости прибавки урожая. Еще выше затраты на преодоление последствий деградации, прекращение оврагообра-

зования путем проведения гидротехнических, лесомелиоративных и других затратных мероприятий.

Введение понятия *цены устойчивости агроландшафта*, включающей в себя затраты на освоение, использование и природоохранные мероприятия, позволило бы объективно выбирать оптимальное решение по использованию ресурсов, особенно в сложных ландшафтах. Методология адаптивной интенсификации предполагает различные комбинации приспособительных мероприятий, сплошных или выборочных мелиораций, адекватный подбор агротехнологий различной интенсивности. Довольно часто сплошные мелиорации больших массивов не только повышают цену устойчивости мелиорированных земель, но и создают проблему неустойчивости смежных ландшафтов. Стремление выровнять по плодородию большие участки нередко заканчивается неудачами в связи с восстановлением природных геохимических потоков, развитием труднопрогнозируемых постмелиоративных процессов.

Поддержание разнообразия ландшафтов оправдывается с разных точек зрения. Сохранение в природном состоянии сложных ландшафтов способствует поддержанию биологического разнообразия, вывод из активного сельскохозяйственного оборота маргинальных земель позволит сконцентрировать на лучших землях производственные ресурсы и освоить современные агротехнологии.

Низкая устойчивость агроландшафтов по сравнению с природными ландшафтами связана с нарушением механизмов саморегуляции. Уничтожение естественной растительности резко снижает сопротивляемость почв эрозии. Интенсивная обработка способствует переуплотнению почв. Все это приводит к усилению поверхностного и уменьшению грунтового стока, обсыханию территории, усилению окислительных процессов и соответственно снижению содержания органического вещества в почвах. Обедняется и резко сокращается почвенная фауна. Снижается численность и активность микрофлоры, чему способствует применение пестицидов. Резко снижаются емкость и интенсивность биологического круговорота веществ. Беднеет генофонд. Возникновение в агроценозах множества свободных экологических ниш, доступных сорнякам, вредителям и патогенам, обуславливает ухудшение фитосанитарной ситуации, при повторных посевах возникает почвоутомление.

Необходимо ориентироваться на те режимы функционирования агроэкосистем, которые позволили бы значительно увеличить потенциал их саморегуляции. Чем ближе они к природным, тем устойчивее агроэкосистемы.

Непременное условие экологизации агроландшафтов — создание оптимальной инфраструктуры: устройство экологического каркаса в виде лесов, лугов, водоемов, что в определенной мере обеспечивает стабилизацию гидрорежимов, поддержание биологического разнообразия, в частности, численности видов (птиц, энтомофагов и др.), конкурирующих с полевыми вредителями.

Оптимизация структуры агроландшафта предусматривает рациональное размещение севооборотов, полей, производственных участков, лесных и кустарниковых полос, противозерозионную и мелиоративную организацию тер-

ритории. Важное условие экологизации земледелия — защищенность поверхности почвы растениями или растительными остатками. Мульчирование поверхности почвы в известной мере воспроизводит защитную роль лесной подстилки или степного войлока.

Развивая понятие экологической устойчивости агроландшафтов, следует рассматривать его в контексте природно-антропогенной эволюции, которая может складываться в направлении окультуривания или деградации. Весь диапазон возможной эволюции можно описать S-образной кривой, проходящей через нуль-пункт, соответствующий состоянию устойчивого природного ландшафта (рис. 2.14).

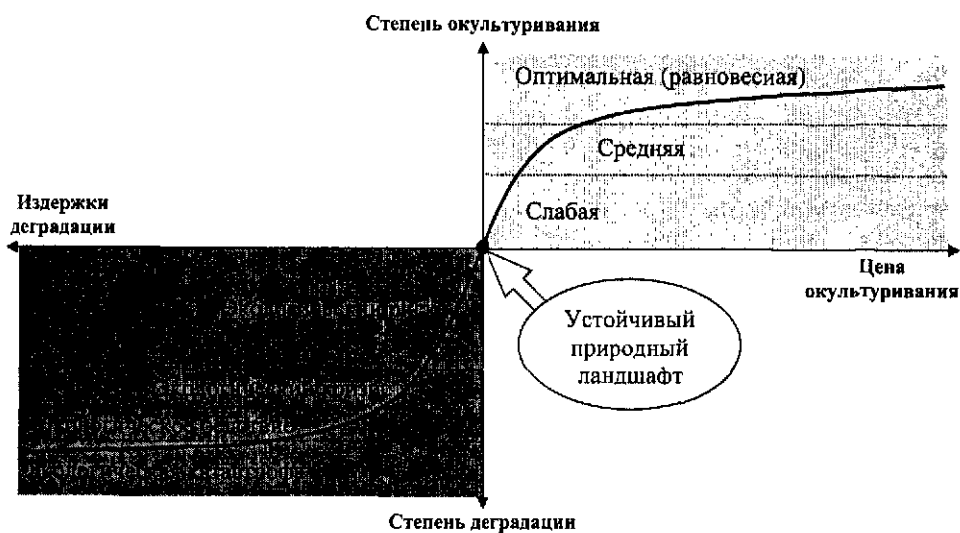


Рис. 2.14. Природно-антропогенная эволюция ландшафтов

Уровни окультуривания почв — субъективные категории, устанавливаемые по критериям почвенного плодородия для разных сельскохозяйственных культур. Однако окультуривание имеет и объективные эколого-экономические пределы. Они определяются состоянием нового равновесия между противодействующими процессами, например, в таежных ландшафтах — биогенно-аккумулятивными, с одной стороны, элювиальными (выщелачивание, оподзоливание, лессиваж, элювиально-глеевые процессы) и деструктивными, с другой стороны. Стремление к максимальному преодолению тех или иных природных процессов наталкивается на большие экономические издержки и неблагоприятные экологические последствия. Оптимальный уровень экологического равновесия и устойчивости агроландшафта в направлении окультуривания должен получить количественное выражение.

Такой же количественный подход необходим и в отношении деградации ландшафта. В данной связи заслуживает определенного внимания принцип оценки деградации почв и почвенного покрова по «увеличению затрат различного рода ресурсов (энергетических, сырьевых, информационных и про-



чих) для достижения ранее полученного количества и качества продукции и/или ограничений на дальнейшую деятельность человека» [222]. Эта позиция должна быть усилена экологическими требованиями как приоритетными (экологический императив), поскольку агроландшафт — это не только сфера производственной деятельности, но и среда обитания человека и часть биосферы. Поэтому при оценке деградации ландшафтов и почв на первый план выходит степень сохранения экологических функций. Сохранение их не всегда совпадает с понижением продуктивности и не сразу замечается. Например, снижение экологических функций ландшафта в результате эрозии (особенно на фоне удобрений) или сработки торфа может не сопровождаться уменьшением урожайности вплоть до выхода на поверхность почвообразующей или подстилающей породы, когда экологический ущерб от потери почвы многократно перекрывается экологическим ущербом на все время.

Изучение агроэкосистем как производных экосистем представляет особый интерес в отношении понимания механизмов трансформации, функционирования природных и антропогенных биотических сообществ, их взаимодействия с изменяющейся средой, динамики биологического круговорота веществ. Только на основе этих представлений можно пытаться приближать устойчивость агроэкосистем к природным экосистемам. Это весьма трудная задача вопреки излишней оптимистичности многих авторов, касающихся этой проблемы.

### 2.9.3. Оценка деградации агроландшафтов и почв

*Деградация агроландшафта, исходя из позиций экологического императива, — это негативные изменения, выражающиеся в снижении или утрате им способности выполнять функции воспроизводства ресурсов и среды и социально-экономические.* Виды деградации агроландшафтов различаются в зависимости от природы процессов:

*физическая* — плоскостной смыв и линейный размыв, дефляционный снос почв, расчленение территории оврагами, увеличение площади эродированных почв, выход на поверхность почвообразующих и подстилающих пород, усиление сложности и контрастности почвенного покрова, ухудшение физических свойств почв, увеличение площади подвижных песков, засыпание и заиливание водоемов;

*биологическая* — деградация растительного покрова, уменьшение биологического разнообразия, снижение биологической продуктивности;

*геохимическая* — нарушение круговорота веществ (ослабление биологического, усиление геологического круговоротов), засоление (повышение минерализации поверхностных и грунтовых вод, засоление территорий, обнажение соленосных пород), загрязнение вредными веществами почв, поверхностных и грунтовых вод, воздуха;

*гидрогеологическая и гидрологическая* — обсыхание территории (усиление поверхностного и сокращение грунтового стока, уменьшение запасов поверхностных и грунтовых вод), заболачивание (затопление, поднятие УГВ

выше критического, усиление неоднородности почвенного покрова вследствие формирования полугидроморфных и гидроморфных почв).

В контексте антропогенной трансформации ландшафтов следует рассматривать деградацию почв, понимая под ней устойчивое ухудшение их свойств и связанное с ним сокращение или утрату экологических и производственных функций. Под сокращением экологических функций понимаются снижение биологической продукции, интенсивности биологического круговорота, поступление в атмосферу кислорода, усиление перехода углекислоты из почв в атмосферу, снижение буферной и поглощательной способности почвы, уменьшение биологической активности; ослабление санитарных функций. Различаются следующие виды деградации почв:

*физическая* (переуплотнение, эрозия, дефляция и др.);

*физико-химическая* (подкисление, подщелачивание, снижение поглощательной способности и буферности, вторичное засоление, осолонцевание);

*биологическая* (уменьшение содержания органического вещества, численности и видового состава биоты, снижение биологической активности, почвоуплотнение);

*заболачивание;*

*загрязнение вредными веществами.*

Оценка деградационных процессов пока не получила должного развития, но определенные разработки на эту тему имеются (табл. 2.80).

**2.80. Оценочные показатели степени деградации агроландшафтов и почв [232]**

Показатели	Степень деградации				
	0	1	2	3	4
<i>Деградация ландшафтов</i>					
Увеличение площади средне- и сильноэродированных почв в год, %	< 0,5	0,6-1	1,1-2	2,1-5	> 5
Глубина размывов, см	< 20	21-40	41-100	101-200	> 200
Расчлененность оврагами, км/км <sup>2</sup>	< 0,1	0,1-0,3	0,4-0,7	0,8-2,5	> 2,5
Площадь от общей, %:					
обнаженных почвообразующей и подстилающей пород	0-2	3-5	6-10	11-25	> 25
подвижных песков	0-2	3-5	6-15	16-25	> 25
Глубина почвенно-грунтовых вод, м:					
пресных (<1 г/л) в гумидной зоне	> 1	1-0,8	0,8-0,6	0,6-0,3	< 0,3
минерализованных (>3 г/л)	> 7	5,1-7	3,1-5	2-3	< 2
Продолжительность затопления (поверхностного переувлажнения), месяцы	< 3	4-6	7-12	13-18	> 18
Проективное покрытие пастбищной растительностью от зонального, %	> 90	71-90	51-70	10-50	< 10

Продолжение табл. 2.80

Показатели	Степень деградации				
	0	1	2	3	4
<i>Деградация почв</i>					
Увеличение равновесной плотности пахотного слоя от исходного, %	< 10	11-20	21-30	31-40	> 40
Пористость, см <sup>3</sup> /г:					
межагрегатная (без учета трещин)	> 0,2	0,11-0,2	0,06-0,1	0,02-0,05	< 0,02
внутриагрегатная	> 0,3	0,26-0,3	0,2-0,25	0,17-0,19	< 0,17
Коэффициент фильтрации в сутки, м	> 1	0,3-1	0,1-0,3	0,01-0,1	< 0,01
Каменистость покрытия, %	< 5	6-15	16-35	36-70	> 70
Уменьшение от исходного, %:					
мощности гумусового профиля (А+В)	< 3	3-25	26-50	51-75	> 75
запасов гумуса в профиле почвы (А+В)	< 10	11-20	21-40	41-80	> 80
Сработка горфа в год, мм	< 1	1-2,5	2,6-10	11-40	> 40
Потери почвенной массы в год, т/га	< 5	6-25	26-100	101-200	> 200

#### 2.9.4. Экологическая емкость агроландшафта

Для того, чтобы обеспечить экологическую устойчивость агроландшафта, необходимо задать такие параметры производства, при которых технологические нагрузки находились бы в пределах экологической емкости агроландшафта.

Под *экологической емкостью агроландшафта* понимается величина антропогенной нагрузки, которую способен воспринять агроландшафт, сохраняя экологическую и производительную устойчивость. Высказываются предложения разделить земли на разряды по этому критерию, чтобы поставить технологические решения в определенные рамки по уровню интенсивности, объемам и номенклатуре технических средств, агрохимикатов и пр.

Эта проблема давно назрела, имеются определенные научные предпосылки для ее решения, хотя бы в первом приближении. Однако ее разработка не организована, как и проблемы экологического нормирования в целом. Поскольку отсутствует общая методология экологического нормирования, соответствующие экологические нормы не образуют единой системы.

Экологическая емкость агроландшафта — понятие неоднозначное, оно не может быть охарактеризовано одним показателем, поскольку различные виды антропогенной нагрузки (физической, химической, гидрогеохимической и др.) воспринимаются разными элементами системы посредством различных механизмов. Например, способность почв воспринимать возрастающие дозы удобрений, связанное с ними повышение концентрации почвенного раствора и его подкисление обусловлены буферностью почвы, ее погло-

тельными свойствами, а способность той же почвы выдерживать пестицидную нагрузку зависит от наличия микрофлоры, способной их разрушить, и энергетического материала для ее функционирования. Более того, одни и те же почвы противоположным образом могут реагировать на разные нагрузки. Например, песчаные и супесчаные почвы, обладая минимальной экологической емкостью по отношению к химическим нагрузкам (минеральным удобрениям, пестицидам), в то же время способны воспринимать максимальную гидрогеохимическую нагрузку, т. е. орошение водами повышенной минерализации, с повышенным содержанием соды.

Характеристика экологической емкости агроландшафта и нормирование техногенно-химических нагрузок должны завершать агроэкологическую оценку земель. В табл. 2.81 показаны основные условия, определяющие экологическую емкость агроландшафтов.

**2.81. Основные условия, определяющие экологическую емкость агроландшафта**

Тип геохимических ландшафтов	Геохимический барьер	Тип водного режима	ЕКО на 100 г почвы, мг-экв.	Содержание органического вещества, %		Градулометрический состав	Биологическая активность: выделение CO <sub>2</sub> , мг/100 г в сутки	Крутизна склонов транзитных ландшафтов, °	
				гумуса	слабильного				
Элювиальные	Окислительный	Мерзлотный	<10	<1	<0,1	Пески	<5	1-2	
Элювиально-аккумулятивные	Восстановительный	Водозастойный	11-20	1-2	0,1-0,2	Суле-си	5-10	2-3	
			21-30	2-3	0,2-0,4				
Трансэлювиальные	Карбонатный Сульфатный	Периодически водозастойный	31-40	3-4	0,4-0,6	Суглинки:	15-20	5-7	
			> 40	4-6	> 0,6				
Трансэлювиально-аккумулятивные	Щелочный Кислый	застойный Промывной	6-8	8-10		легкие средние	> 25	> 10	
Супераккумулятивные	Испарительный	Периодически промывной				тяжелые			
Транссупераккумулятивные	Термодинамический	Промывной сезонно-сухой Непромывной Ардный Выпотной Десуктивно-выпотной Паводковый Амфибиальный Ирригационный Осушительный				Глины:			
						легкие			
						средние			
						тяжелые			

В качестве базового критерия рассматривается положение земельного участка в ландшафте с точки зрения энергомассопереноса, т. е. типы геохимических ландшафтов по Польшину — Глазовской. Наибольшей степенью свободы в использовании агрохимических средств характеризуются *элювиальные ландшафты*, наименьшей — *аккумулятивные*. Транзитные ландшафты имеют ограничения по применению удобрений и пестицидов в связи с повышенным поверхностным стоком. Степень ограничений зависит от крутизны склонов и экспозиции. На южных склонах она возрастает в связи с более низкой урожайностью из-за дефицита влаги и большим риском потерь агрохимикатов со стоком.

Процессы энергомассопереноса в различных геохимических ландшафтах соотносятся с типами водного режима. При промывном водном режиме создаются наиболее благоприятные условия для очищения почв от загрязнителей и наиболее велики потери полезных веществ из-за выщелачивания. При непромывном, водозастойном, выпотном, мерзлотном режимах продукты техногенеза за пределы почвенного профиля выносятся очень ограниченно.

В транзитных ландшафтах по мере увеличения крутизны склонов ограничиваются уплотняющие нагрузки, сокращается набор культур, исключается чистый пар, усиливается роль многолетних трав, ограничивается применение отвальной вспашки, усложняется организация территории, вводятся противоэрозионные мероприятия или ограничивается использование в пашне.

Судьба мигрирующих продуктов техногенеза зависит от различного рода геохимических барьеров, особенно физико-химических. Например, наличие карбонатного, щелочного, сульфатного барьеров существенно повышает экологическую емкость агроландшафтов по отношению к катионам металлов и радионуклидов.

Особо важную роль в обеспечении устойчивости агроландшафтов и их экологической емкости играет емкость катионного обмена почв. Этот показатель интегрирует влияние гумуса, гранулометрического и минералогического состава. По величине ЕКО можно судить об экологической емкости по отношению к химическим нагрузкам. Это относится прежде всего к способности удерживать от вымывания элементы минеральных удобрений, поглощать из почвенных растворов тяжелые металлы, сдерживая их поступление в растения, обеспечивать буферность по отношению к кислотным и щелочным воздействиям. Представленные в табл. 2.81 градации ЕКО соответствуют пяти группам почв, существенно различающимся по устойчивости к химическим воздействиям.

Особое значение имеет способность почвы разлагать пестициды. Она зависит от биогенности почвы, т. е. наличия микроорганизмов — деструкторов и от запасов органического вещества, необходимого для их жизнедеятельно-

сти. Соответственно косвенными свидетельствами способности почвы выдерживать пестицидную нагрузку выступают содержание гумуса, особенно его лабильной части (детрита), и биологическая активность почвы, самым общим выражением которой является дыхание почвы. Эти же показатели, особенно содержание ЛОВ на фоне определенного содержания гумуса, создающее предпосылки для поддержания водопрочной структуры, могут характеризовать экологическую емкость агроландшафта по отношению к физической нагрузке (использованию различных движителей машин, частоте и характеру почвообработки и т. д.) и в определенной мере — к разрушающему воздействию водной эрозии и дефляции.

Весьма информативным показателем является гранулометрический состав, влияние которого на экологическую емкость существенно изменяется в зависимости от гидротермического режима. Так, в северотаежной подзоне весьма ограничено использование тяжелых почв, в степной и сухостепной зонах малоэффективно использование легких почв.

С учетом сказанного применительно к каждой природно-сельскохозяйственной провинции должны разрабатываться параметры агроэкологической нагрузки, которую выдерживают различные категории агроландшафтов, сохраняя экологическую и агрономическую устойчивость, а также нормативы допустимых экологических нагрузок для различных технологических операций и технологий в целом. При этом их кумулятивный эффект во времени не должен приближаться к экологической емкости агроландшафта. Например, уплотняющее влияние агротехнологий на почву лимитируется с учетом ограничений удельного давления движителей по технологическим операциям за весь цикл работ с учетом природных процессов разуплотнения. Другой пример: поступление токсикантов в агроландшафт лимитируется по операционными и итоговыми нормативами с учетом накопления, миграции и трансформации за весь технологический цикл с учетом предшествовавшего накопления, а также поступления за счет внешних факторов (промышленные выбросы и пр.).

### 3. АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ТИПОЛОГИЯ ЗЕМЕЛЬ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ АДАПТИВНО-ЛАНДШАФТНЫХ СИСТЕМ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

#### 3.1. Принципиальная схема агроэкологической типизации земель

Развитие землсоценочных работ для сельскохозяйственных целей надолго задержалось на стадии агропроизводственных группировок почв, несмотря на успехи почвоведения и смежных наук. Существенными их недостатками являются весьма ограниченная оценка геоморфологических, гидрогеологических, микроклиматических условий и слабое отражение структуры почвенного покрова. Вполне очевидно, что при агропроизводственной оценке земельного массива агроном сталкивается с понятием более сложным, чем агропроизводственная группа почв.

Если при освоении зональных систем земледелия недостатки агропроизводственной группировки почв часто находились в пределах точности землеустроительного проектирования, ориентированного на крупные поля в угоду «большой механизации», то при формировании адаптивно-ландшафтных систем земледелия с ними мириться нельзя. Нужна более дифференцированная землсоценочная основа. Соответственно обострилась необходимость разработки агроэкологической типологии земель, путь к которой прокладывался рядом исследователей.

С учетом этих работ [170, 49, 32, 220, 228 и др.] В. И. Кирюшиным разработана новая агроэкологическая типология земель, обусловленная требованиями адаптивно-ландшафтных систем земледелия (АЛСЗ). Исходное требование АЛСЗ определяется важнейшим системообразующим началом — агроэкологическими потребностями растений и их средообразующим влиянием. Поэтому в основу типологии положен вслед за Л. Г. Раменским (170) агроэкологический тип земель, т. е. территория, однородная по условиям возделывания или близких по экологическим требованиям культур.

Другое требование, вытекающее из определения АЛСЗ, — экологический адрес. Оно создается для определенной агроэкологической группы земель: плакорных, эрозионных, переувлажненных т.д.

Третье требование к системе земледелия как ландшафтной означает, что каждая агроэкологическая группа земель представляет собой агроландшафт в его структурно-функциональной иерархии с присущими ему особенностями эсгеромассопереноса. В этом радикальное отличие данной категории от традиционной агропроизводственной группы почв.

Построение агроэкологических типов и групп земель осуществляется из первичных элементов агроландшафта.

В качестве первичного структурного элемента рассматривается элементарный арсал агроландшафта (ЭАА), под которым понимается участок на элементе мезорельефа, ограниченный элементарным почвенным ареалом или

элементарной почвенной структурой при одинаковых геологических, литологических и микроклиматических условиях.

Таким образом, предложенная схема агроэкологической типизации земель (рис. 3.1) является каркасом для построения АЛСЗ: агроэкологической группе отвечает система земледелия; в пределах агроэкологических типов формируются севообороты, сенокосообороты, пастбищеобороты и агротехнологии; агроэкологические виды земель определяют технологические операции. Совокупность агроэкологических групп земель в пределах природно-сельскохозяйственной провинции составляет зонально-провинциальный агрокомплекс.



Рис. 3.1. Агроэкологическая типизация земель [75, 78]

Чтобы спроектировать АЛСЗ, необходимо посредством почвенно-ландшафтного картографирования идентифицировать агроэкологическую группу и виды земель, т. е. ЭАА, и сформировать их типы. Последняя процедура выполняется путем сопоставления агроэкологических параметров культур с такими же параметрами земель. Близкие по экологическим условиям ЭАА объединяются в типы земель.

Количество агроэкологических параметров, по которым проводится оценка ЭАА, зависит от уровня интенсификации производства. Естественно, эти



параметры должны быть ранжированы в определенной структурной иерархии. В качестве таковой предложена ландшафтно-экологическая классификация земель.

### 3.2. Ландшафтно-экологическая классификация земель

Ландшафтно-экологическая классификация земель должна быть продолжением их агроэкологического районирования, которое нужно осуществлять исходя из соответствия экологических параметров среды адаптивному потенциалу сельскохозяйственных растений. Разрабатывается агроэкологическое районирование, призванное интегрировать ландшафтное и экологическое направления. Поэтому на данном этапе можно исходить из существующей схемы природно-сельскохозяйственного районирования, частично представленной в табл. 3.1, формируя агроэкологическую классификацию земель на уровне климатической провинции природной зоны или подзоны для равнинных территорий и провинций горных областей.

Классификация включает агроэкологические группы земель, разряды, классы, подклассы, роды, подроды и виды земель.

**Агроэкологические группы** земель выделяются по ведущим агроэкологическим факторам, определяющим направление их сельскохозяйственного использования (влагообеспеченность, эрозия, переувлажнение, периодическое затопление, засоление, солощиватость, литогенез и т.д.), степени их проявления и сопутствующим лимитирующим факторам.

#### 3.1. Природно-сельскохозяйственное районирование России [50]

Зоны и провинции	Площадь, %	Агроклиматические показатели			
		КУ	КК	СТ>10°	Бк
<i>Умеренный пояс</i>					
4. Южнотаежно-лесная зона, ниже среднего и средисобеспеченная теплом, преимущественно избыточно влажная и влажная с преобладанием дерново-подзолистых почв	12,6	0,77-1,33	193 (111-274)	1400-2600	97 (55-139)
4.1. Прибалтийская южнотаежно-лесная, умеренно континентальная, ниже среднего обеспеченная теплом, избыточно влажная, с преобладанием дерново-подзолистых и дерново-карбонатных почв, преимущественно средней биологической продуктивности	15,6	>1,3	118 (111-140)	1600-2300	104 (88-126)

Продолжение табл. 3.1

Зоны и провинции	Площадь, %	Агроклиматические показатели			
		КУ	КК	СТ>10°	Бк
4.2. Среднерусская южнотаежно-лесная, среднеконтинентальная, ниже среднего обеспеченная теплом, избыточно влажная и влажная, с преобладанием дерново-подзолистых почв средней биологической продуктивности	24,0	1,0-1,3	158 (142-180)	1600-2400	104 (88-128)
4.3. Западносибирская южнотаежно-лесная, среднеконтинентальная, недостаточно и ниже среднего обеспеченная теплом, влажная, с преобладанием дерново-подзолистых почв и широким распространением болотных почв, продуктивность — средняя	21,5	0,77-1,00	187 (180-199)	1500-1800	88 (82-96)
4.4. Среднесибирская южнотаежно-лесная, очень континентальная, ниже среднего обеспеченная теплом, полувлажная, с широким распространением мерзлотно-таежных почв, пониженной биологической продуктивности	11,0	0,77-1,00	225 (217-228)	1400-1600	76 (64-85)
4.5. Дальневосточно-Сахалинская южнотаежно-лесная, муссонная, недостаточно и ниже среднего обеспеченная теплом, избыточно влажная и влажная, с преобладанием дерново-подзолистых и подзолисто-буроземных почв, средней и пониженной биологической продуктивности	12,1	1,0-1,3	233 (191-274)	1400-2000	93 (55-112)
4.6. Дальневосточно-Амуро-Уссурийская южнотаежно-лесная, муссонная, среднеобеспеченная теплом, влажная, с широким распространением подзолисто-буроземных почв, повышенной и средней биологической продуктивности	6,2	1,0-1,3	134 (122-146)	2000-2600	126 (110-139)
5. Лесостепная зона, преимущественно полувлажная, средне- и ниже среднего обеспеченная теплом, с господством серых лесных почв, выщелоченных и типичных черноземов	6,9	0,7-1,1	199 (166-233)	1400-2800	98 (66-131)

Продолжение табл. 3.1

Зоны и провинции	Пло- щадь, %	Агроклиматические показатели			
		КУ	КК	СТ>10°	Бк
5.1. Среднерусская лесостепная — среднесконтинентальная, полувлажная и влажная (севро-западная часть), среднеобеспеченная теплом, с широким распространением среднегумусных и мощных черноземов, серых лесных почв средней и повышенной биологической продуктивности	25,6	0,8-1,1	175 (166-184)	2000-2800	111 (91-131)
5.2. Предуральская, лесостепная — среднесконтинентальная, полувлажная, ниже среднего обеспеченная теплом, с широким распространением среднемошных черноземов и серых лесных почв, средней биологической продуктивности	13,9	0,7-1,1	186 (181-191)	1600-2500	97 (85-110)
5.3. Западносибирская лесостепная — среднесконтинентальная, полувлажная и полузасушливая, ниже среднего обеспеченная теплом, с широким распространением выщелоченных черноземов, лугово-черноземных солонцеватых почв, лугово-степных солощов и солодей, средней биологической продуктивности	25,7	0,7-1,0	198 (189-208)	1800-2200	97 (96-99)
5.4. Северопредалтайская лесостепная — континентальная, полувлажная и влажная, ниже среднего обеспеченная теплом, с преобладанием среднемошных, среднегумусных черноземов, средней биологической продуктивности	8,9	0,8-1,1	202 (197-208)	1600-2000	94 (88-99)
5.5. Среднесибирская лесостепная — среднесконтинентальная, полувлажная и полузасушливая, ниже среднего обеспеченная теплом, с широким распространением серых лесных почв, пониженной биологической продуктивности	9,3	0,7-1,1	225 (198-233)	1400- 1700	78 (66-91)
6. Степная зона, полузасушливая, засушливая, выше среднего, средне- и ниже среднего обеспеченная теплом, с господством обыкновенных и южных черноземов	5,6	0,4-0,9	215 (167-263)	1400- 3600	112 (57-167)

Продолжение табл. 3.1

Зоны и провинции	Площадь, %	Агроклиматические показатели			
		КУ	КК	СТ>10°	Бк
6.1. Предкавказская степная и лесостепная — умеренно и среднеконтинентальная, засушливая и полувлажная, выше среднего и повышено обеспеченная теплом, с господством мощных мицелярно-карбонатных черноземов, повышенной биологической продуктивности	10,9	0,4-1,0	177 (167-187)	2800-3600	136 (106-167)
6.2. Южнорусская степная — умеренно и среднеконтинентальная, полузасушливая и засушливая, средне- и выше среднего обеспеченная теплом, с преобладанием среднемошных, местами солонцеватых черноземов, средней биологической продуктивности	12,6	0,4-0,8	186 (177-195)	2400-3300	109 (92-126)
6.3. Заволжская степная — среднеконтинентальная, полузасушливая и засушливая, среднеобеспеченная теплом, с преобладанием среднемошных, местами солонцеватых черноземов, средней биологической продуктивности	10,8	0,3-0,7	206 (197-216)	2200-2800	82 (61-103)
6.4. Казахская степная — средне- и очень континентальная, полузасушливая и засушливая, средне- и ниже среднего обеспеченная теплом, с преобладанием среднемошных черноземов, с широким распространением карбонатных и солонцеватых черноземов средней биологической продуктивности	—	0,4-0,7	212-223	2000-2400	63-95
6.5. Западнопредальтайская степная — очень континентальная, полузасушливая и засушливая, ниже среднего обеспеченная теплом, с преобладанием среднемошных черноземов, пониженной биологической продуктивности	7,1	0,4-0,8	211 (206-216)	1600-2300	84 (72-96)

Продолжение табл. 3.1

Зоны и провинции	Пло- щадь %	Агроклиматические показатели			
		КУ	КК	СТ>10°	Бк
6.6. Восточносибирская степная — очень и резкоконтинентальная, засушливая и полузасушливая, ниже среднего обеспеченная теп- лом, с распространением мало- мощных черноземов и каштано- вых почв, пониженной биологиче- ской продуктивности	15,8	0,4-0,8	239 (215-263)	1400-2000	71 (57-85)
7. Сухостепная зона, очень за- сушливая, выше среднего обеспе- ченная теплом, с господством тем- нокаштановых и каштановых почв	3,3	0,3-0,5	202 (180-224)	2500- 3600	77 (57-98)
7.1. Маньчско-Донская сухостеп- ная — среднеконтинентальная, очень засушливая, выше среднего и повышенно обеспеченная теплом, с широким распространением тем- нокаштановых и каштановых почв, местами млицелярно-карбонатных, пониженной и средней биологиче- ской продуктивности	17,6	0,3-0,5	197 (180-205)	2700-3600	78 (59-98)
7.2. Заволжская сухостепная — сред- не- и очень континентальная, очень засушливая, выше среднего обеспе- ченная теплом, с распространением темнокаштановых солонцовых почв и солонцеватых комплексов, пони- женной и средней биологической продуктивности	18,2	0,3-0,5	216 (209-224)	2500- 3100	63 (57-70)
8. Полупустынная зона — полусу- хая, не обеспеченная влагой, выше среднего и хорошо обеспеченная теплом, с господством светлокаш- тановых почв и широким распро- странением лугово-солонцовых комплексов	5,6	0,2-0,4	217 (205-232)	2800-3600	42 (10-75)
8.1. Прикаспийская полупустын- ная — средне- и очень континен- тальная, полусухая, выше среднего и повышенно обеспеченная теп- лом, с господством светло- каштановых почв и широким рас- пространением лугово- солонцеватых комплексов, очень низкой биологической продук- тивности и высокой — в условиях оптимального увлажнения	38,7	0,2-0,4	217 (205-232)	2800-3600	42 (10-75)

Продолжение табл. 3.1

Зоны и провинции	Площадь, %	Агроклиматические показатели			
		КУ	КК	СТ>10°	Бк
9. Пустынная зона — сухая и очень сухая, выше среднего и повышено обеспеченная теплом, с господством бурых и серо-бурых почв, песков и солончаков	5,6	01-02	223 (206-240)	3200- 4000	21 (10-33)
9.1. Арало-Каспийская пустынная — очень континентальная, сухая и очень сухая, повышено обеспеченная теплом, с преобладанием бурых и серо-бурых почв, очень низкой биологической продуктивности и высокой — в условиях оптимального увлажнения	37,3	0,1-0,2	223 (206-240)	3200- 4000	21 (10-33)

**Примечания.** КУ — коэффициент увлажнения по Н. Н. Иванову; КК — коэффициент континентальности климата по Н. Н. Иванову; СТ>10° — сумма температур более 10°C; Бк — климатический индекс биологической продуктивности.

Принадлежность территории к группе земель устанавливается на основе данных агроэкологической оценки. Идентификация ведущего лимитирующего фактора и степени его проявления обычно не представляет трудностей.

В качестве базовой категории, наиболее полно отражающей зонально-провинциальные условия, выделяются **плакорные земли**. Их выделение является исходной позицией при разделении подзональной провинции по условиям формирования адаптивно-ландшафтных систем земледелия. Это равнинные дренированные территории с коэффициентом расчленения менее 0,5 км/км<sup>2</sup>, занятые преимущественно автоморфными зональными почвами на четвертичных отложениях с ограниченным перераспределением осадков и других агроклиматических ресурсов по отношению к среднесезонным характеристикам. На таких землях, с которых начиналось сельскохозяйственное освоение территорий, сложились традиционные системы земледелия с соответствующим набором культур и агротехникой, впоследствии названной зональной.

**Эрозионные земли** имеют значительный удельный вес в составе сельскохозяйственных угодий. Они включают несколько агроэкологических групп земель с коэффициентом расчленения территории более 0,15 км/км<sup>2</sup> и преобладанием в почвенном покрове смытых почв. Характеризуются перераспределением влаги вследствие поверхностного стока. С усилением стока развивается водная эрозия почвы, которая наносит ущерб земледелию. В результате потери влаги проявляются почвенные засухи, и тем сильнее, чем больше расчленен рельеф. С увеличением расчлененности территории (густоты и глубины расчленения) усложняется ее дифференциация, а отсюда и возникают разнообразные экологические условия, требующие различного подхода к выделению и использованию земельных угодий.

С учетом степени расчлененности территории возможно выделение нескольких групп эрозионных земель, требующих разных систем земледелия. Значения показателей горизонтального расчленения территории, соответствующие определенным эрозионным группам земель, должны уточняться для различных природных зон и литолого-геоморфологических условий.

*Слабоэрозионные земли* — волнистые, холмисто-волнистые, увалисто-волнистые, полого-увалистые и т. п. равнины с коэффициентом расчленения  $0,5-1 \text{ км/км}^2$ , преобладающей крутизной поверхности  $1-3^\circ$  и слабосмытыми почвами.

*Среднеэрозионные земли* — увалистые равнины с коэффициентом расчленения  $1-2 \text{ км/км}^2$  (среднее расстояние между тальвегами  $1-0,5 \text{ км}$ ), преобладающей крутизной  $3-5^\circ$  и среднесмытыми почвами.

*Сильноэрозионные земли* — увалистые равнины с коэффициентом расчленения  $2-3 \text{ км/км}^2$  (среднее расстояние между тальвегами  $0,5-0,33 \text{ км}$ ), преобладающей крутизной  $5-8^\circ$  и сильносмытыми почвами.

*Очень сильноэрозионные земли* — ландшафты с коэффициентом расчленения более  $3 \text{ км/км}^2$  (среднее расстояние между тальвегами менее  $0,33 \text{ км}$ ), преобладающей крутизной более  $8^\circ$ , сильносмытыми почвами и обнажениями почвообразующих пород.

*Переувлажненные земли* — довольно обширная категория, имеющая одну общую характеристику — экологическое переувлажнение, определяющее необходимость применения осушения при возделывании различных групп районированных сельскохозяйственных культур. Четкие признаки гидроморфизма почв не всегда означают неблагоприятность эколого-гидрологических условий для роста и развития культур.

Переувлажненные земли разделяются в зависимости от гидрологического режима, степени экологического переувлажнения и соответственно характера их использования.

На *слабопереувлажненных землях* наблюдается угнетение наиболее чувствительных к избыточному увлажнению культур в годы с превышением нормы осадков. Это слабодренированные равнины с полугидроморфными почвами. Улучшение их достигается путем выравнивания микрорельефа планировкой, применением глубокого рыхления почвы. Осушение проводится только под плодовые культуры.

*Среднепереувлажненные земли* требуют устройства дренажа для большинства полевых культур, а без него могут использоваться только как естественные или улучшенные сенокосы и пастбища.

*Сильнопереувлажненные земли* в качестве любого вида угодий осваиваются после специальных гидротехнических мелиораций.

Особую группу представляют пойменные земли, увлажняемые и заболоченные намываемыми русловыми (поверхностными) водами.

*Литогенные земли* формируются на древних почвообразующих породах или их дериватах. Специфика земель этой агроэкологической группы связана с неблагоприятным литогенезом.

Группы литогенных земель выделяются в зависимости от генезиса почвообразующих пород и причин, определяющих неблагоприятные свойства сформированных на них почв.

*Земли на древних каолиновых корах выветривания* и их дериватах отличаются очень низкой емкостью обмена, пылеватостью, бесструктурностью, повышенным уплотнением почв и в конечном итоге весьма ограниченными возможностями сельскохозяйственного использования.

*Земли на третичных морских монтмориллонитовых глинах* характеризуются комплексом неблагоприятных свойств почв, связанных с избытком монтмориллонита (высокая набухаемость и связность, низкая водопроницаемость, глыбистость, трещиноватость).

*Песчаные земли* во всех зонах и супесчаные в степной и сухостепной следует относить к этой группе ввиду резко пониженной влагообеспеченности посевов из-за малой влагоемкости почв, очень низкой поглотительной способности и других неблагоприятных свойств

*Земли на элювии плотных пород* имеют очень ограниченное использование вследствие щебнистости почв, маломощности мелкозсмистой толщи.

**Солонцовые земли** включают несколько групп, в почвенном покрове которых присутствует более 10 % солонцов. Они требуют определенных мелиоративных мероприятий и различных систем использования. Разделять их на группы целесообразно по условиям комплексности и гидрогеологического режима. Последовательность ранжирования солонцовых земель в зависимости от сложности освоения и характера использования отражает пространственно-геохимическую сопряженность ландшафтов: мелиоративное рассоление и рассолонцевание более высоких по рельефу территорий, усиливая естественные тренды этих процессов в автоморфных и полугидроморфных почвах, способствуют более интенсивному засолению смежных территорий с луговыми солонцовыми комплексами. В соответствии с оценками интенсивности геохимических потоков в сопряженных ландшафтах следует разрабатывать и планировать мелиоративные мероприятия и интенсивность систем земледелия.

Почвенный покров *малосолонцово-автоморфных земель* образован комплексами зональных почв с солонцами степными и лугово-степными (10-25%). Малосолонцовые земли можно использовать в пашне в специальной системе земледелия при выборочной мелиорации пятен солонцов.

*Среднесолонцово-автоморфные земли* с комплексами зональных, полугидроморфных почв с участием степных и лугово-степных солонцов (25-50%) ограниченно пригодны для использования в пашне на фоне мелиоративных мероприятий при подборе солонцевоустойчивых полевых культур.

*Солонцово-гидроморфные земли* с комплексами луговых почв и солонцов (до 50%) используются под сенокосы и пастбища.

*Сильносолонцовые земли* образованы комплексами солонцов (более 50%) с зональными солонцеватыми и полугидроморфными почвами.

*Солонцово-солончаковые земли* представлены комплексами сильно засоленных солонцов и солончаков.



*Земли овражно-балочного комплекса (ОБК)* характеризуются чрезвычайно сильной расчлененностью рельефа и глубокой деградацией почвенного покрова. Границы этих земель проходят по бровкам крупных эрозионных форм (лощин, балок и т.д.). Разделение на группы осуществляется в зависимости от сложности геоморфологических условий, которая определяется типом суходольной сети (составом элементов и глубиной вреза): *лощинные, лощинно-балочные, овражно-балочные, овражные*.

Перечень агроэкологических групп земель можно продолжить (засоленные, мерзлотные земли и т.п.). Соответствующие им адаптивно-ландшафтные системы земледелия могут быть пространственно сплошными, рассредоточенными, локальными, оазисными (в пустыне) или очаговыми (в районах Крайнего Севера).

Далее ландшафтно-экологическая классификация земель продолжается в пределах агроэкологических групп и подгрупп земель (рис. 3.2.): террасы — верхние, вторая надпойменная, первая надпойменная, пойма.

### АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ГРУППА

(плакорные, эрозионные, переувлажненные, солонцовые и др.)

### АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ПОДГРУППА

(по степени проявления лимитирующих факторов)

### РАЗРЯДЫ ПЕРВОГО ПОРЯДКА

(местоположение по абсолютным высотам над уровнем моря)

### РАЗРЯДЫ ВТОРОГО ПОРЯДКА

(по морфогенетическим типам рельефа)

### КЛАССЫ

(по генезису почвообразующих пород)

### ПОДКЛАССЫ

(по гранулометрическому составу почвообразующих пород)

### РОДЫ

(по мезоформам рельефа)

### ПОДРОДЫ

(1 — по крутизне склонов, 2 — по экспозиции склонов)

### ВИДЫ

(по элементарным почвенным структурам)

### ПОДВИДЫ

(1 — по контрастности ЭПС, 2 — по сложности ЭПС)

Рис. 3.2. Схема ландшафтно-экологической классификации земель

**Разряды первого порядка** выделяют по абсолютным высотам над уровнем моря с интервалами, отражающими смену экологических условий возделывания культур. В горных районах этот фактор определяет вертикальную зональность. В известной мере проявляется его влияние на водный и тепловой режимы равнин. На уровне разряда с учетом местных особенностей целесообразно выделять местоположения — очень высокие, высокие, средние, низкие.

**Разряды второго порядка** выделяются по морфологическим типам рельефа (для равнин): плоские, волнистые, холмистые, увалистые, плоско-холмистые, волнисто-увалистые и другие комбинации.

**Классы земель** различаются по генезису почвообразующих пород (покровные, ледниковые, флювиогляциальные, аллювиальные, лессы, элювий коренных пород и т. д.), **подклассы** — по гранулометрическому составу.

**Роды земель** выделяются по мезоформам рельефа и их элементам:

плоские положения на увалах, грядках и т.д;

склон прямой;

склон выпуклый;

склон вогнутый;

днище балки, лощины.

**Подроды земель по крутизне склонов.** Эти характеристики несут весьма емкую агроэкологическую нагрузку, поскольку данный фактор играет важную роль в перераспределении влаги и развитии эрозионных процессов. Градации склонов по крутизне устанавливаются исходя из условий проявления водной эрозии с учетом местных климатических и литологических условий, определяющих ее развитие. Для большинства районов эти градации находятся в следующих пределах:

земли:

- равнинные с уклонами до  $1^\circ$ . В гумидных районах они склонны к переувлажнению в связи со слабым стоком;

- с очень пологими склонами  $1-2^\circ$ . Выделяются в гумидных районах как наиболее благоприятные в отношении водного режима и в то же время еще не подвергающиеся активному воздействию стока и смыва. Нередко требуются противоэрозионные меры;

- с уклонами  $2-3^\circ$ , подверженные слабой эрозии. На них вводятся противоэрозионные агротехнические мероприятия;

- с уклонами  $3-5^\circ$  используются в полевых севооборотах с исключением пропашных культур и выполнением противоэрозионного агрокомплекса;

- с уклонами  $5-7^\circ$  используются в почвозащитных севооборотах с многолетними травами;

- с уклонами 7-9°, подверженные сильному смыву и размыву, не пригодные для возделывания полевых культур, используются в пастбищеоборотах;
- с уклонами 9-15°, пригодные для ограниченного выпаса;
- с уклонами 15-30°, не пригодные для земледелия, отводятся под лесоразведение.

**Подроды земель по экспозиции склонов.** Выделяются с целью идентификации территории с близкими микроклиматическими условиями: на равнинах; теплых склонах (южные и западные экспозиции); холодных склонах (северные и восточные экспозиции).

**Виды земель (ЭАА)** выделяются по категориям микроструктур почвенного покрова (микрокомбинациям), включающим элементарные почвенные ареалы, комплексы, пятнистости, микро мозаики и микрогашеты.

**Подвиды земель.** Виды земель, представленные контрастными микрокомбинациями, подразделяются на подвиды по степени контрастности, которая устанавливается по принадлежности почвенных компонентов к различным категориям земель по ограничивающим факторам и способам их преодоления (подвиды первого порядка) и по сложности почвенного покрова, которая устанавливается долей участия компонентов в микрокомбинациях с учетом расчлененности контуров (подвиды второго порядка). Почвенные компоненты комбинаций характеризуются в соответствии с классификацией почв.

### 3.3. Классификация почв

#### 3.3.1. Предпосылки совершенствования классификации почв

В России в качестве базовой принята классификация почв, разработанная Н. Н. Розовым и Е. Н. Ивановой [186]. На ее основе этими авторами были разработаны «Указания по классификации и диагностике почв» [215], а затем с их участием подготовлено методическое руководство «Классификация и диагностика почв СССР» [88]. Эти руководства используются для почвенно-картографических, земельнооценочных и кадастровых работ в течение многих лет без переиздания. Данная классификация рассматривается как основная в учебниках почвоведения для сельскохозяйственных вузов.

В последние годы она активно, хотя и неоднозначно подвергается критике за факторно-экологический подход с использованием характеристик климата, растительности, рельефа, поскольку в этом случае объектом классификации становится уже не почва как самостоятельное естественно-историческое тело, а нечто иное — ландшафт или экосистема. С этим трудно не согласиться, поскольку классификация почв должна строиться на основе почвенных признаков, обусловленных перечисленными выше условиями.

Путь создания такой классификации определен в ряде работ, где она обозначена как субстантивно-генетическая [89, 204, 219, 233 и др.] и основывается на строении, составе и свойствах почв, которые рассматриваются «как единство, обусловленное общностью определяющих их элементарных про-

цессов и факторов почвообразования» [219]. При этом представление о генезисе почвы входит в классификацию в опосредованном виде, опираясь на генетически обусловленные ее свойства. По определению И. А. Соколова [204], «построение классификации, в которой вся система, все таксоны несут генетический смысл, а диагностика объектов осуществляется по количественно измеренным устойчивым субстантивным признакам», позволит разрешить традиционное противоречие между принципом генетичности и принципом однозначной воспроизводимости.

Решение этой непростой задачи потребует немалых усилий. При этом следует иметь в виду, что освобождение базовой классификации почв от экологических и географических характеристик, необходимых для сельскохозяйственных целей, должно сопровождаться развитием ландшафтно-экологической классификации земель.

В последние годы в качестве альтернативы действующей базовой классификации почв предложена новая «Классификация почв России» [89], построенная на субстантивных началах. Она представляет значительный интерес по ряду позиций, однако авторы ее ушли в противоположную крайность, форсируя вещественную формализацию критериев в ущерб процессно-эволюционному подходу. Очевидно, ориентируясь на развитие субстантивных аспектов базовой классификации, необходимо совершенствовать диагностику современных (опосредующих влияние экологических факторов) и реликтовых признаков почв, их состав, свойства, режимы, по которым воспроизводятся элементарные почвенные процессы и соответственно генетические различия почв, но не сводить к формальным характеристикам, а стало быть, к ущемлению генетического начала классификации.

В данной связи вполне правомерно замечание С. В. Зонна [52] по поводу «опасности отхода от докучаевских принципов», в частности, «выделения так называемых агроземов, отличающихся от типов и особенно подтипов почв только тем, что в них нарушены верхние горизонты агротехническими, агрохимическими и другими воздействиями».

Классификация антропогенно трансформированных почв должна отражать направленность их эволюции и соответственно последовательное преобразование на уровне видов, родов, подтипов, типов в зависимости от глубины трансформации, которая может быть очень сложной. Например, слабоосвоенные дерново-подзолистые почвы без существенного изменения их свойств целесообразно выделять на уровне вида, освоенные и окультуренные — на уровне подтипов, культурные — в качестве типа. Несмотря на достижение весьма благоприятных свойств и подавленность процессов оподзоливания и лессиважа дерново-подзолистые культурные почвы будут постепенно возвращаться в исходное или близкое к нему состояние, если прекратится соответствующее вложение производственных ресурсов.

Антропогенный ряд болотно-подзолистых почв также начинается с вида слабоосвоенных. После осушения искусственным дренажом эти почвы трансформируются в тип болотно-подзолистых осушенных, утративших

признаки оглеения вследствие прекращения элювиально-глеевого процесса. Дальнейшая эволюция данных почв зависит от интенсивности их окультуривания. Соответственно по степени окультуренности тип болотно-подзолистых осушенных почв разделяется на подтипы освоенных и окультуренных, а болотно-подзолистые осушенные культурные выделяются на уровне типа. Несмотря на высокую окультуренность этих почв и подавленность элювиальных процессов, которые обычно проявляются в подпахотных горизонтах, при отводе в залежь данные почвы эволюционируют в сторону восстановления подзолистости, а при разрушении дренажных систем восстанавливаются элювиально-глеевые процессы и формируются вторично заболоченные почвы.

Другим примером сложной антропогенной эволюции почв и отражения ее в классификации (но уже для засушливых зон) может служить иерархия солонцов, трансформированных в процессе освоения и мелиорации.

Большая часть солонцов, распаханых на обычную глубину подъема целинных земель (18-20 см), классифицирована на уровне вида слабоосвоенных. Некоторые солонцы, особенно остаточные, заметно улучшаются в процессе длительного использования в пашне, другая часть их (с более высоким содержанием обменного натрия), особенно луговых, практически не изменяется.

Существенное улучшение степных и лугово-степных солонцов, особенно малонатриевых высококарбонатных или высокогипсовых, наблюдается в результате более глубокой вспашки (30 см и более). Такие солонцы, сохраняющие гетерогенное строение пахотного слоя, но отличающиеся пониженным содержанием обменного натрия, более глубоким залеганием солей и более благоприятными физическими свойствами, выделяются как освоенные на уровне рода [88].

Солонцы, подвергшиеся химической мелиорации или самомелиорации и характеризующиеся достаточно однородным пахотным горизонтом с содержанием обменного натрия менее 10 % от ЕКО, значительным рассолоением, выделяются как преобразованные на уровне подтипа. Наконец, на уровне типа выделяются глубокопреобразованные солонцы, утратившие в верхних горизонтах признаки солонцеватости.

Этот эволюционный процесс существенно ускоряется, если мелиоративные воздействия совпадают с природными процессами рассоления и рассолонцевания, характерными для большей части автоморфных солонцов в отличие от гидроморфных, характеризующихся активной физико-химической солонцеватостью, которая поддерживается влиянием засоленных грунтовых вод. Попытки их мелиорации без дренажа и промывок дают кратковременный эффект. Таким образом, классификационные термины «солонцы гидроморфные, или луговые», «солонцы автоморфные, или степные» несут чрезвычайно емкую почвенно-режимную информацию. Отказ от этих категорий

в упомянутой классификации [89] — слишком большая жертва в угоду формально субстантивной терминологии.

В целом базовая классификация почв должна быть синтетической, использующей лучшие достижения развиваемых направлений в России и за рубежом. Сведение ее к отдельным подходам едва ли перспективно. Понимая недостаточность факторно-генетического и эволюционно-генетического направлений, не обеспечивающих детальность отображения разнообразия почв и четкость диагностики, нельзя недооценивать интерпретационного подхода для раскрытия генезиса почв, идентификации процессов почвообразования, их регулирования и прогноза по мере развития науки. В то же время опасны чрезмерное увлечение «субстантивной» составляющей классификации, возведение характеристик профиля в ранг «самодостаточных» критериев классификации, что неизбежно привнесит элемент формальности, искусственности в классификацию [38].

Нельзя игнорировать и эколого-географическую характеристику выделяемых таксонов почвенной классификации и историю развития почвы с ее реликтовыми признаками и современными режимами почвообразования.

Очевидно, новое направление естественнонаучной классификации почв должно развиваться с учетом преодоления отмеченных недостатков.

### *3.3.2. Схема классификации почв и критерии выделения таксонов*

На данном этапе следует опираться на действующую классификацию почв [88] как базовую с изменениями и дополнениями, учитывающими новые достижения, в том числе использованные в классификации [89].

В обновленном виде система таксономических единиц представлена на рис. 3.3, схема классификации почв на надтиповом и типовом уровнях — в табл. 3.3, систематика почв — в табл. 3.4. В схему включены почвы, имеющие наибольшее значение в земледелии соответствующих зон и практике мелиорации (не показаны арктические и тундровые почвы, глееподзолистые, горные и др.).

Наиболее значительными изменениями классификации являются: более дробное выделение климатических подгрупп и за этот счет исключение уровня фациальных подтипов; замена биофизико-химических групп на отделимые; введение семейств аккумулятивно-гумусовых литогенных и аккумулятивно-карбонатных почв; упорядочение систематики антропогенно измененных почв в соответствии с характером и степенью их трансформации.

Внесенные изменения и дополнения далеко не исчерпывают возможности совершенствования классификации на основе имеющихся фактических материалов на местах, требующих соответствующего анализа и обобщения. Некоторые позиции, включенные в схему классификации, требуют конкретизации и углубленной диагностики, например, введение типов степных литогенных аккумулятивно-гумусовых почв на песках, древних породах (каоли-

новых корках выветривания, морских монтмориллонитовых глинах, элювии карбонатных пород) и т. п. Особенно нуждается в доработке отражение литологических особенностей и антропогенной преобразованности (деградации и проградации) на должных таксономических уровнях (в зависимости от степени проявления) и с необходимой подробностью.

В соответствии с предлагаемой схемой (см. рис. 3.3) верхний таксономический уровень классификации представлен *зональными экологическими группами*, которые характеризуются типом растительности (таежно-лесные, лесостепные, степные и т. д.), суммой температур почвы на глубине 20 см, длительностью отрицательных температур почвы на той же глубине в месяцах и коэффициентом увлажнения. Группы разделены на *климатические подгруппы* по фациальным особенностям термического режима почв. По режиму увлажнения выделяются ряды автоморфные, полугидроморфные, гидроморфные. Эти уровни представляют собой экологический каркас, в который погружается собственно почвенная классификация, начинающаяся от делами, которые [89] выделяются по свойствам важнейших характеристик строения почвенного профиля и физико-химических свойств почв и соответственно однонаправленности главных процессов почвообразования, в частности, по характеру дифференциации почвенного профиля (альфегумусовые, текстурно-дифференцированные, щелочные глинисто-дифференцированные), по интенсивности вторичного субаэрального минералообразования (метаморфические сиаллитные, феррсиаллитные, ферраллитные), по характеру гумусонакопления (дерновые органо-аккумулятивные, аккумулятивно-гумусовые, малогумусовые аккумулятивно-карбонатные), по одновременному протеканию процессов почвообразования и литогенеза (аллювиальные, вулканические, ирригационно-аккумулятивные), по доминированию резко выделяющихся факторов и процессов, таких, как криогенез (мерзлотные), галогенез (галоморфные).

Основная единица классификации — генетический тип, к которому относятся почвы, развивающиеся в однотипно сопряженных биологических, климатических и гидрологических условиях и характеризующиеся ярким проявлением основного процесса почвообразования при возможном сочетании с другими процессами. Тип почвы характеризуется единством режимов и процессов почвообразования, которые отражаются в единой системе основных диагностических горизонтов и общности свойств.

Следующая таксономическая единица — *подтип* — объединяет почвы, качественно отличающиеся по проявлению основного и налагающихся процессов почвообразования, отражает последовательное изменение свойств почв при переходе от типа к типу и диагностируется по качественным модификациям основных генетических горизонтов. При выделении подтипов учитывают процессы, связанные с подзональной сменой природных условий.

**ЗОНАЛЬНЫЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ГРУППЫ**

таежно-лесные, лесостепные, степные, сухостепные, полупустынные и др.

**КЛИМАТИЧЕСКИЕ ПОДГРУППЫ**

очень холодные, холодные, умеренные, умеренно теплые, теплые, очень теплые; мерзлотные, длительно промерзающие, промерзающие, кратковременно промерзающие, периодически промерзающие, непромерзающие

**ГЕНЕТИЧЕСКИЕ РЯДЫ ПО РЕЖИМУ УВЛАЖНЕНИЯ**

автоморфные, полугидроморфные, гидроморфные

**ОТДЕЛЫ**

текстурно-дифференцированные, альфегумусовые, аккумулятивно-гумусовые, аккумулятивно-карбонатные, малогумусовые аккумулятивно-карбонатные, метаморфические, феррсиаллитные, дерновые органико-аккумулятивные, органические, щелочные глинисто-дифференцированные, галоморфные, аллювиальные, вулканические, антропогенно-аккумулятивные

**СЕМЕЙСТВА**

в зависимости от особенностей литологии, резко влияющих на почвообразование, выраженных на уровне общих для всего профиля генетических признаков

**ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ТИПЫ**

по проявлению основного процесса почвообразования, выраженного в строении профиля, характеризующегося единой системой основных диагностических горизонтов

**ПОДТИПЫ**

по проявлению основного и налагающегося процессов почвообразования в связи с подзональной сменой условий, выраженных в модификациях генетических горизонтов

**РОДЫ**

по влиянию местных условий, выраженных на уровне признаков отдельных генетических горизонтов

**ВИДЫ**

по степени развития почвообразовательных процессов

**РАЗНОВИДНОСТИ**

по гранулометрическому составу

**РАЗРЯДЫ**

по генетическим свойствам почвообразующих пород

Рис. 3.3. Общая схема классификации почв России



*Род* — таксономическая единица в пределах подтипа, определяемая качественными локальными особенностями почвообразования (литологическими, гидрогеологическими), эволюции и антропогенной трансформации (деградации). Роды диагностируются на уровне отдельных морфологических, физико-химических и химических признаков генетических горизонтов.

*Вид* — таксономическая единица, количественно характеризующая степень выраженности процессов, определяющих тип, подтип и род почв. Степень развития почвенных процессов характеризуется показателями мощности тех или иных генетических горизонтов, содержания какого-либо вещества, его запасов; для слабовыраженных процессов определяется лишь их наличие (например, виды слабоглесватых, слабоосвоенных, слабосмытых почв).

*Разновидности* почв определяются по гранулометрическому составу верхних почвенных горизонтов и почвообразующих пород, каменистости и скелетности.

*Разряды* почв выделяются по генетическому типу, гранулометрическому составу и важнейшим химическим особенностям почвообразующих и подстилающих пород (моренные, моренные карбонатные, покровные, аллювиальные и т. д.), мощности мелкоземистой части профиля.

Выделение антропогенно-преобразованных почв производится на уровне типов, подтипов, родов и видов в зависимости от степени их преобразования.

### 3.3.3. Генетические горизонты и признаки

Почвенный генетический горизонт — слой почвы, формирующийся под воздействием определенных почвообразовательных процессов.

Генетические горизонты выделяются по сумме субстантивных признаков и свойств, обусловленных формирующими их процессами. Определенное сочетание горизонтов отражает специфику почв типового таксономического уровня, и такие горизонты можно рассматривать как типодиагностические.

Для обозначения почвенных горизонтов в качестве базовой сохраняется система А — В — С, дополненная с учетом [89]. При сложном строении профиля переходные горизонты обозначаются двоякими индексами ( $A_1A_2$ ,  $A_2B$  или  $BA_2$  и т. д.).

Качественные особенности генетических горизонтов, не нарушающие основных диагностических показателей и потому не влияющие на идентификацию почв на типовом уровне, могут рассматриваться как генетические признаки почв, служащие основанием для выделения подтипов и родов. Для обозначения процесса, сопутствующего основному, используются строчные латинские буквы, употребляемые вместе с основными индексами горизонтов (карбонатность — *k*, оглеение — *g*, засоленность — *s* и др.).

Наряду с традиционной системой обозначения горизонтов почв А — В — С применяются и другие. В данном отношении особый интерес представляет система обозначения и диагностики генетических горизонтов, изложенная в работе [89], которая частично приведена в табл. 3.2 и 3.5.

### 3.2. Системы генетических горизонтов почв различных классификаций

Классификация почв СССР [88]	Классификации почв России [89]
<i>1. Поверхностные органогенные горизонты:</i>	
<b>A<sub>0</sub>, A</b> Лесная подстилка, степной войлок. Сложен разлагающимися растительными остатками с примесью минеральных частиц	<b>O</b> Подстилично-торфяной
<b>T</b> Торф	<b>T</b> Торфяной <b>TE</b> Эутрофно-торфяной <b>TJ</b> Сухоторфяной
<i>2. Поверхностные органо-минеральные горизонты:</i>	
<b>A</b> Гумусово-аккумулятивный. Горизонт наибольшего накопления органических (гумуса) и питательных веществ. Имеет чаще всего наиболее темную окраску в профиле	<b>H</b> Перегнойный <b>AH</b> Перегнойно-темиогумусовый <b>AO</b> Грубогумусовый <b>AU</b> Темногумусовый <b>W</b> Гумусовый слаборазвитый <b>RU</b> Стратифицированный темногумусовый <b>RY</b> Стратифицированный серогумусовый <b>RJ</b> Стратифицированный светлогумусовый
<b>A<sub>1</sub></b> Гумусово-элювиальный. Наряду с накоплением гумуса идут разрушение минералов и частичный вынос продуктов разрушения	<b>AУ</b> Серогумусовый, или дерновый <b>AJ</b> Светлогумусовый <b>AKL</b> Подкорковый <b>AK</b> Криогумусовый
<b>A<sub>2</sub></b> Група элювиальных горизонтов, из которых в процессе почвообразования выносятся ряд веществ в нижележащие горизонты и за пределы почвенного профиля. Результат — обеднение глинистыми минералами, R <sub>2</sub> O <sub>3</sub> и остаточное обогащение SiO <sub>2</sub> . Конкретное название — в зависимости от основного процесса, вызывающего элювирование (подзолистый, осолоделый, надсолощцовый)	<b>E</b> Подзолистый <b>EL</b> Элювиальный <b>AEL</b> Гумусово-элювиальный <b>ELM</b> Элювиально-метаморфический <b>BEL</b> Субэлювиальный

Классификация почв СССР [88]	Классификации почв России [89]
<b>A<sub>п</sub></b> Пахотный. Образован гомогенизированным в результате механической обработки материалом верхних горизонтов почв	<b>P</b> Агрогумусовый <b>PU</b> Агротемногумусовый <b>PВ (РС)</b> Агроабразионный <b>PT</b> Агроторфяный <b>PTR</b> Агроторфяно-минеральный <b>X</b> Химически загрязненный <b>TUR</b> Турбированный
<i>3. Срединные горизонты:</i>	
<b>B</b> Группа иллювиальных горизонтов (бурой, красной, желтой, коричневой, пестрой окраски), объединяемых процессом частичного иллюирования веществ, вымытых из вышележащей толщи или привнесенных латеральным притоком. Конкретные горизонты выделяются в зависимости от иллюлируемых соединений. Переходный горизонт выделяется при отсутствии в профиле перемещения и трансформации минеральной массы	
<b>B<sub>hc</sub></b> Иллювиально-гумусово-железистый	<b>BHF</b> Альфегумусовый
<b>B<sub>h</sub></b> Иллювиально-гумусовый	<b>BH</b> Иллювиально-гумусовый
<b>B<sub>e</sub></b> Иллювиально-железистый	<b>BF</b> Иллювиально-железистый <b>F</b> Рудяковый
<b>B<sub>c</sub></b> Иллювиально-карбонатный	<b>BCA</b> Аккумулятивно-карбонатный <b>CAT</b> Текстурно-карбонатный <b>ML</b> Мергелистый (луговой мергель)
<b>B<sub>g</sub></b> Глинисто-иллювиальный	<b>BT</b> Текстурный <b>BI</b> Глинисто-иллювиальный
<b>B<sub>m</sub></b> Метаморфический – горизонт трансформации минералов почвы in situ без выноса продуктов преобразования	<b>BM</b> Структурно-метаморфический <b>BFM</b> Железисто-метаморфический <b>BMK</b> Ксерометаморфический <b>CRM</b> Криометаморфический

	<b>BPL</b> Палево-метаморфический <b>CR</b> Криотурбированный <b>BAN</b> Охристый <b>V</b> Слитой
<b>B<sub>sh</sub></b> Солонцовый	<b>BSN</b> Солонцовый
<b>G</b> Глеевый. Горизонт образуется в условиях длительного или постоянного избыточного увлажнения и недостатка свободного кислорода, вызывающих восстановительные процессы (образование закисных соединений железа, марганца, подвижных форм алюминия) и дезагрегирование почвы	<b>G</b> Глеевый <b>Q</b> Гидрометаморфический
<b>Галоморфные горизонты</b> имеют в верхних слоях 20 см > 1% легкорастворимых (токсичных) солей, что исключает развитие большинства растений, кроме галофитов. Включают:	
	<b>S</b> Солончаковый <b>SJ</b> Солоиачаковый светлый <b>SU</b> Солончаковый темный <b>SS</b> Солончаковый сульфидный
<i>4. Нижние горизонты (породы)</i>	
<b>C</b> Материнская порода. Не затронутая или (обычно) слабо затронутая почвообразованием рыхлая порода	
<b>D</b> Подстилающая рыхлая порода. Выделяется в случае резкой смены пород в пределах почвенного профиля или сразу под ним	
<b>M</b> Материнская или подстилающая порода массивная	

### 3.3. Схема классификации почв на надтиповом и типовом уровнях

ПОСЛИТОГЕННЫЕ и ОРГАНОГЕННЫЕ ПОЧВЫ			
Зональные экологические группы	Ряды почв по режиму увлажнения		
	Автоморфные	Полугидроморфные	Гидроморфные
1	2	3	4
<b>Тажно-лесные</b>	Текстурно-дифференцированные		Органогенные
	Подзолистые Дерново-подзолистые Дерново-подзолистые культурные Дерново-подзолистые сильносмытые	Болотно-подзолистые Болотно-подзолистые осушенные Болотно-подзолистые осушенные культурные	Торфяные верховые Торфяные верховые мелиорированные
	Альфегумусовые		Торфяные низинные Торфяные низинные мелиорированные  Торфяные деградированные
	Подбуры Подзолистые альфегумусовые Дерново-подзолистые альфегумусовые	Подбуры глеевые Дерновые альфегумусовые глеевые Болотно-подзолистые альфегумусовые Болотно-подзолистые альфегумусовые осушенные	
	Дерновые органо-аккумулятивные		
Дерново-карбонатные Дерновые литогенные	Дерново-глеевые Дерново-глеевые мелиорированные		
<b>Буроземно-лесные</b>	Метаморфические		

	Бурые лесные (буроземы) Подзолисто-бурые лесные Бурые лесные культурные Бурые лесные сильноосмытые	Бурые лесные глеевые Подзолисто-бурые лесные глеевые	
Лесостепные	Текстурно-дифференцированные		
	Серые лесные Серые лесные сильноосмытые	Серые лесные глеевые Серые лесные глеевые осу- шенные	
	Аккумулятивно-гумусовые		
	Аккумулятивно-гумусовые (собственно): черноземы глинисто-иллювиальные черноземы черноземы сильноосмытые	Лугово-черноземные	Лугово-болотные Черноземно-луговые Черноземы вторично- гидроморфные
	Щелочно-глинисто-дифференцированные		
Солонцы черноземные остаточные	Солонцы лугово-чернозем- ные	Солонцы черноземно-луговые Солоди	
Степные	Аккумулятивно-гумусовые		
	Аккумулятивно-гумусовые (собственно): черноземы черноземы слитые постирригационные черноземы сильноосмытые Аккумулятивно-гумусовые литогенные: черноземы остаточно-карбонатные степные литогенные песчаные и супес- чаные степные литогенные на древних породах и др.	Лугово-черноземные	Лугово-болотные Черноземно-луговые Черноземы вторично- гидроморфные
	Щелочно-глинисто-дифференцированные		
	Солонцы черноземные Солонцы черноземные глубокопреобразо- ванные	Солонцы лугово- черноземные	Солонцы черноземно-луговые Солоди
	Галоморфные		
		Солончаки гидроморфные	

1	2	3	4
Сухостепенные	Аккумулятивно-карбонатные		
	<u>Аккумулятивно-карбонатные (собственно):</u> каштановые каштановые поспирригационные слитые каштановые сильноэродированные <u>Аккумулятивно-карбонатные литогенные:</u> степные литогенные песчаные и супесчаные степные на древних породах и др.	Лугово-каштановые	Каштаново-луговые Каштановые вторично-гидроморфные
	Щелочно-глинисто-аккумулятивные		
	Солонцы каштановые Солонцы каштановые глубокопресобразованные	Солонцы лугово-каштановые	Солонцы каштановые луговые Солоди
	Галоморфные		
Солончаки автоморфные		Солончаки гидроморфные	
Полупустынные	Малогумусовые аккумулятивно-карбонатные		
	Бурье полупустынные Бурье полупустынные орошаемые	Лугово-бурье полупустынные	Луговые Бурье полупустынные орошаемые гидроморфные
	Щелочно-глинисто-дифференцированные		
	Солонцы полупустынные	Солонцы лугово-пустынные	
	Галоморфные		
Солончаки автоморфные		Солончаки гидроморфные	
Полупустынные субтропические	Малогумусовые аккумулятивно-карбонатные		
	Сероземы Сероземы ирригационные	Лугово-сероземные	Луговые полупустынные

Пустынные	Серо-бурые пустынные	Лугово-пустынные	Луговые пустышные
	Серо-бурые орошаемые	Такыры	
	Такыровидные пустынные	Лугово-пустынные орошае-	
	Такыровидные орошаемые	мые	
Кустарниково-степные	Метаморфические		
	Серо-коричневые	Лугово-серо-коричневые	Луговые
Ксерофитно-лесные	Коричневые	Лугово-коричневые	Луговые
Влажно-лесные	Ферриалитные		
	Желтоземы	Желтоземы глеевые	
	Красноземы		
	Текстурно – дифференцированные		
	Желтоземно-подзолистые	Подзолисто-желтоземные глеевые	
<b>СИЛТИОГЕННЫЕ ПОЧВЫ</b>			
Ряды почв по режиму увлажнения			
Автоморфные		Полугидроморфные	Гидроморфные
Аллювиальные			
Аллювиальные дерновые кислые Аллювиальные дерновые насыщенные Аллювиальные дерново-опустынивающиеся карбонатные	Аллювиальные луговые кислые Аллювиальные луговые насыщенные Аллювиальные луговые карбонатные	Аллювиальные лугово-болотные Аллювиальные болотные иловато-перегнойно-глеевые Аллювиальные болотные иловато-торфяные	
Вулканические			
Вулканические пепловые слоистые Вулканические охристые Вулканические охристо-подзолистые	Вулканические торфяно-охристые Вулканические торфяно-подзолисто-охристые		
Антропогенно – аккумулятивные			
Ирригационно-аккумулятивные Ирригационно-аккумулятивные слитые	Ирригационно-аккумулятивные глеевые		



**3.4. Систематика почв**  
**1 отдел. ТЕКСТУРНО-ДИФФЕРЕНЦИРОВАННЫЕ**  
**Таяжно-лесные автоморфные**

Типы	Подзолистые				Дерново-подзолистые				Дерново-подзолистые культурные	Дерново-подзолистые сильносмытые	
	Собственно	Освоенные	Окультуренные	Среднесмытые	Собственно	Освоенные	Окультуренные	Среднесмытые			
Роды	Обычные, остаточнокорбонатные, со вторым гумусовым горизонтом, контактно-глееватые, ненасыщенные (<80%), насыщенные (>80%), плантажированные										
Виды	Неглееватые, слабogleеватые										
	Нижняя граница $A_2$ от $A_0$ , см: >5 – поверхностно-подзолистые 5-20 – мелкоподзолистые 20-30 – неглубокоподзолистые >30 – глубокоподзолистые	Мощность $A_2$ , см: отсутствует, фрагментарный или представлен $A_2B$ – слабоподзолистые, <10 – мелкоподзолистые, 10-20 – неглубокоподзолистые, >20 – глубокоподзолистые		Нижняя граница $A_2$ от $A_0$ , см: <10 – поверхностно-подзолистые, 10-20 – мелкоподзолистые, 20-30 – неглубокоподзолистые, >30 – глубокоподзолистые	Мощность $A_2$ , см: отсутствует, фрагментарный или представлен $A_2B$ – слабоподзолистые; <10 – мелкоподзолистые, 10-20 – неглубокоподзолистые, >20 – глубокоподзолистые						
	Несмытые, слабосмытые				Несмытые, слабосмытые						
	Целинные, слабоосвоенные	Мощность $A_0$ , см: <20 – мелкопахотные, 20-30 – среднепахотные, >30 – глубокопахотные		Целинные, слабоосвоенные	Мощность $A_0$ , см: <20 – мелкопахотные, 20-30 – среднепахотные, >30 – глубокопахотные		Мощность $A_0$ , см: <10 – слабодерновые, 10-15 – среднедерновые, >15 – глубокодерновые				

		Содержание гумуса в $A_n$ , %: <2 – малогумусные, 2-4 – среднегумусные, >4 – многогумусные		Содержание гумуса в $A_n$ , %: <3 – малогумусные, 3-5 – среднегумусные, >5 – многогумусные	Содержание гумуса в $A_n$ , %: <2 – малогумусные, 2-4 – среднегумусные, >4 – многогумусные				
--	--	---	--	---	---	--	--	--	--

## Тաежно-лесные полугидроморфные

Типы	Болотно-подзолистые			Болотно-подзолистые осушенные	Болотно-подзолистые осушенные культурные
Под- типы	Дерново-подзолистые поверхностно-оглеенные	Перегнойно-подзолистые поверхностно-оглеенные	Торфянисто-подзолистые поверхностно-оглеенные	Освоенные, окультуренные	
	Дерново-подзолистые грунтово-оглеенные	Перегнойно-подзолистые грунтово-оглеенные	Торфянисто-подзолистые грунтово-оглеенные		
Роды	Обычные, со вторым гумусовым горизонтом или вторично-подзолистые, пена-сыщенные (<80%), насыщенные (>80%)				
Виды	Степень оглеения: глееватые, глеевые			Неглееватые, слабogleеватые	
	Место проявления оглеения: с поверхности, включая $B_1$ , до 40-50 см поверхностно-глееватые, поверхностно-глеевые; с поверхности, включая ВС (профильно), глееватые, профильно-глеевые; в ВС глубже 80-100 см глубоко-глееватые, глубоко-глеевые				
	$A_0$ <10 см подстилочные, $A^*$ 10-20 см – торфянистые, $A^*$ >20 см – торфяные				
	Глубина нижней границы $A_2$ (от $A^*$ ), см: <20 – мелкоподзолистые, 20-30 – неглубокоподзолистые, >30 – глубокоподзолистые			Мощность $A_2$ , см: отсутствует, фрагментарный или представлен $A_2B$ слабоподзолистые, сплошной <10 – мелкоподзолистые, 10-20 – неглубокоподзолистые, >20 – глубокоподзолистые	

	Целинные, слабоосвоенные	Мощность $A_n$ , см: <20 – мелкопахотные, 20-30 – среднепахотные, >30 – глубокопахотные
		Содержание гумуса в $A_n$ , %: <2 – малогумусные, 2-4 – среднегумусные, >4 – многогумусные

## Лесостепные

Ряд	Автоморфные				Полугидроморфные				
	Серые лесные				Серые лесные сильно-смытые	Серые лесные глеевые			Серые лесные глеевые осушенные
Типы									
Под-типы	Светло-серые, лесные, сырые лесные, темно-серые лесные	Светло-серые лесные освоенные, серые лесные освоенные, темно-серые лесные освоенные	Светло-серые лесные окультуренные	Светло-серые лесные среднесмытые серые лесные среднесмытые темно-серые лесные среднесмытые		Серые лесные поверхностно-глееватые и поверхностно-дуговатые	Серые лесные грунтово-глееватые	Серые лесные грунтово-глеевые	
Роды	Обычные, остаточнокarbonатные, пестроцветные, со вторым гумусовым горизонтом					Обычные, контактно-глеевые, высококовскипающие, со вторым гумусовым горизонтом, осолоделые, слитые			
Виды	Глубина вскипания, см: <100 – высококовскипающие, >100 – глубококовскипающие								
	Мощность гумусового горизонта ( $A_1 + A_2$ ), см: <20 – маломощные, 20-40 – среднемощные, >40 – мощные					Содержание гумуса, %: <3 – малогумусные, 3-5 – среднегумусные, >5 – многогумусные			
	Целинные, слабоосвоенные	Мощность $A_n$ , см: <20 – мелкопахотные, 20-30 – среднепахотные, >30 – глубокопахотные				Целинные, слабоосвоенные			Мощность $A_n$ , см: <20 – мелкопахотные

								20-30 – средне-пахотные, >30 – глубоко-пахотные
--	--	--	--	--	--	--	--	--

## Субтропические

Ряд	Автоморфные				Полугидроморфные	
Типы	Подзолисто-желтоземные		Красноземы		Подзолисто-желтоземно-глеевые	
од- типы	Ненасыщенные	Слабонасыщенные	Типичные	Типичные окультуренные	Поверхностно-глееватые	
			Оподзоленные	Оподзоленные окультуренные	Глееватые	Глеевые
Роды	Обычные, галечниковые, конкреционные, ортштейновые, остаточнo-карбонатные		На элювии изверженных пород, элювии галечников, збристых глинах, на переотложившем красноземном материале		Обычные, контактно-глееватые, галечниковые, остаточнo-луговые, конкреционные, остаточнo-луговые, ортштейновые	
Виды	Целные, пахотные		Целинные, освоённые		Глубина контактного оглеения (градации не разработаны)	
	Глубина оподзоленности (нижняя граница оподзоленного горизонта), см: <25 – мелкооподзоленные, 25-50 – неглубокооподзоленные, >50 – глубокооподзоленные Глубина залегания верхней границы горизонта конкреций или ортштейна, см: <30 – поверхностно-конкреционные (поверхностно-ортштейновые), 30-70 – конкреционные (ортштейновые), 70-150 – глубококонкреционные (глубокоортштейновые) Связность ортштейнового горизонта: рыхлоортштейновые, слитноортштейновые		Степень оподзоленности: слабооподзоленные, среднеоподзоленные		Глубина оподзоленности (нижняя граница оподзоленного горизонта), см: <25 – мелкооподзоленные, 25-50 – неглубокооподзоленные, >50 – глубокооподзоленные	

Мощность пахотного горизонта, см: <30 – пахотные, >30 – глубокопахотные			Мощность пахотного горизонта, см: <30 – пахотные, >30 – глубокопахотные
---	--	--	---

**2 отдел. АЛЬФЕГУМУСОВЫЕ**  
**Таяжно-лесные автоморфные**

Типы	Подбуры	Подзолистые альфегумусовые			Дерново-подзолистые альфегумусовые		
		Собственно	Освоенные	Окультуренные	Собственно	Освоенные	Окультуренные
Роды		Иллювиально-гумусовые, иллювиально-гумусово-железистые, иллювиально-железистые, со вторым осветленным горизонтом, глубинно-глееватые, глубинно-глееватые мерзлотные, карликовые, псевдофибровые, языковатые, карманистые			Псевдофибровые Слабодифференцированные Контактно-глубокоглееватые		
Виды		Неоглеевые, слабоглееватые					
		Распределение гумуса (для иллювиально-гумусовых, иллювиально-гумусово-железистых): гумуса в $A_2 < B$ – иллювиально-гумусовые, гумуса в $A_2 > B$ – иллювиально-изогумусовые					
		Содержание гумуса в B, % (для иллювиально-гумусовых): <1 – иллювиально-малогумусовые, 1-3 – иллювиально-среднегумусовые, >3 – иллювиально-многогумусовые					
		Содержание гумуса в $A_{21}$ , % (для иллювиально-изогумусовых): <3 – малогумусовые, >3 – многогумусовые					
	Нижняя граница $A_2$ от $A_0$ , см: >5 – поверхностно-подзолистые, 5-20 – мелкоподзолистые, 20-30 –	Мощность $A_2$ , см: отсутствует, фрагментарный или представлен $A_2B$ – слабоподзолистые, сплошной <10 – мелкоподзолистые, 10-20 – неглубокоподзолистые, >20 –	Нижняя граница $A_2$ от $A_0$ , см: <10 – поверхностно-подзолистые, 10-20 – мелкоподзолистые,	Мощность $A_2$ , см: отсутствует, фрагментарный или представлен $A_2B$ – слабоподзолистые, сплошной <10 – мелкоподзолистые, 10-20 –			

	неглубокоподзолистые, >30 – глубокоподзолистые Целинные, слабоосвоенные	листые Мощность $A_n$ , см: <20 – мелкопахотные, 20-30 – среднепахотные, >30 – глубокопахотные Содержание гумуса в $A_n$ , %: <1 – малогумусные, 1-2 – среднегумусные, >2 – многогумусные	20-30 – неглубокоподзолистые, >30 – глубокоподзолистые Целинные, слабоосвоенные	неглубокоподзолистые, >20 – глубокоподзолистые Мощность $A_n$ , см: <20 – мелкопахотные, 20-30 – среднепахотные, >30 – глубокопахотные Содержание гумуса в $A_n$ , %: <1 – малогумусные, 1-2 – среднегумусные, >2 – многогумусные
--	--	---	--	---

## Тажно-лесные полугидроморфные

Типы	Подбуры глеевые	Дерновые альфегумусовые глеевые	Болотно-подзолистые			Болотно-подзолистые осушенные	
			Дерново-подзолистые поверхностно-оглеенные, дерново-подзолистые грунтово-оглеенные	Перегнойно-подзолистые поверхностно-оглеенные, перегнойно-подзолистые грунтово-оглеенные	Торфянисто-подзолистые поверхностно-оглеенные, торфянисто-подзолистые грунтово-оглеенные	Освоенные	Окультуренные
Роды			Иллювиально-гумусовые, иллювиально-железистые, <i>орудекелье</i>			Иллювиально-гумусовые, <i>иллювиально-железистые</i>	
Виды			Степень оглеения: средняя – глееватые, сильная – глеевые Место проявления оглеения: с поверхности, включая $B_0$ , до 40-50 см поверхностно-глееватые, поверхностно-глеевые; с поверхности, включая ВС (профильно-), глееватые, (профильно)-глеевые; в ВС глубже 80-100 см глубоко-глееватые, глубоко-глеевые			Неглееватые, слабоглееватые	
			$A_0$ <10 см – подстилочные, $A^1$ = 10-20 см – торфянистые, $A^1$ >20 см – торфяные				

				Глубина нижней границы $A_2$ (от $A'$ ), см: <20 – мелкоподзолистые, 20-30 – пеглубокоподзолистые, >30 – глубокоподзолистые	Мощность $A_2$ , см: отсутствует, фрагментарный или представлен $A_2B$ – слабоподзолистые, сплошной <10 – мелкоподзолистые, 10-20 – пеглубокоподзолистые, >20 – глубокоподзолистые
				Целинные, слабоосвоенные	Мощность $A_n$ , см: <20 – мелкопахотные, 20-30 – среднепахотные, >30 – глубокопахотные
					Содержание гумуса в $A_n$ , %: <2 – малогумусные, 2-4 – среднегумусные, >4 – многогумусные

## 3 отдел. АККУМУЛЯТИВНО-ГУМУСОВЫЕ.

## Семейство аккумулятивно-гумусовые (собственно)

## Лесостепные и степные

Ряд	Автоморфные					Полугидроморфные			Гидроморфные				
Типы	Черноземы глинисто-иллювиальные		Черноземы			Черноземы сильно-смытые		Черноземы слитые		Лугово-черноземные		Черноземно-луговые, каштаново-луговые	Черноземы вторично-гидроморфные
Под- типы	Среднесмытые						Соб- ствен- но	Пост- ир- рига- цион- ные	Луго- вато- черно- земные	Лугово- черно- земные	Пост- ир- рига- ционные	Луговые Влажно- луговые	
	Опод- золен- ные	Выщелочен- ные	Типич- ные	Обык- повен- ные	Юж- ные								

Роды	Обычные, глубоковскипающие, бескарбонатные, карбонатные (пропитанно-карбонатные), остаточо-карбонатные, карбонатные перерытые, засоленные, солощеватые, глубокосолонщеватые, остаточносолонщеватые, осолоделые, проградированные (вторично-насыщенные), остаточноруговатые, глубинно-глееватые, неполнозавитые, антропогенно переуплотненные		Обычные, щельные	Обычные, оподзоленные, выщелоченные, карбонатные, осолоделые, остаточносолонщеватые, солонщевато-засоленные, засоленные	Обычные, щельные	Обычные, выщелоченные, карбонатные, омергелеванные, засоленные, солонщеватые, слитые, осолоделые	
	Несмытые, слабосмытые (не выделяются в подтипе среднесмытых)						
Виды	Целинные, освоенные						
	Мощность гумусового горизонта, см: >120 – сверхмощные, 120-80 – мощные, 80-60 – среднемощные, 60-40 – среднемощные укороченные, 40-25 – маломощные, <25 – очень маломощные						
	Содержание гумуса, %: <4 – слабогумусированные, 6-4 – малогумусные, 9-6 – среднегумусные, >9 – тучные						
	Характер нижней границы гумусового горизонта: (нормальные), языковатые, карманнстые						
	Степень солонщеватости, степень осолодения, глубина и тип засоления						

**4 отдел. АККУМУЛЯТИВНО-КАРБОНАТНЫЕ.**  
Сухостепные

Ряд	Автоморфные		Полугидроморфные		Гидроморфные
Типы	Каштановые	Каштановые сильноэродированные	Каштановые постирригационные слитые	Лугово-каштановые	Каштановые вторично-гидроморфные



Подтипы	Темно-каштановые	Каштановые	Светло-каштановые	Среднеэродированные			Луговато-каштановые Лугово-каштановые	Постирригационные	
Роды	Обычные, глубоковскипаяющие, карбонатные, карбонатные пересытые, солончаковые, солонцеватые, глубокосолонцеватые, остаточносолонцеватые, неполноразвитые					Обычные, неполноразвитые	Обычные, промытые, выщелоченные, карбонатные, осолоделые, солонцеватые, солончаковые, глсеватые	Обычные, слитые	
Виды	Мощность гумусового горизонта А + В <sub>1</sub> , см: >50 – мощные, 30-20 – маломощные, 50-30 – среднемощные, <20 – очень маломощные						Содержание гумуса, %: >4 – темные, <4 – светлые		

**5 отдел. МАЛОГУМУСОВЫЕ АККУМУЛЯТИВНО-КАРБОНАТНЫЕ**  
**Полупустынные и пустынные автоморфие**

Типы	Бурые полупустынные	Бурые полупустынные орошаемые	Сероземы	Сероземы орошаемые	Серо-бурые	Серо-бурые орошаемые	Такыровидные	Такыровидные орошаемые
Подтипы			Светлые Типичные Темные	Светлые Типичные Темные Староорошаемые				Орошаемые Староорошаемые

Роды	Обычные, слабодифференцированные, солончаковые, солонцеватые, гипсоносные		Обычные, галечниковые, остаточно-солончаковые, на карбонатных породах, на малокарбонатных породах	Обычные, галечниковые, на карбонатных породах, на малокарбонатных породах	Обычные, обычные гипсоносные, солончаковые, солончаковые гипсоносные, такыро-солонцеватые, высокогипсоносные (бозынгеы), промытые	Обычные незасоленные, остаточного гипсоносные, галечниковые	Обычные, солончаковые, солонцеватые (корково-солонцеватые), древнеорошавшиеся	Обычные засоленные (остаточно-засоленные)
Виды	Глубина, тип и степень засоления Степень солонцеватости Характер гипсоносного горизонта		Мощность гумусового (агроирригационного) горизонта, см: <40 – маломощные, 40-70 – среднеспособные, >70 – мощные					

**Полупустынные и пустынные полугидроморфные и гидроморфные**

Ряд	Полугидроморфные							Гидроморфные	
Типы	Лугово-бурые	Лугово-бурые орошаемые	Луговосероземные	Луговосероземные орошаемые	Лугово-пустынные	Лугово-пустынные орошаемые	Такыры	Луговые полупустынные и пустынные	Луговые полупустынные и пустынные орошаемые
Подтипы	Луговато-бурые Лугово-бурые	Луговато-сероземные Луговосероземные	Луговосероземные Сероземно-луговые (вторично-луговые)	Луговосероземные орошаемые	Луговато-пустынные (луговато-такыро-видные) Лугово-пустынные поверхностного дополнительного увлажнения Лугово-пустынные серо-бурые Лугово-пустынные песчаные	Орошаемые Старорошаемые		Луговые (типичные) Влажно-луговые (болотно-луговые)	Луговые Влажно-луговые Старорошаемые

Роды	Обычные, выщелоченные, солончаковатые, солонцеватые	Обычные, солончаковатые, галечниковые	Обычные, засоленные	Обычные, солончаковатые	Обычные, засоленные	Обычные, солончаковатые, опесчаненные	Аллювиальные, аллювиальные галечниковые, аллювиальные засоленные, сазовые, сазовые засоленные	Аллювиальные, аллювиальные засоленные, сазовые, сазовые засоленные, галечниковые
Виды	Тип и степень засоления Степень солонцеватости	Степень засоления Глубина залегания галечника	Тип и степень засоления		Тип и степень засоления		Тип и степень засоления Глубина залегания галечника Содержание гумуса, %: <2 – светлые, >2 – темные	Содержание гумуса, %: <1 – малогумусные, 1-2 – среднегумусные, >2 – многогумусные Мощность гумусового (агроирригационного) горизонта, см: <40 – маломощные, 40-70 – среднемощные, >70 – мощные

**6 отдел. МЕТАМОРФИЧЕСКИЕ**  
**Буроземно-лесные**

Ряд	Автоморфные				Полугидроморфные	
	Бурые лесные (буроземы)	Бурые лесные культурные	Бурые лесные сильно-смытые	Подзолисто-бурые лесные	Бурые лесные глеевые (буроземы глеевые)	Подзолисто-бурые лесные глеевые
Подтипы	Кислые грубогумусные Кислые Слабонасыщенные Кислые грубогумусные оподзоленные Кислые оподзоленные Слабонасыщенные оподзоленные			Ненасыщенные, Ненасыщенные освоенные Слабонасыщенные Слабонасыщенные освоенные	Поверхностно-глееватые Поверхностно-глеевые Оподзоленные поверхностно-глееватые Оподзоленные поверхностно-глеевые	Поверхностно-глееватые Поверхностно-глеевые Грунтово-глееватые Грунтово-глеевые

Роды	Обычные, остаточнокarbonатные, остаточнo-насыщенные, ферралитизированные, вторично-дерновые			Обычные, ферралитизированные, контактно-глееватые, остаточнo-луговые	Обычные, остаточнo-карбонатные, ферралитизированные, галечниковые	Обычные, остаточнo-карбонатные, глубокогалечниковые, конкреционные
Виды	Содержание гумуса, %: <5 - малогумусные, 5-10 - среднегумусные, >10 - многогумусные			Неоглеенные, слабоглееватые Глубина контактного оглеения, см: 30-50 - неглубоко-контактно-глееватые, 50-100 - глубоко-контактно-глееватые		

## Кустарниково-степные

Ряд	Автоморфные				Полугидроморфные	
Типы	Серо-коричневые	Коричневые		Коричневые сильносмытые	Лугово-серо-коричневые	Лугово-коричневые
Под-типы	Темные Обыкновенные, Светлые	Выщелоченные Типичные Карбонатные	Средне-смытые		Поверхностно-луговато-серо-коричневые Луговато-серо-коричневые Лугово-серо-коричневые	Поверхностно-луговато-коричневые Луговато-коричневые Лугово-коричневые
Роды	Обычные, солонцеватые, солончаковатые, гипсоносные, галечниковые, горные на плотных породах, горные на рыхлых породах	Обычные, малокарбонатно-глинистые, песчанисто-глубококарбонатные, солонцеватые, засоленные, остепненные			Обычные, солонцеватые, солончаковатые	Обычные, солонцеватые, засоленные, <i>слитые</i>

Виды		Несмытые, слабосмытые			Целинные, пахотные	Целинные, пахотные	
					Содержание гумуса, %:	Содержание гумуса, %:	
					целинные <3 – светлые, >3 – темные	пахотные <3 – светлые, >3 – темные	целинные <4 – слабогумусированные (светлые), 4-6 – малогумусные, >6 – среднегумусные (темные)
	Степень солонцеватости Глубина залегания солей				Степень солонцеватости Глубина залегания солей	Степень солонцеватости Глубина залегания солей Степень щелчеватости	

**7 отдел. ФЕРСИАЛИТНЫЕ**  
Субтропические

Ряд	Автоморфные				Полугидроморфные		
Типы	Желтоземы				Желтоземы глеевые		
Подтипы	Ненасыщенные	Ненасыщенные оподзоленные	Слабоненасыщенные	Слабоненасыщенные оподзоленные	Поверхностно-глееватые	Глееватые	Глеевые
Роды	Обычные, остаточно-карбонатные, неполноразвитые, галечниковые				Обычные, остаточно-карбонатные, галечниковые		
Виды	Мощность гумусового горизонта, см: <20 – мелкогумусированные, 20-30 – неглубокогумусированные, >30 – глубокогумусированные						
	Неоглеенные, поверхностно-оглеенные						
	Степень оподзоленности: неоподзоленные, слабооподзоленные, среднеоподзоленные						

**8 отдел. ДЕРНОВЫЕ ОРГАНО-АККУМУЛЯТИВНЫЕ**  
**Таяжно-лесные**

Ряд	Автоморфные		Полугидроморфные	
Типы	Дерново-карбонатные	Дерновые литогенные	Дерново-глеевые	Дерново-глеевые осушенные
Подтипы	Типичные, Выщелоченные Оподзоленные		Дерновые поверхностно-глееватые Дерновые грунтово-глееватые Перегнойные, повсрхностно-глеевые Перегнойные грунтово-глеевые	
Роды	Известняковые, глинисто-мергелистые, рнкховые		Карбонатные, насыщенные, оподзоленные	
Виды	Содержание гумуса, %: <3 – малогумусные, 5-3 – среднегумусные, 12-5 – многогумусные, >12 – перегнойные			
	Мощность гумусового горизонта, см: <15 – маломощные, >15 – среднемощные			Мощность A <sub>0</sub> , см: <20 – мелко-, 20-30 – средне-, >30 – глубокопахотные
	Целинные, слабоосвоенные		Целинные, слабоосвоенные	Содержание гумуса, %: <3 – мало-, 3-5 – средне-, 5-12 – многогумусные, >12 – перегнойные
	Мощность A <sub>0</sub> , см: <20 – мелкопахотные, 20-30 – среднепахотные, >30 – глубокопахотные			

**9 отдел. ОРГАНОГЕННЫЕ**  
**Таяжно-лесные гидроморфные**

Типы	Торфяные верховые	Торфяные верховые мелиорированные	Торфяные низинные	Торфяные низинные мелиорированные	Торфяные низинные деградированные
Подтипы	Торфяно-глеевые Торфяные		Торфяно-глеевые обедненные Торфяные обедненные Торфяно-глеевые типичные Торфяные типичные	Торфяно-глеевые обедненные Перегнойно-глеевые Торфяные обедненные Перегнойно-торфяные	

Роды	Обычные, переходные, гумусово-железистые	Обычные, карбонатные, солончаковые, солонцовые, сульфатно-кислые, оруденелые, заиленные	
Виды	Мощность торфа, см: 20-30-торфянисто-глеевые маломощные, 30-50-торфяно-глеевые, 50-100-торфяные на мелких торфах, 100-200-торфяные на средних торфах, >200-торфяные на глубоких торфах		
	Степень разложения торфа, %: <25 – торфяные, 25-40 – торфяно-перегнойные, >40 – перегнойные		

**Степные, сухостепные, полупустынные и пустынные гидроморфные**

Типы	Лугово-болотные		Болотные полупустынные и пустынные		Болотные полупустынные и пустынные орошаемые
Под-типы	Перегнойные	Иловатые	Торфяно-болотные (торфяные, перегнойно-торфяные)	Иловато-болотные (перегнойно-иловатые)	
Роды	Обычные, промытые, выщелоченные, карбонатные, омергелеватые, солонцевато-осолоделые, засоленные		Аллювиальные, аллювиальные засоленные, сазовые, сазовые засоленные		Полевошпатовые, аллювиальные, сазовые
Виды			Мощность торфяного слоя, см: <30 – торфянистые, >30 – торфяные		
			Тип и степень засоления		

**10 отдел. ЩЕЛОЧНЫЕ ГЛИНИСТО-ДИФФЕРЕНЦИРОВАННЫЕ**

**Степные, сухостепные и полупустынные**

Ряд	Автоморфные	Полугидроморфные	Гидроморфные	
Типы	Солонцы: черноземные, каштановые, черноземные глубокопреобразованные, каштановые глубокопреобразованные, полупустынные	Солонцы: лугово-черноземные, лугово-каштановые, лугово-полупустынные, мерзлотные	Солонцы черноземно-луговые, каштаново-луговые, лугово-болотные, луговые мерзлотные	Солоди

Подтипы		Лугово-степные (дерново-глееватые) Луговые (дерново-глесвые) Лугово-болотные
Роды	Солончаковые, солончаковыатые, глубокосолончаковатыс, глубокозасоленные, преобразованные	Обычные, бескарбонатные, солончаковатые
	Тип и степень засоления: высококарбонатные, глубококарбонатные, высокогипсовые, глубокогипсовые	
Виды	Мощность надсолонцового горизонта, см: <5 – корковые, 5-10 – мелкие, 10-18 – средние, >18 – глубокие Содержание Na <sup>+</sup> обм., % ЕКО: <25 – малонатриевые, 25-40 – средненатриевые, >40 – многонатриевые Структура горизонта В <sub>1</sub> : ореховатые столбчатые, глыбистые Степень антропогенной преобразованности: слабоосвоенные, освоенные Мощность пахотного горизонта, см: <20 – мелкопахотные, 20-30 – среднепахотные, 30-40 – глубокопахотные, >40 – плантажированные	Глубина осолодения (мощность A <sub>1</sub> +A <sub>2</sub> , см): 10 – мелкие, 10-20 – среднеспособные, >20 – глубокие
		Мощность гумусового горизонта A <sub>1</sub> , см: <5 – дернинные (типичные), 5-10 – мелкодерновые, 10-20 – среднедерновые, >20 – глубокодерновые
		Содержание гумуса, %: <3 – светлые, 3-5 – серые, >5 – темные

## 11 отдел. ГАЛОМОРФНЫЕ

Ряд	Автоморфные и подгидроморфные		Гидроморфные					
Типы	Автоморфные		Гидроморфные					
Подтипы	Типичные	Отакырненные	Типичные	Луговые	Болотные	Соровые	Грязево-вулканические	Бугристые
Роды	Сульфатно-хлоридные, сульфатно-хлоридно-нитратные, литогенные, древнегидроморфные		По составу солей в профиле, составу солей в грунтовых водах, строению и водопроницаемости почв, почвообразующих и подстилающих пород					
Виды	Характер распределения солей в профиле: поверхностные, глубинно-профильные Морфология поверхностного горизонта: пухлые, отакырненные, выцветные, корковые и др.							



## 12 отдел. АЛЮВИАЛЬНЫЕ

Ряд	Автоморфные			Полугидроморфные			Гидроморфные		
Типы	Аллювиальные дерновые кислые	Аллювиальные дерновые насыщенные	Аллювиальные дерновые опустынивающие карбонатные	Аллювиальные луговые кислые	Аллювиальные луговые насыщенные	Аллювиальные луговые карбонатные	Аллювиальные лугово-болотные	Аллювиальные болотные иловато-перегнойно-глеевые	Аллювиальные болотные иловато-торфяные
Под- типы	Слоистые примитивные  Слоистые Оползольные	Слоистые примитивные  Слоистые Остепняющиеся	Слоистые примитивные  Слоистые	Слоистые примитивные  Слоистые	Слоистые примитивные  Слоистые Темноцветные	Слоистые Тугайные	Аллювиальные лугово-болотные (собственно)  Оторфованные	Иловато-глеевые  Перегнойно-глеевые	Иловато-торфяно-глеевые  Иловато-торфяные
Роды	Обычные, галечниковые	Обычные, галечниковые, солонцеватые, засоленные, слитые		Обычные, железистые	Обычные, солонцеватые, засоленные, слитые		Обычные, карбонатные, омергелсванные, засоленные, солонцеватые, осолоделые	Обычные, карбонатные, засоленные, галечниковые	Обычные ненасыщенные, обычные насыщенные, карбонатные, оруделые, солоичаковые
Виды	Мощность гумусового горизонта, см: <20 – маломощные укороченные, 20-40 – ма-	Мощность гумусового горизонта, см: <20 – маломощные укороченные, 20-40 – маломощные, 40-80 –	Степень солонцеватости Верхняя граница солевых выделений  Степень засоления	Мощность гумусового горизонта, см: <20 – маломощные укороченные, 20-40 – маломощные	Мощность гумусового горизонта, см: <20 – маломощные укороченные, 20-40 – маломощ-	Степень солонцеватости Верхняя граница солевых выделений  Степень засоления	Мощность органогенного (или гумусового) горизонта (традиции не разработаны)  Степень разложения	Мощность органогенных и гумусированных горизонтов Содержание органического вещества в верхних го-	Травяные, кустарниково-травяные, мохово-травяные  Мощность иловато-торфяного горизонта, см: <30 – иловатотор-

### 3.5. Общевидовая диагностика почв (согласно Классификации и диагностике почв СССР, 1977)

#### Виды почв по степени каменистости (содержание камней размером не менее 5 см)

По степени каменистости поверхности, % покрытия	По содержанию камней в пахотном (0-30 см) слое (общая каменистость), м <sup>3</sup> /га	По степени каменистости профиля (по глубине каменистости), см
<10 - слабо-, 10-20 - средне-, 20-40 - сильно-, >40 - очень сильно каменистые	<5 - некаменистые и очень слабо- 5-20 - слабо- (мало-), 20-50 - средние- (умеренно), 50-100 - сильно- (много-), >100 - очень сильно (очень много-) каменистые	0-30 - поверхностно-, 30-50 - неглубоко-, 50-100 - глубококаменистые

#### Виды переотложенных и искусственно аккумулятивных почвогрунтов (мощность наносов не менее 30 см)

По мощности намывтой или искусственно аккумулятивной толщи, см	По строению	По механическому составу	По наличию гумуса	По содержанию карбонатов и легкорастворимых солей	По степени оглеения	По особенностям химического или минералогического состава перемещенного материала*
30-60 - мало-мощные, 60-100 - средн-мощные, >100 - мощные	Пес-лоистые, слоистые		Негумусированные, гумусированные (равномерная серая или более темная окраска)	Некарбонатные, и пезасоленные, карбонатные, засоленные	Неоглеенные, поверхностно-глеватые, грунтово-глеватые, грунтово-глесовые	Сульфидные, углисто-сланцевые, ожелезненные и т. п.
При мощности намывтой или искусственно аккумулятивной толщи менее 100 см указывается почва, залетающая под перемещенной толщей.						
* Может быть необходимо для искусственно аккумулятивных почвогрунтов						

#### Виды солонцеватых почв

По степени солонцеватости, % Na <sub>обм</sub> от ЕКО	По глубине залегания осолонцованного горизонта, см
Высокогумусные почвы (черноземы, лугово-черноземные, черноземно-луговые)	Малогумусные почвы (бурые, каштановые, малогумусные южные черноземы)
<3 - (несолонцеватые), 5-10 - слабосолонцеватые, 10-15 - среднесолонцеватые, 15-20 - сильносолонцеватые	<3 - несолонцеватые, 3-5 - слабосолонцеватые, 5-10 - среднесолонцеватые, 10-15 - сильносолонцеватые
	<30 - солонцеватые, >30 - глубокосолонцеватые

#### Виды засоленных почв

По глубине залегания верхнего солевого горизонта (его верхней границы), см

Засоленные неорошаемые почвы	Засоленные орошаемые почвы
<30 - солончаковые, 30-80 - солончаковатые	80-150 - глубокосолончаковатые, >150 - глубокозасоленные
	0-50 - солончаковые, 50-100 - солончаковатые, 100-200 - глубокозасоленные

По химизму (типу) засоления (по преобладающему составу солей в водной вытяжке, мг-экв)

Тип засоления	Отношение анионов (мг-экв)			Отношение анионов и катионов (мг-экв)
	Cl <sup>-</sup> : SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> : Cl <sup>-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> : SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	
Хлоридное и сульфатно-хлоридное	>1,0	-	-	-
Хлоридно-сульфатное	0,2-1,0	-	-	-

Продолжение табл. 3.5

Сульфатное	<0,2	-	-	-
Содово-хлоридное	>1	<1	>1	$\text{HCO}_3^- > \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$
Содово-сульфатное	<1	>1	<1	-
Хлоридно-содовое	>1	>1	>1	-
Сульфатно-содовое	<1	>1	>1	-
Сульфатно- или хлоридно-гидрокарбонатное (щелочно-земельное)	-	>1	>1	$\text{Na}^+ < \text{Ca}^{2+}, \text{Mg}^{2+}, \text{HCO}_3^-$

По степени засоления (сумма солей в %, содержание ионов в %/мг-экв)

Тип засоления	Степень засоления				
	Нет	Слабая	Средняя	Сильная	Очень сильная (солончаки)
Хлоридный	<0,03	0,03-0,10	0,10-0,30	0,30-0,60	>0,6
Сульфатно-хлоридный	<0,05	0,05-0,12	0,12-0,35	0,35-0,70	>0,7
Хлоридно-сульфатный	<0,10	0,10-0,25	0,25-0,50	0,50-0,90	>0,9
Сульфатный	<0,15	0,15-0,30	0,30-0,60	0,60-1,40	>1,4
Содово-хлоридный, хлоридно-содовый	<0,10	0,10-0,15	0,15-0,30	0,30-0,50	>0,5
Содово-сульфатный, сульфатно-содовый	<0,15	0,15-0,25	0,25-0,35	0,35-0,60	>0,6
Сульфатно- (хлоридно-) гидрокарбонатный щелочноземельный	<0,15	0,15-0,30	0,30-0,50	Не встречаются	

**Виды интенсивнозагипсованных почв**(>10% валового  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  при залегании глубже 20 см от поверхности)

По глубине верхней границы гипсового горизонта, см	По содержанию гипса ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), %	По мощности гипсового горизонта, см	По строению гипсовых образований, см	По сложению гипсовых образований
20-60 – высоко-, 60-100 – неглубоко-, 100-200 – глубоко-, 200 – глубиннозагипсованные	10-20 – средне-, 20-40 – сильно-, >40 – очень сильнозагипсованные	<40 – маломощные, 40-100 – средне-мощные, >100 – мощные	<0,1 – микро-, 0,1-1,0 – мелко-, 1,0-10 – средне-, 10-100 – крупнокристаллические	Рыхлые, фрагментарно-плотные, шестоватые, очаговые, монолитные

Почвенные образования с наличием очень сильно загипсованных горизонтов (40 % и более  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) в слое не глубже 20 см от поверхности выделяются в особую группу гипсовых почв, подразделяемых по мощности, формам и сложению гипсовых горизонтов**Виды сильноокарбонатных почв (более 30 %  $\text{CaCO}_3$ )**

По глубине верхней границы сильно окарбонатного горизонта, см	По мощности сильно окарбонатного горизонта, см	По сложению
<30 – поверхностноокарбонатные, 30-60 – высокоокарбонатные, 60-100 – неглубокоокарбонатные, 100-200 – глубокоокарбонатные, >200 – глубинноокарбонатные	<40 – маломощные, 40-100 – среднеспособные, >100 – мощные	Рыхлые, фрагментарно-плотные, монолитно-плотные

**Классификация грунтовых вод по степени минерализации (плотный остаток, %):**

Пресные	- 1
Слабоминерализованные	- 1-3
Среднеминерализованные	- 3-10
Сильноминерализованные	- 10-50
Рассолы	- 50

### 3.4. Разработка ландшафтно-экологических классификаций земель по природно-сельскохозяйственным провинциям различных зон

Для разработки адаптивно-ландшафтных систем земледелия зональным научным учреждениям необходимо формировать агроэкологические классификации и регистры агроэкологических видов земель на основе обобщения имеющихся материалов крупномасштабного почвенного картографирования и научных изысканий. Далее приводятся примеры таких классификаций для некоторых зон и провинций.

#### *Среднерусская провинция южнотаежно-лесной зоны*

**1 группа: плакорные земли.** Дренажированные равнины на четвертичных отложениях с автоморфными почвами, с участием слабogleеватых до 10 % и уклонами до 2°,  $K_p < 0,5 \text{ км/км}^2$ . Агроэкологические виды земель:

- ЭАА и пятнистости дерново-подзолистых средне- и легкосуглинистых почв с различной мощностью горизонтов  $A_1, A_2, A_2B$ ;
- ЭАА и пятнистости дерново-подзолистых тяжелосуглинистых и легкосуглинистых почв с различной мощностью горизонтов  $A_1, A_2, A_2B$ ;
- ЭАА и пятнистости дерново-подзолистых супесчаных почв с различной мощностью горизонтов  $A_1, A_2, A_2B$ ;
- ЭАА и пятнистости дерново-карбонатных выщелоченных почв с различной мощностью горизонта  $A$ .

**2 группа: умеренно-эрозионно-автоморфные земли.** Дренажированные равнины на четвертичных отложениях с автоморфными почвами с участием слабосмытых до 20%, полугидроморфных до 10% на склонах 2-3°,  $K_p 0,5-1 \text{ км/км}^2$ . Интенсивное использование возможно при условии ограничений в структуре пашни и применении противоэрозионных мероприятий. Агроэкологические виды земель:

- пятнистости дерново-подзолистых средне- и легкосуглинистых почв с участием слабосмытых;
- пятнистости дерново-подзолистых тяжелосуглинистых и легкосуглинистых почв с участием слабосмытых;
- пятнистости дерново-подзолистых супесчаных почв со слабосмытыми.

**3 группа: среднеэрозионно-автоморфные земли.** Дренажированные равнины на четвертичных отложениях с автоморфными почвами с участием слабо- и среднесмытых до 50 % и полугидроморфных до 20 % на склонах 3-5°,  $K_p 1,0-2 \text{ км/км}^2$ . Интенсивное использование возможно в основном в специальных противоэрозионных системах земледелия с применением гидротехнических, лесных и других видов мелиорации. Агроэкологические виды земель:

- пятнистости и комплексы дерново-подзолистых средне- и легкосуглинистых почв со слабо- и среднесмытыми на склонах теплых экспозиций;
- то же на склонах холодных экспозиций;
- пятнистости и комплексы дерново-подзолистых тяжелосуглинистых и легкосуглинистых почв со слабо- и среднесмытыми на теплых склонах;
- то же на склонах холодных экспозиций;

- пятнистости и комплексы дерново-подзолистых супесчаных почв со слабо- и среднесмытыми на теплых склонах;
- то же на склонах холодных экспозиций;
- эрозионно-аккумулятивные — комплексы и пятнистости дерново-подзолистых почв со смытыми, намытыми и полугидроморфными.

**4 группа: сильноэрозионные земли.** Дренажные равнины на четвертичных отложениях с автоморфными почвами различной степени смытости на склонах более 5°, Кр более 2 км/км<sup>2</sup>.

**5 группа: умереннополугидроморфно-автоморфные земли.** Слабодренажные равнины на четвертичных отложениях с автоморфными почвами с участием полугидроморфных в количестве и качестве, допускающем использование этих земель без гидротехнических мелиораций. Агроэкологические виды земель:

- пятнистости и комплексы дерново-подзолистых супесчаных и песчаных почв, в том числе слабоглееватых с глееватыми до 50 %;
- ташеты дерново-подзолистых супесчаных и песчаных почв (карбонатно-глееватых), подстиласмые глинистыми и тяжелосуглинистыми отложениями с глубины 20-50 см;
- пятнистости дерново-подзолистых легко- и среднесуглинистых, в том числе слабоглееватых с глееватыми до 20 %.

**6 группа: среднеполугидроморфно-автоморфные земли.** Слабодренажные равнины на четвертичных отложениях с комбинациями автоморфных почв с полугидроморфными, использование которых сопряжено с осушением. Агроэкологические виды земель:

- комплексы дерново-подзолистых средне- и легкосуглинистых почв (в том числе слабоглееватых) с глееватыми и глеевыми до 50 %;
- комплексы дерново-карбонатных средне- и тяжелосуглинистых выщелоченных почв с дерново-глееватыми до 50 %;
- комплексы дерново-подзолистых тяжелосуглинистых и глинистых почв с глееватыми и глеевыми до 50 %.

**7 группа: полугидроморфные земли.** Очень слабо дренажные равнины на четвертичных отложениях с полугидроморфными почвами. Агроэкологические виды земель:

- комплексы болотно-подзолистых супесчаных и песчаных поверхностно-оглеенных почв;
- то же грунтово-оглеенных;
- комплексы болотно-подзолистых средне- и легкосуглинистых почв (дерново-, перегнойно-, торфянистоподзолистых), поверхностно-оглеенных;
- то же грунтово-оглеенных;
- комплексы болотно-подзолистых тяжелосуглинистых и глинистых почв поверхностно-оглеенных;
- то же грунтово-оглеенных;
- комплексы дерново-глеевых почв поверхностного увлажнения;
- то же грунтового увлажнения;

- полугидроморфные аллювиальные.

**8 группа: гидроморфные земли.** Агроэкологические виды земель:

- торфяные болотные низинные почвы;
- торфяно-глеевые низинные почвы.

**9 группа: литогенные автоморфные земли.** Равнины на водно-ледниковых песчаных, двучленных и перемытых отложениях переменного гранулометрического состава с автоморфными почвами. Агроэкологические виды земель:

- ЭАА и пятнистости дерново-подзолистых песчаных почв с различной мощностью горизонтов  $A_1, A_2, A_2B$ ;
- ташеты супесчаных и песчаных дерново-подзолистых почв с подстиланием глинистыми и тяжелосуглинистыми отложениями на глубине 50-100 см;
- мозаики дерново-подзолистых почв переменного грансостава.

**10 группа: полугидроморфно-литогенные земли.**

**11 группа: полугидроморфно-эрозионные земли.**

В табл. 3.6 представлена ландшафтно-экологическая классификация земель этой зоны.

**3.6. Ландшафтно-экологическая классификация земель таежно-лесной зоны**

Агроэкологические группы и подгруппы земель	Разряды первого порядка (по абсолютным высотам), м	Разряды второго порядка (по морфологическим типам рельефа для равнин)
1	2	3
<p><b>1. Плякорные (автоморфные):</b> <math>Kp &lt; 0,5 \text{ км/км}^2</math>, <math>П^Д</math>, <math>Д^К</math>, <math>П^Д^1</math>, <math>П^Д^2</math>, <math>П^Д^3</math></p> <p><b>2. Эрозионные.</b></p> <p>2.1. Слабоэрозионно-автоморфные: <math>Kp 0,5-1 \text{ км/км}^2</math>, <math>П^Д</math>, <math>Д^К</math>, <math>П^Д^1</math>, <math>П^Д^2</math>, <math>П^Д^3</math>, уклоны преимущественно 2-3°</p> <p>2.2. Среднеэрозионно-автоморфные: <math>Kp 1-2</math>, <math>П^Д</math>, <math>П^Д^1</math>, <math>П^Д^2</math>, <math>П^Д^3</math>, уклоны преимущественно 3-5°</p> <p>2.3. Сильноэрозионные: <math>Kp 2,0-3,0 \text{ км/км}^2</math>, <math>П^Д</math>, <math>П^Д^1</math>, <math>П^Д^2</math>, <math>П^Д^3</math>, уклоны преимущественно &gt;5°</p> <p>2.4. Очень сильно эрозионные: <math>Kp &gt; 3,0</math>, уклоны &gt; 8°</p> <p>2.5. Эрозионно-аккумулятивные:</p> <p><b>3. Полугидроморфно-автоморфные:</b> <math>П^Д</math>, <math>П^Д^1</math>, <math>П^Д^2</math>, <math>П^Д^3</math></p> <p>3.1. Слабополугидроморфно-автоморфные: <math>П^Д^1</math>, <math>П^Д^2</math>, <math>П^Д^3</math></p> <p>3.2. Среднеполугидроморфно-автоморфные: <math>П^Д^1</math>, <math>П^Д^2</math>, <math>П^Д^3</math></p> <p><b>4. Полугидроморфно-эрозионные:</b> <math>П^Д^1</math>, <math>П^Д^2</math>, <math>П^Д^3</math></p> <p><b>5. Полугидроморфные:</b> <math>П^Д^1</math>, <math>П^Д^2</math>, <math>П^Д^3</math></p> <p>5.1. Полугидроморфные депрессий <math>П^Д^1</math>, <math>П^Д^2</math>, <math>Д^1</math>, <math>Д^2</math></p> <p>5.2. Полугидроморфные пойменные <math>A^1</math>, <math>A^2</math></p> <p><b>6. Гидроморфные.</b></p> <p>6.1. Гидроморфные депрессий: <math>B^1</math>, <math>B^2</math></p> <p>6.2. Гидроморфные пойменные</p>	<p><b>Междуречья</b></p> <p>1. Низкое &lt;100</p> <p>2. Среднесысочное 100-200</p> <p>3. Возвышенное &gt;200</p> <p><b>Речные долины</b></p> <p>1. Верхняя терраса</p> <p>2. Вторая надпойменная терраса</p> <p>3. Первая надпойменная терраса</p> <p>4. Пойма</p>	<p>1. Плоские</p> <p>2. Волнистые</p> <p>3. Холмистые</p> <p>4. Увалистые</p> <p>5. Плоскохолмистые, волнисто-увалистые и др.</p>

Продолжение табл. 3.6

Классы (темы- зис почвообра- зующих пород)	Подклассы (грану- лометрический состав почво- образующих пород)	Роды (крутиз- на скло- нов), °	Подроды (экспози- ция скло- нов)	Виды (ЭПС)	Подвиды первого порядка (контраст- ность ЭПС)	Подвиды второго порядка (сложность ЭПС)
4	5	6	7	8	9	10
1. Покровные 2. Лессовид- ные карбонат- ные 3. Ледниковые 4. Ледниковые карбонатные 5. Флювиог- ляциальные 6. Аллювиаль- ные 7. Озерно- ледниковые 8. Элювий известняков и т.д.	1. Глины и тяже- лые суглинки 2. Средние и лег- кие суглинки 3. Супеси 4. Пески 5. Пески, подсти- лаемые суглинка- ми глубже 0,6 м 6. Пески, подсти- лаемые суглинка- ми выше 0,6 м 7. Суглинки на песках 8. Суглинки на водоупорных по- родах	1. <1 2. 1-2 3. 2-3 4. 3-5 5. 5-7 6. 7-9 7. 9-15 8. 15-30	1. Равни- ны (укло- ны <1°) 2. Теплые Ю, З 3. Холод- ные С, В	1. ЭПА 2. Комплек- сы 3. Пятни- стости 4. Мозанки 5. Ташеты	1. Некоп- трастные 2. Слабо- контраст- ные 3. Средне- контраст- ные 4. Сильно- контраст- ные 5. Очень сильнокон- трастные 6. Чрезвы- чайно кон- трастные	1. Неслож- ные 2. Умерен- но сложные 3. Сложные 4. Очень сложные

## Почвы

Почвенная разность	Окультуренность	Механический состав	Содержа- ние гуму- са	pH <sub>KCl</sub>
11	12	13	14	15
1. П <sub>1</sub> <sup>д</sup> дерново-слабоподзолистые 2. П <sub>2</sub> <sup>д</sup> дерново-среднеподзолистые 3. П <sub>3</sub> <sup>д</sup> дерново-сильноподзолистые 4. П <sub>4</sub> <sup>д</sup> дерново-подзолистые слабоглееватые 5. П <sub>5</sub> <sup>д</sup> дерново-подзолистые глееватые 6. П <sub>6</sub> <sup>д</sup> дерново-подзолистые глеевые 7. П <sub>7</sub> <sup>д</sup> дерново-подзолистые слабосмытые 8. П <sub>8</sub> <sup>д</sup> дерново-подзолистые среднесмытые 9. П <sub>9</sub> <sup>д</sup> дерново-подзолистые сильносмытые 10. П <sub>10</sub> <sup>д</sup> дерново-подзолистые намытые 11. Лб <sup>т</sup> торфянисто-подзолистые 12. Д <sup>к</sup> дерново-карбонатные 13. Д <sup>г</sup> дерново-глееватые 14. Д <sup>г</sup> дерново-глеевые 15. Бн <sup>л</sup> болотные низинные торфяные 16. Бн <sup>т</sup> болотные низинные перегнойно- торфяные 17. Бн <sup>л</sup> болотные низинные торфяно- перегнойные 18. Ал аллювиальные луговые 19. Ал <sup>л</sup> аллювиальные луговые слабоглеева- тые 20. Ал <sup>л</sup> аллювиальные глееватые 21. Ал <sup>л</sup> аллювиальные глеевые	1. Целин- ные 2. Освоен- ные 3. Окуль- туренные 4. Высоко- окуль- туренные	1. Песок 2. Супесь 3. Суглинок легкий 4. Суглинок средний 5. Суглинок тяжелый 6. Глина лег- кая 7. Глина сред- няя 8. Глина тя- желая	1. Очень низкое 2. Низкое 3. Сред- нее 4. Новы- шенное 5. Высо- кое	1. Сильно- кислые 3-4 2. Кислые 4-5 3. Слабо- кислые 5-6 4. Нейт- ральные 7 5. Слабо- щелочные 7-8

Для лесостепной и степной зон приводятся примеры выделения агроэкологических групп земель без дальнейшего их подразделения.

### *Среднерусская провинция лесостепной зоны*

**1 группа: плакорные земли,** представленные серыми лесными почвами, черноземами оподзоленными, выщелоченными и типичными, лугово-черноземными почвами, преимущественно глинистыми и тяжелосуглинистыми, на рыхлых четвертичных отложениях.

Агроэкологические виды земель:

- лугово-черноземные (луговато- и собственно лугово-черноземные) почвы водораздельных пространств имеют минимальные агроэкологические ограничения;

- черноземы выщелоченные и типичные;
- черноземы оподзоленные и темно-серые лесные почвы;
- серые лесные почвы;
- светло-серые лесные почвы.

**2 группа: умеренно-эрозионные земли.** Включает в себя черноземы оподзоленные, выщелоченные и типичные в эрозионных ландшафтах с коэффициентом горизонтального расчленения  $0,5-1 \text{ км/км}^2$  и средними уклонами  $1-3^\circ$ , подверженные водной эрозии и в слабой степени — дефляции. От земель первой группы отличаются пониженной влагообеспеченностью из-за усиленного латерального стока, подверженностью эрозионным процессам, пониженным плодородием (содержание гумуса в пахотном слое снижено на  $10-30\%$  по сравнению с несмытыми разностями, плотность почвы увеличена на  $6-10\%$ ).

Агроэкологические виды земель:

- черноземы выщелоченные и типичные глинистые и тяжелосуглинистые слабосмытые на склонах  $1-3^\circ$ . На южных склонах особенно ухудшаются гидротермические условия и повышается эрозионная опасность;

- слабосмытые черноземы оподзоленные и темно-серые лесные почвы на склонах  $1-3^\circ$ ;

- слабосмытые светло-серые и серые лесные почвы на склонах  $1-3^\circ$ .

**3 группа: среднеэрозионные земли.** Серые, темно-серые лесные, черноземы слабо- и среднесмытые на склонах  $3-5^\circ$  на четвертичных отложениях. Коэффициент расчленения  $1-2 \text{ км/км}^2$ . Проявления водной эрозии и засухливости в данных ландшафтах усиливаются, особенно на южных склонах.

**4 группа: сильноэрозионные земли.** Серые лесные почвы и черноземы разной степени смытости на склонах преимущественно  $5-7^\circ$  с коэффициентом горизонтального расчленения более  $2-3 \text{ км/км}^2$ , на рыхлых четвертичных отложениях.

**5 группа: очень сильноэрозионные земли.** Представлены сложными эрозионными ландшафтами с коэффициентом горизонтального расчленения более  $3 \text{ км/км}^2$  и уклонами более  $7^\circ$ .

Агроэкологические виды земель:



- черноземы оподзоленные, выщелоченные и типичные различной степени смытости на рыхлых четвертичных отложениях на склонах более 7°;
- серые лесные почвы различной степени смытости на рыхлых четвертичных отложениях на склонах круче 7°.

**6 группа: эрозионно-литогенные земли.** Располагаются в сложных эрозионных ландшафтах на породах с крайне неблагоприятными свойствами. Агроэкологический вид земель:

- лесостепные черноземы различной степени смытости на маломощном элювии коренных пород.

**7 группа: эрозионно-слабосолонцовые земли.** Включает в себя комплексы черноземов типичных или лугово-черноземных почв (остаточно-солонцеватых с пониженной мощностью гумусового горизонта) с солонцами степными и лугово-степными 10-25 %.

Агроэкологические виды земель:

- автоморфные солонцовые комплексы черноземов остаточно-солонцеватых эродированных с солонцами автоморфными на четвертичных породах, подстилаемые третичными засоленными водопроницаемыми породами, преимущественно на склонах 1-3°;

- полугидроморфные и гидроморфные солонцовые комплексы лугово-черноземных солонцеватых почв с солонцами лугово-степными и луговыми — мочары, преимущественно на склонах 3-5°, на третичных засоленных слабо-водопроницаемых породах (или близко подстилаемых ими).

**8 группа: пойменные земли.**

Агроэкологические виды земель:

- аллювиальные дерново-слоистые почвы прирусловых пойм преимущественно легкого гранулометрического состава;
- аллювиальные дерновые зернистые тяжелосуглинистые почвы центральных пойм;
- аллювиальные лугово-болотные и болотные почвы притеррасных пойм.

#### ***Заволжская провинция степной зоны***

**1 группа: плакорные земли.** Представлены черноземами обыкновенными и южными, преимущественно глинистыми и суглинистыми на четвертичных отложениях.

Агроэкологические виды земель:

- черноземы обыкновенные;
- черноземы южные;
- черноземы обыкновенные на низкогорных плато. Уникальность агроэкологических условий данного типа земель определяется повышенным уровнем плодородия почв и лучшей влагообеспеченностью, связанной с барьерным эффектом низкогорий Урала (сумма осадков в среднем превышает 500 мм в год). Особенность данных земель — относительно короткий вегетационный период (около 100 дней);

- луговато- и лугово-черноземные почвы речных террас. По своим агроэкологическим свойствам близки первым двум типам, но отличаются боль-

шим поверхностным и грунтовым увлажнением и относительно более коротким вегетационным периодом (короче на 15-18 дней) из-за позднего окончания весенних и раннего наступления осенних заморозков.

**2 группа: умеренно-эрозионные земли.** Данная группа включает в себя черноземы обыкновенные и южные в эрозионных ландшафтах с коэффициентом горизонтального расчленения территории 0,5-1 км/км<sup>2</sup> и уклонами 1-3°. Земли группы подвержены совместному проявлению водной и ветровой эрозии. От земель предыдущей группы отличаются худшей влагообеспеченностью из-за перераспределения осадков с поверхностным и грунтовым стоком и пониженным плодородием, а также развитием эрозионных процессов.

Агроэкологические виды земель:

- черноземы обыкновенные и южные глинистые и тяжелосуглинистые слабосмытые на склонах 1-3°. Дифференцируются в зависимости от экспозиции склонов. На южных склонах гидротермические условия ухудшаются, требуется подбор более засухоустойчивых культур и сортов;

- черноземы обыкновенные и южные легкого гранулометрического состава на притеррасных склонах 1-3°.

**3 группа: среднеэрозионные земли.** Черноземы обыкновенные и южные слабо- и среднесмытые на склонах 3-5° на делювиальных отложениях. Проявления водной, ветровой эрозии и засухи в данных ландшафтах усиливаются, изменяясь в зависимости от экспозиции склонов. Наиболее неблагоприятны южные склоны.

**4 группа: сильноэрозионные земли.** Черноземы обыкновенные и южные различной степени смытости на элювиально-делювиальных отложениях на склонах 5-7°.

**5 группа: очень сильноэрозионные земли.** Представлены сложными эрозионными ландшафтами с коэффициентом горизонтального расчленения >2 км/км<sup>2</sup> и уклонами местности >7°.

Агроэкологические виды земель:

- черноземы обыкновенные и южные различной степени смытости на склонах более 7°;

- черноземы обыкновенные и южные различной степени смытости на мелковсхолмленных ландшафтах со склонами разных экспозиций.

**6-я группа: малосолонцевые земли.** Группа включает в себя комплексы черноземов обыкновенных, южных и лугово-черноземных почв различной степени солонцеватости с солонцами степными и лугово-степными 10-25 %. В пашне находится значительная часть таких комплексов. Наличие пятен солонцов снижает продуктивность пашни, исключает возможность использования современных технологий. Поэтому необходимо выборочное улучшение солонцевых пятен при помощи землевания или путем внесения гипса.

Агроэкологические виды земель:

- комплексы нормальных и слабосолонцеватых почв с остаточными солонцами (содержащими в горизонте В до 10 % обменного натрия от емкости поглощения). В основу их улучшения должен быть положен комплекс агро-

технических мероприятий, в числе которых предусматриваются безотвальное глубокое рыхление на глубину 30-35 см, а также внесение органических и минеральных удобрений;

- комплекс нормальных и солонцеватых почв с солонцами малонатриевыми (до 20 % обменного натрия) высококарбонатными. В основе их улучшения должны быть ярусная вспашка и выборочное стартовое поверхностное внесение гипса на глубину 0-10 см;

- комплексы нормальных и солонцеватых почв с солонцами средненатриевыми высококарбонатными. Солонцы, входящие в состав данного типа земель, по своим физическим свойствам значительно хуже, чем малонатриевые. Эффективное использование данных земель достигается на фоне мелиоративной обработки в сочетании с выборочным гипсованием пятен;

- комплексы нормальных и солонцеватых почв с солонцами мало- и средненатриевыми высококарбонатными. В основе мелиорации этих комплексов лежит внесение (выборочное) мелиорирующих веществ (гипса) на фоне безотвального глубокого рыхления.

**7 группа: солонцовые земли.** Комплексы черноземов обыкновенных, южных, лугово-черноземных и луговых почв нормальных и в различной степени солонцеватых с солонцами более 25 %. Эти земли требуют мелиоративных мероприятий с использованием химических средств или внутрпочвенных запасов кальциевых солей, вовлекаемых в пахотный слой мелиоративной обработкой. Кроме того, необходим подбор культур в соответствии с их соле- и солонцестойчивостью.

Агроэкологические виды земель:

- комплексы черноземов и лугово-черноземных почв с остаточными солонцами. Улучшение данных солонцов достигается глубокой вспашкой на 30-40 см с вовлечением в пахотный слой карбонатов кальция и магния с последующим использованием в системе безотвальной обработки;

- комплексы черноземов и лугово-черноземных почв с солонцами малонатриевыми высококарбонатными. Продуктивность этих земель ниже по сравнению с предыдущими. Для их эффективного использования в пашне нужна мелиорация, которая достигается плантажной или трехъярусной вспашкой;

- комплексы черноземов и лугово-черноземных почв с солонцами средненатриевыми высококарбонатными. Солонцы, входящие в состав данного типа земель, по своим физическим свойствам значительно хуже малонатриевых из-за высокой степени лептизированнойности под влиянием повышенных количеств обменного натрия (более 20 % от емкости обмена). Использование таких земель в пашне без мелиорации нецелесообразно. Эффективное использование данных земель возможно на фоне мелиорации солонцов, которая осуществляется трехъярусной вспашкой в сочетании с поверхностным внесением стартовой дозы гипса с заделкой его на 0-10 см. Система мероприятий по использованию земель данного экологического типа после мелиоративной обработки и гипсования такая же, как и земель предыдущего типа;

- комплексы черноземов и лугово-черноземных почв с солонцами мало- и средненатриевыми глубококарбонатными. В основе мелиорации данных комплексов лежит гипсование. Наиболее эффективно выборочное гипсование солонцовых пятен на фоне безотвального глубокого рыхления. При выборе культур предпочтение следует отдавать наиболее соле- и солощустойчивым видам;

- луговые солонцово-солончаковые комплексы, включающие солонцы луговые, солонцы-солончаки, луговые солонцеватые и засоленные почвы не выше средней степени засоления. Главным лимитирующим фактором здесь является активная физико-химическая солонцеватость, которая поддерживается близким залеганием грунтовых вод или солевых скоплений. Краткосрочность действия приемов химической мелиорации и самомелиорации в этом случае предопределена наличием условий для восстановления и поддержания солонцеватости почв. Улучшение кормовых угодий на таких землях с помощью комплекса приспособительных мероприятий, основанного на использовании рыхлящих обработок, дает существенный эффект благодаря повышенному увлажнению этих земель по сравнению с автоморфными. Главным приемом их освоения и использования является безотвальная обработка рыхлителями РС-1,5 или РСН-2,9 на глубину 30-35 см с последующей разделкой дернины дисковыми орудиями или фрезами. После обработки весной следующего года высеваются многолетние травы: пырей, волоснец ситниковый, при слабом засолении — костер и люцерна;

- луговые солонцово-солончаковые комплексы сильно засоленные.

Данные земли могут быть использованы только как естественные кормовые угодья с очень ограниченной нагрузкой скотом. Интенсификация их использования возможна лишь при гидротехнических мелиорациях.

**8 группа: эрозионно-солонцовые земли.** Комплексы черноземов различной степени смывости и солонцов на элювиально-делювиальных отложениях. Использование таких земель в пашне нецелесообразно.

**9 группа: пойменные земли.**

Агроэкологические виды земель:

- аллювиальные дерново-слоистые почвы прирусловых пойм преимущественно легкого гранулометрического состава;
- аллювиальные дерновые зернистые и тяжелосуглинистые почвы центральных пойм;
- аллювиальные лугово-болотные и болотные почвы притеррасных пойм.

### **Казахстанская провинция степной зоны**

**1 группа: плакорные земли.** Плоские и плосковолнистые слабодренированные равнины с черноземами обыкновенными и южными глинистыми и суглинистыми на четвертичных отложениях. Земледелие здесь сопряжено с опасностью развития ветровой эрозии почвы. Тем самым определяется необходимость использования почвозащитных технологий возделывания сельскохозяйственных культур.

Агроэкологические виды земель:

- черноземы обыкновенные на четвертичных отложениях;
- черноземы южные, обладающие пониженным плодородием по сравнению с предыдущим типом и более интенсивным развитием процессов дефляции.

**2 группа: умеренноэрозионные земли.** В группу входят эрозионные ландшафты с черноземами обыкновенными и южными слабосмытыми на делювиальных отложениях с коэффициентом горизонтального расчленения местности 0,5-1 км/км<sup>2</sup> и уклонами 1-3°. Данные земли подвержены ветровой и водной эрозии.

**3 группа: среднеэрозионные земли.** Сложные эрозионные ландшафты с уклонами 3-5° с черноземами обыкновенными и южными глинистыми и суглинистыми различной степени смытости на элювиально-делювиальных отложениях. Отличаются от предыдущих более низкой влагообеспеченностью и большей интенсивностью эрозионных процессов.

**4 группа: сильноэрозионные земли.** Черноземы обыкновенные и южные различной степени смытости на элювиально-делювиальных отложениях на склонах 5-7°.

**5 группа: очень сильноэрозионные земли.** Сложные эрозионные ландшафты с уклонами более 7°.

Агроэкологические виды земель:

- черноземы обыкновенные и южные различной степени смытости на склонах более 7°;

- черноземы обыкновенные и южные на мелковсхолмленных ландшафтах.

**6 группа: малосолонцовые земли.** Комплексы черноземов обыкновенных и южных с солонцами степными и лугово-степными 10-25 %.

Группа включает два агроэкологических вида земель:

- черноземы обыкновенные и южные в комплексе с солонцами степными, а также лугово-черноземные почвы в комплексе с лугово-степными солонцами до 25 %;

- черноземы обыкновенные и южные различной степени смытости и дефлированности в комплексе с солонцами степными до 25 %.

**7 группа: солонцовые земли.** Комплексы с участием солонцов более 25 %.

Агроэкологические виды земель:

- комплексы черноземов обыкновенных и южных с солонцами степными;
- комплексы лугово-черноземных почв с солонцами лугово-степными;
- комплексы солонцов с солонцеватыми зональными и полугидроморфными почвами;
- луговые солонцовые комплексы;
- солонцово-солончаковые комплексы.

### *Заволжская провинция сухостепной зоны*

Система земледелия для плакорных земель:

**1 группа: плакорные земли.** Она представлена темно-каштановыми обычными и карбонатными почвами на плоских и плосковолнистых дрени-

рованных равнинах, сложенных четвертичными отложениями различного механического состава.

Агроэкологические виды земель:

- темно-каштановые глинистые и суглинистые почвы;
- темно-каштановые почвы легкого механического состава.

**2 группа: умеренноэрозионные земли.** Группа включает темно-каштановые почвы различного механического состава на эрозионных ландшафтах с уклонами 1-3°.

Агроэкологические виды земель:

- темно-каштановые глинистые и суглинистые слабосмытые на склонах 1-3°;
- темно-каштановые, в различной степени смытые и дефлированные почвы легкого механического состава на склонах 1-3°.

**3 группа: среднеэрозионные земли.** В группу входят земли сильноэрозионных ландшафтов с уклонами 3-5°.

**4 группа: сильноэрозионные земли.** Эрозионные ландшафты с уклонами более 5°.

**5 группа: малосолонцовые земли.** В группу входят комплексы темно-каштановых почв с солонцами степными и лугово-каштановых почв с солонцами лугово-степными 10-25 %.

**6 группа: солонцовые земли.** Группа включает в себя комплексы зональных и полугидроморфных почв с солонцами более 25 %. Данные земли нуждаются в специальных мелиорациях с использованием химических средств или внутрипочвенных запасов кальциевых солей, вовлекаемых в пахотный слой мелиоративной обработкой.

### *Казахстанская провинция сухостепной зоны*

**1 группа: плакорные земли.** Плоские и плосковолнистые равнины с темно-каштановыми глинистыми и суглинистыми почвами. Эти земли характеризуются наиболее низкой по сравнению с плакорами других провинций влагообеспеченностью и пониженным плодородием. Из-за суровых и малоснежных зим возделывание озимых культур здесь нецелесообразно. Важнейшее условие земледелия — необходимость предотвращения дефляции путем освоения почвозащитных технологий возделывания сельскохозяйственных культур. Основное направление — производство зерна сильных пшениц в зернопаровых севооборотах с повышенной долей пара.

**2 группа: умеренно-эрозионные земли.** Эрозионные ландшафты с темно-каштановыми почвами на делювиальных отложениях с уклонами 1-3°. На данных землях возрастает дефицит влаги, развивается водная эрозия и усиливается дефляция.

**3 группа: среднеэрозионные земли.** Эрозионные ландшафты с уклонами 3-5° с темно-каштановыми почвами различной степени смытости и дефлированности на элювиально-делювиальных отложениях. Отличаются от предыдущих еще более низкой влагообеспеченностью и большей интенсивностью эрозионно-дефляционных процессов.

**4 группа: сильноэрозионные земли.** Эрозионные ландшафты с уклонами более 5°. Целесообразно их умеренное пастбищное использование.

**5 группа: малосолонцовые земли.** Комплексы темно-каштановых солонцеватых почв с солонцами 10-25 %.

### 3.5. Группировка агроэкологических видов земель

Совокупность агроэкологических факторов, раскрытая рассмотренной классификацией в системе ландшафта, далее должна быть ранжирована с точки зрения лимитирующего влияния на возделываемых сельскохозяйственных культур и возможностей их преодоления. С этих позиций они разделяются на четыре группы: управляемые, регулируемые, ограниченно регулируемые и перерегулируемые.

К числу управляемых относятся обеспеченность почв элементами минерального питания; регулируемых — реакция среды (рН), окислительно-восстановительное состояние, содержащиеся обменного натрия, засоленность, мощность пахотного слоя; ограниченно регулируемых — неоднородность почвенного покрова, связанная с микрорельефом, сложение, структурное состояние почвы, водный и тепловой режимы, содержание гумуса; нерегулируемых — гранулометрический и минералогический состав почв, глубина залегания коренных пород, рельеф, погодные условия.

По мере усложнения этих факторов уменьшаются возможности устранения или смягчения их влияния, все более сложными становятся средства преодоления соответствующих ограничений. Одновременно усиливается роль адаптационных мер (подбор сортов, приспособительная агротехника с учетом рельефа, климата, литологии), организация территории и т. д. до тех пор, пока ограничения со стороны нерегулируемых природных факторов становятся непреодолимыми.

В соответствии с характером природных ограничений пригодности земель для возделывания конкретных культур или их групп, а также мероприятий по их преодолению или адаптации агроэкологические виды земель ранжируются по шести категориям.

**I категория.** Земли, пригодные для возделывания сельскохозяйственных культур без особых ограничений, за исключением управляемых факторов, которые оптимизируются с помощью удобрений и обычных агротехнических мероприятий. Это достаточно однородные контуры черноземных, лугово-черноземных, дерновых, окультуренных дерново-подзолистых и других благополучных почв.

**II категория.** Земли, пригодные для возделывания сельскохозяйственных культур с ограничениями, которые могут быть преодолены простыми агротехническими, мелиоративными и противоэрозионными мероприятиями. Они подразделяются по категориям «а» и «б».

II а. С ограничениями, преодолеваемыми с помощью простых агротехнических и культуртехнических мероприятий. Это равнинные ландшафты, не

подверженные процессам эрозии и дефляции. В числе ограничивающих факторов преобладают регулируемые (повышенная кислотность, повышенное содержание обменного натрия, умеренная засоленность, недостаточная мощность горизонта Апах., закустаренность). В числе ограниченно регулируемых факторов могут иметь место умеренная комплексность почвенного покрова, обусловленная микрорельефом, кратковременное переувлажнение, пониженное содержание гумуса. Из нерегулируемых факторов возможно присутствие неконтрастных комбинаций, обусловленных различной литологией почвообразующих пород.

II б. С ограничениями, преодолеваемыми с помощью агротехнических мелиораций и противоэрозионных (противодефляционных) агротехнических мероприятий. В данную подкатегорию входят земли, которые помимо ограничений, характерных для предыдущих земель, отличаются еще и склонностью к проявлению эрозионных процессов. Они располагаются в эрозионном рельефе умеренной сложности. Преодоление эрозионных процессов здесь может достигаться с помощью обработки почвы поперек склона, щелевания, бороздования, безотвальной системы обработки почвы с сохранением на поверхности пожнивных остатков, оставлением соломы, полосного размещения культур, паров и многолетних трав и других агротехнических мероприятий при соответствующей противоэрозионной организации территории.

**III категория.** Земли, пригодные для возделывания сельскохозяйственных культур с ограничениями, которые могут быть преодолены среднетратными гидротехническими, химическими, лесными, комплексными мелиорациями. Они делятся на три подкатегории.

III а. Переувлажненные земли, которые могут быть улучшены путем осушения с помощью относительно простых дренажных устройств.

III б. Земли, требующие затратных агротехнических, химических, комбинированных мелиораций. Это солонцовые и другие почвы с плотными горизонтами в различных комплексах. Могут быть улучшены мелиоративными обработками (плантажными, ярусными и др.), сплошной химической или комбинированной мелиорацией (гипсование на фоне плантажа и пр.).

III в. Земли, интенсивное использование которых возможно на фоне противоэрозионных гидротехнических и лесомелиоративных мероприятий при контурной организации территории. Эти земли расположены в сложных эрозионных ландшафтах и используются в контурно-мелиоративных системах земледелия.

**IV категория.** Земли, малопригодные для возделывания сельскохозяйственных культур вследствие неустраняемых ограничений по условиям литологии почвообразующих пород, рельефа, мелиоративного состояния и весьма ограниченных возможностей адаптации. Это маломощные почвы с близким залеганием коренных пород, литогенные почвы на каолиновых корах выветривания, на третичных морских монтмориллонитовых глинах и т.д.



*V категория.* Земли, потенциально пригодные для возделывания сельскохозяйственных культур после сложных гидротехнических мелиораций. Это болотные, сильно засоленные, аридные почвы, использование которых возможно лишь при создании сложных оросительных или осушительных систем.

*VI категория.* Земли, не пригодные для возделывания из-за неустранимых ограничений и незначительных возможностей адаптации.

## 4. МЕТОДИКА ПОЧВЕННО-ЛАНДШАФТНОГО КАРТОГРАФИРОВАНИЯ

### 4.1. Общие принципы

Рассматриваемый подход к агроэкологической оценке земель и проектированию адаптивно-ландшафтных систем земледелия может быть реализован лишь на основе картографических материалов, отражающих ландшафтную дифференциацию условий, которые учитываются при формировании систем земледелия. Предлагаемая в этой методике система землеоценки значительно отличается от традиционной, практиковавшейся при разработке проектов внутрихозяйственного землеустройства. Соответственно требуют иного подхода принципы и методика составления картографических материалов. Основой их до настоящего времени служат агропроизводственные группировки почв, которые разрабатывались по материалам крупномасштабных почвенных карт. Существенные их недостатки: в большинстве случаев крайне слабое отражение структуры почвенного покрова, недостаточное отражение рельефа, литологических и гидрогеологических условий. Практически не учитывались почвенно-ландшафтные связи.

Показатели агроэкологической оценки земель предполагают учет соответствующих факторов (не только почвенных, но и геоморфологических, литологических, гидрогеологических, структуры почвенного покрова) при крупномасштабных обследованиях земель и показ их на картах. Кроме того, иерархический принцип выделения земельных категорий (вид, тип, группа земель) и соответствующая иерархия элементов проектирования систем земледелия делают необходимым отражение структуры ландшафта и внутриландшафтных связей. В отличие от агропроизводственных групп — не связанных между собой участков почв — агроэкологические группы земель представляют собой общности видов земель, пространственно характеризующиеся как геосистемы, функционирующие в единой цели миграции вещества и энергии.

Важнейшей составляющей ландшафтного анализа, следовательно, и картографирования территории, является геохимическая характеристика элементарных ландшафтов. Соответственно необходима система показателей, характеризующих направленность, интенсивность и масштабы геохимических процессов в различных ландшафтах и их элементах (характер и скорость миграции веществ в почве и за ее пределы, особенно аккумуляция на геохимических барьерах). Такие динамические показатели могут быть получены только на основе идентификации геохимических потоков и функциональных связей в ландшафтах. К сожалению, эти исследования развиваются крайне медленно.

Особую роль в картографировании играют геоморфологические и литологические условия — не только как факторы дифференциации и индикации почвенного покрова, но и как самостоятельные факторы земледелия. Сложился определенный опыт агрономической оценки этих условий. Однако

необходима разработка более адекватных агрономическим требованиям классификаций рельефа и почвообразующих пород, оценки горизонтальной и вертикальной расчлененности территории. Нужна методика, которая позволяла бы идентифицировать условия рельефа и литологии с позиций агроэкологических требований сельскохозяйственных культур.

Требует восполнения традиционный недостаток землеоценочной основы — слабое отражение гидрогеологических условий, особенно вторичного гидроморфизма.

Значительно более емкая и основательная информационная база сложилась по характеристике агроклиматических условий, в том числе микроклимата, связанного с рельефом. Каждый элемент агроландшафта может быть охарактеризован по основным агроклиматическим параметрам в том или ином приближении.

Базовой составляющей картографирования является показ структуры почвенного покрова, т. е. пространственного размещения почв, связанного с литолого-геоморфологическими условиями. Теория СПП, развитая В.М. Фридландом и получившая широкий резонанс в теоретическом почвоведении, гораздо медленнее адаптируется к решению агрономических задач. Из-за недооценки этой проблемы структура почвенного покрова во многих случаях слабо отражена на крупномасштабных почвенных картах, особенно в таежно-лесной зоне. Это означает весьма неадекватное в агроэкологическом отношении отражение почвенных условий, особенно на слабодренированных равнинах с различным участием в структурах почвенного покрова глееватых и глеевых компонентов, а также в моренно-водно-ледниковых эрозионных ландшафтах с участием почвенных мозаик. Опыт почвенно-ландшафтного картографирования показывает, что подавляющее большинство почвенных контуров представлено различными комбинациями (комплексами, пятнистостями, мозаиками, ташетами), среди которых довольно велика доля контрастных (особенно комплексов). Требуется значительное усиление исследовательских работ в данном направлении, особенно в отношении диагностики и идентификации СПП, методов оценки их контрастности и сложности, разработки их классификации.

Особое значение в земледелии как элемент устойчивости ландшафта (особенно при повышении уровня интенсификации производства) имеют «микроразповедники» или «микроразказники» — места обитания полезной энтомофауны, птиц и других животных. Поэтому идентификация фауны ландшафтов должна стать одним из параметров картографирования земель. Разработаны методы такого рода обследований в отношении вредителей сельскохозяйственных культур, плодовых и лесных насаждений, но в основном они рассчитаны на применение в пределах участков прямого целевого использования (на посевах, в садах и т. д.). Требуются адаптация этих методик к картографированию ландшафтов и их структурных элементов, а также разработка методов учета популяций полезных птиц, энтомофагов и т. д. Важной составляющей этой работы является отображение фитосанитарной ситуации, особенно природных предпосылок развития вредных организмов.

Таким образом, первичная картографическая основа для агроэкологической оценки земель и проектирования адаптивно-ландшафтных систем земледелия должна содержать информацию о почвах и структуре почвенного покрова, геоморфологических, литологических, гидрогеологических, микроклиматических и геохимических условиях ландшафтов и их элементов, а также характеристику флоры и фауны.

Переход от картографирования почв к картографированию земель, качественное изменение содержания карт, увеличение их информационной насыщенности обуславливают и смену названия соответствующих карт с «почвенных» на «почвенно-ландшафтные».

Почвенно-ландшафтная карта должна иметь отчетливую агроэкологическую направленность, отражая все агроэкологически значимые характеристики.

В качестве первичной структурной землеоценочной единицы рассматривается элементарный ареал агроландшафта.

Почвенно-ландшафтные карты должны составляться в масштабе 1 : 10 000 или 1 : 25 000 с показом элементарных ареалов агроландшафта и сопровождаться данными по агроэкологической оценке каждого ЭАА. Легенда составляется на базе агроэкологической классификации земель. При составлении почвенно-ландшафтной карты используются топографическая карта масштаба 1 : 10 000 (1 : 25 000), аэрофотоснимки, материалы почвенных крупномасштабных обследований Росземпроекта, землеустроительные планы, фондовые материалы (почвенно-мелиоративные, геологические, гидрологические), материалы дополнительных полевых изысканий. На основании их анализа определяется конкретная программа дополнительных полевых исследований.

В большинстве случаев, особенно для хозяйств таежно-лесной зоны, необходимо проведение дополнительных работ по идентификации структур почвенного покрова. Корректировка и расшифровка контуров проводятся по аэрофотоснимкам, а также в процессе дополнительных полевых изысканий.

Степень детализации почвенно-ландшафтных карт должна отвечать фактической дифференциации агроэкологических условий: качественная детализация должна отражать различия, которые могут быть учтены при проектировании систем земледелия самого высокого уровня; пространственная — соотносится с графическими ограничениями масштаба (минимальный выделяемый на карте контур  $0,2 \text{ см}^2$ ). Для электронных карт (картографирование в ГИС) такие ограничения фактически отсутствуют.

На основе почвенно-ландшафтной карты разрабатывается карта агроэкологических типов земель, используемая вместе с баюком данных для проектирования адаптивно-ландшафтных систем земледелия. Большой объем информации обуславливает необходимость применения компьютерных методов учета и анализа материалов.

Таким образом, необходима переориентация крупномасштабных почвенных исследований на составление почвенно-ландшафтных карт (ПЛК) и на их основе — карт агроэкологических групп и типов земель. Соответственно

требуются обновление методики исследований, расширение содержания полевых и камеральных работ (при обязательном условии преемственности).

Реализация сформулированных требований является целью предлагаемой методики крупномасштабных почвенно-ландшафтных обследований и составления карт. Ее основа — методики и рекомендации, как проверенные многолетним опытом картографирования, так и не нашедшие пока широкого применения в производственной картографии.

#### 4.2. Требования к содержанию почвенно-ландшафтных карт

Принципиальное отличие предлагаемой методики от традиционной заключается в следующем (табл. 4.1). При почвенном картографировании сетка контуров (графическая часть карты) опирается на достоверные точки почвенных выработок и образована почвенными границами. Сетка контуров почвенно-ландшафтной карты образована ландшафтными границами, представлена достоверно выявленными ЭАА, подтвержденными почвенными выработками и отображенными как геосистемы низшего уровня, из которых состоит геосистема более высокого уровня — агроландшафт.

##### 4.1. Требования к содержанию крупномасштабных почвенно-ландшафтных карт (1 : 10 000) на примере южнотаежно-лесной зоны

Показатели		Требования к отражению
Объект	ЭАА	
Минимальный контур	0,25 га (при меньших размерах — висмасштабные знаки с локализацией в пределах контура) на бумажных картах	
Элементы содержания карты	Почвенный покров	Обозначение почв на уровне разрядов. Число компонентов ЭПС — два-три (в исключительных случаях — четыре) Градации соотношения компонентов почвенного покрова: среднеконтрастных — до 10 %, 10-25(30) и 25(30)-50 %; сильноконтрастных — до 5 %, 5-10, 10-25(30) и 25(30)-50 %
	Литология	Характеристика до глубины не менее 2 м. Генетический тип почвообразующих пород. Гранулометрический состав пород. Химические особенности пород (карбонатность, засоленность)
	Рельеф	Элемент рельефа. Крутизна склона. Форма водосбора (прямая, рассеивающая, собирающая, волнистая). Форма профиля (прямая, вышуклая, вогнутая, ступенчатая). Тип микрорельефа (по происхождению и морфологии)
	Гидрогеология	Тип водного питания. Уровень грунтовых вод
	Растительность	Вид уголья

Показатели		Требования к отражению
Элементы базы данных, не показываемые на карте	Геохимия	Вид элементарного геохимического ландшафта. Геохимические барьеры. Направление миграции
	Микроклимат	Относительная теплообеспеченность. Относительное увлажнение. Заморозкоопасность. Скорость снеготаяния. Средняя высота снежного покрова. Ветроударность
	Флора и фауна	Биоценоз. Растительная ассоциация. Проективное покрытие. Бонитет (для лесных посадений). Возраст. Виды и численность вредных организмов. Засоренность. Виды и численность полезных организмов
	Почвы	Агрохимические показатели. Физические свойства
	Литология	Водопроницаемость
	Гидрогеология	Локализация верховодки. Динамика верховодки. Глубина капиллярной каймы

Требования к содержанию, детальности, точности и оформлению ПЛК определяются их практическим назначением и графическими возможностями масштаба. Выбор масштаба (1 : 10 000, 1 : 25 000, реже 1 : 5 000) зависит от сложности почвенного покрова. При использовании ГИС графические ограничения практически ликвидируются, и на карте должны показываться все выявленные при полевом обследовании контуры.

Объектами картографирования являются низшие единицы агроландшафта – элементарные ареалы агроландшафта в их структурно-функциональной иерархии. Они характеризуются определенной структурой почвенного покрова (ЭИА или ЭПС), приуроченностью к элементу мезорельефа, типом микрорельефа, почвообразующими породами, элементарным геохимическим ландшафтом, геохимическими барьерами, микроклиматом, биоценозом. Размеры ЭАА обычно соизмеримы с размерами элементов мезорельефа или формами микрорельефа.

Для бумажных карт минимальный размер контура определяется графическими возможностями масштаба (0,25 см<sup>2</sup>). При необходимости показа контура меньшего размера используется внесмасштабный знак, располагаемый на карте в соответствии с локализацией контура на местности.

Каждый неоднородный в почвенном отношении контур должен быть охарактеризован составом и долевым участием компонентов. Название ЭПС в легенде почвенно-ландшафтной карты отражает причины неоднородности. На карте неоднородный контур обозначается буквенным индексом, составленным из принятых индексов компонентов почвенного покрова.

Рекомендуемое число показываемых компонентов в неоднородном контуре для бумажных карт не более трех. Причины этого в следующем. Во-первых, при большом количестве компонентов часть из них является переходными между другими, более контрастными. Целесообразен показ более контрастных компонентов ЭПС с малым долевым участием (даже в ущерб менее контрастным, но с большим долевым участием), поскольку именно они задают амплитуду дифференциации почвенных условий в пределах контура, лимитируют продуктивность ЭАА и обуславливают применение тех или иных мелиораций. Во-вторых, большое число компонентов ЭПС сильно затрудняет типизацию земель.

Относительное участие каждого компонента выражают в процентах от площади распространения, придерживаясь следующих градаций: для мало- и среднеконтрастных — до 10 %, 10-25 (30) и 25 (30)-50 %, сильноконтрастных (например, солонцовых комплексов) — до 5 %, 5-10, 10-25 (30) и 25 (30)-50 %. Долевое участие компонентов устанавливается на ключевых участках с использованием аэрофотоснимков. При недостатке материалов для количественной характеристики долевого участия компонентов слабоконтрастных ПК допускается показ их последовательности (без процентов), начиная с преобладающего компонента. Ориентировочное соотношение компонентов для них может быть указано в легенде.

Подробность отображения компонентов почвенного покрова зависит от степени их контрастности по отношению к фоновым почвам. Глееватые, глеевые, сильно- и среднеэродированные, засоленные, солонцеватые и другие почвы, с которыми связаны лимитирующие факторы, должны быть отражены на карте с наибольшей детальностью, вплоть до показа отдельных ЭПА, площадь которых на карте менее  $0,25 \text{ см}^2$  (внемасштабными знаками с точной локализацией их положения).

Показ геоморфологических условий зависит от вида картографической основы. При использовании в качестве таковой топографических карт с горизонталями рельеф на ПЛК изображается рисунком самих горизонталей. В контур с горизонталями могут быть введены условные знаки, отражающие принадлежность к определенной форме или элементу рельефа (ложбине, верхней, средней или нижней частям склона, делювиальному плейфу, речной террасе и т. д.), а также экспозицию (теплую, холодную), если это не перегружает карту. Условным знаком обозначаются тип и выраженность микрорельефа. Система условных обозначений рельефа устанавливается исходя из рабочих группировок мезо- и микрорельефа. В легенде обязательно отражаются элементы рельефа, уклон, форма и экспозиция поверхности.

Характеристика почвообразующих и подстилающих пород дается до глубины не менее 2 м. Частично информация входит в почвенно-литологический индекс контура (тип и гранулометрический состав пород, каменистость, многочленность с указанием глубины смены литологических слоев). Остальные характеристики (химические особенности, водопроницаемость) отражаются только в легенде.

Гидрогеологические условия частично отображаются в почвенных индексах, как и на традиционных почвенных картах, подробности — в легенде и сопровождающих материалах.

Растительность на ПЛК контурно и в легенде дается условными знаками угодий, подробности разъясняются в легенде и сопровождающих материалах.

Фаунистические комплексы отображаются на карте условными знаками. В легенде выделение самостоятельных категорий, соответствующих этим комплексам, нецелесообразно, поскольку они соответствуют определенной растительности и могут быть показаны вместе с ней.

Тип элементарного геохимического ландшафта определяется исходя из положения ЭАА в структуре ландшафта, особенностей почвенного покрова, рельефа, литологии и растительности, т. е. представляет собой интерпретацию данных о других компонентах ландшафта. Более подробная характеристика геохимических условий (геохимические барьеры, интенсивность миграции и аккумуляции) дается на основе геохимических карт, которые составляются в случае необходимости (мелиоративные работы, высокий уровень интенсификации земледелия).

Микроклимат на карте и в легенде непосредственно не отображается. Информация по нему должна содержаться в сопровождающих материалах.

Составление почвенно-ландшафтной карты включает в себя три общепринятых для почвенных исследований этапа: предварительный (сбор и анализ материалов, составление программы исследований), полевой и заключительный камеральный (составление авторского оригинала карты).

### 4.3. Предварительный камеральный период

Содержание работ: сбор имеющихся материалов и их анализ, географическая привязка объекта съемки, составление предварительной картографической основы и макета почвенно-ландшафтной карты, планирование полевых работ.

#### 4.3.1. Сбор и анализ материалов

При составлении крупномасштабных почвенно-ландшафтных карт используются топографическая карта, аэрофотоснимки и высокого разрешения космоснимки, земле- и лесоустроительные планы, почвенные картографические материалы и отчеты прошлых исследований, почвенно-мелиоративные, геологические и гидрогеологические фондовые материалы, почвенно-географическая региональная литература, другие источники.

Необходимые материалы — топографические карты и аэрофотоматериалы (контактные отпечатки, фотопланы, фотосхемы). Они не взаимозаменяемы и должны использоваться совместно.

*Топографическая карта* содержит наиболее объективную информацию о рельефе и гидрографии. Она является доступным источником сведений о количественных характеристиках — прямых (абсолютные отметки) и производных морфометрических (углах наклона, глубине и густоте расчленения).



Топографическая карта — оптимальная основа для систематизации элементов и форм рельефа, незаменимая при полевом морфологическом анализе территории.

Следует иметь топокарты двух масштабов: обязательна карта масштаба съемки или крупнее; желательна карта более мелкого масштаба (1 : 50 000 или 1 : 100 000), облегчающая географическую привязку обследуемой территории и определение ее положения в системе природных районирований (почвенно-географическом, природно-сельскохозяйственном и т. д.).

Использование топографической основы, полученной путем механического увеличения с карт и планов более мелкого масштаба, не допускается.

Аэрофотоматериалы обладают исключительным достоинством — на них отражена неоднородность почвенного покрова, которая не выражена на топографических картах. К настоящему времени установлены основные дешифровочные признаки почвенного покрова для разных зон, видов аэрофотоматериалов и условий съемки.

Аэрофотоматериалы и космические снимки заказываются заблаговременно (срок их изготовления один-три месяца). Заказываются снимки самого последнего залета. Для территорий, подвергающихся интенсивным воздействиям (мелиорации, трансформации угодий, планировке) желательно иметь снимки не более чем двухлетней давности. Снимки предыдущих залетов позволяют выявить изменения в почвенном покрове территории.

Аэрофотоснимки (АФС) должны отвечать определенным требованиям к масштабу, виду съемки, сезону залета. При крупномасштабной съемке используют фотопланы в масштабе съемки или крупнее; контактные отпечатки крупных масштабов, близких к масштабу съемки: 1 : 12 000, 1 : 15 000, 1 : 17 000, 1 : 25 000, 1 : 30 000. В конкретных случаях используются отпечатки, масштаб которых равен или меньше (до 2 раз) масштаба съемки. Желательно использовать неувеличенные отпечатки, так как на увеличенных теряется стереоэффект. В любом случае рекомендуется не более чем двух-трехкратное увеличение, но допускается и пяти-десятикратное.

В почвенных и крупномасштабных почвенно-ландшафтных исследованиях массовое применение находят материалы сплошной оптической аэросъемки, регистрирующей видимое излучение, отраженное земной поверхностью и растительностью.

Для залесенных территорий хорошее изображение дают аэроснимки любого времени залета. Панхроматические снимки лучше передают различия в породном составе при весенних залетах из-за более контрастной окраски листвы. Значительное преимущество имеют летние цветные снимки, напечатанные со спектрозональной пленки СП-2. В осенних залетах лучшие результаты дают цветные снимки с натуральной цветопередачей.

Дешифрирование распаханых почв всех зон по летним аэрофотоснимкам крайне затруднено, так как поверхность почвы в это время покрыта высокой растительностью. На них обнаруживаются лишь самые резкие различия почвенного покрова, отражающиеся на культурной растительности. Оп-

тимальные условия дешифрирования создаются при аэрофотосъемке открытой поверхности папни.

Дешевы, доступны и поэтому наиболее используемы черно-белые аэрофотоснимки, отпечатанные с панхроматической пленки. Для дешифрирования почв южно-таежной зоны по панхроматическим аэрофотоснимкам лучше всего использовать весенние и раннелетние снимки.

Для качественного дешифрирования почв лесостепной зоны используются снимки весеннего или осеннего залета, если последний проведен после уборки урожая и распашки. На ранневесенних снимках (выполненных после снеготаяния) и осенних (после обильных дождей) рисунок и границы контуров выражены менее ярко из-за общего более темного тона изображения.

Поздневесенние аэрофотоснимки — лучшие для дешифрирования распашанных почв черноземной зоны. На летних АФС эродированные участки, ложбины и блюдца с лугово-черноземными почвами достаточно четко дешифрируются по изображению культурной растительности.

Для степной зоны Западной Сибири наибольшей контрастностью обладают поздневесенние и раннелетние снимки. Желательно использовать не только панхроматические, но и спектрзональные снимки (цветные или черно-белые). При прочих равных условиях они более контрастны и четки, на них отображаются различия, неуловимые на панхроматической пленке. Напечатанные с цветной спектрзональной пленки черно-белые снимки несколько уступают цветным, но по сравнению с панхроматическими имеют более контрастное и четкое изображение, легче дешифрируются.

При дешифрировании переувлажненных почв (особенно пойменных) наиболее наглядны весенние цветные спектрзональные снимки. Однако изображение некоторых переувлажненных участков на них сильно затемняется. Значительное преимущество цветных спектрзональных снимков обнаруживается при дешифрировании гидроморфных почв (особенно под лесом), днищ оврагов и балок. Цветные спектрзональные снимки дают наилучшие результаты для водоразделов, особенно лесопокрытых, на которых позволяют дешифрировать степень оподзоленности, заболоченность.

Дешифрирование эродированных почв по черно-белым снимкам обоих типов (панхроматических и спектрзональных) труднее, чем по цветным спектрзональным, на которых легче прослеживается изменение цвета.

АФС обязательно привлекаются к анализу рельефа по топографическим картам. По ним уточняются конфигурация и положение форм микрорельефа (западин, ложбин и т. д.), границы структурных элементов речных долин и прочие геоморфологические элементы. В стереоскопическом изображении хорошо различаются плоские и слабовыпуклые вершины водоразделов, которые не всегда можно разделить по топографической карте. Для слаборасчлененных равнин с малыми уклонами аэроснимок является главным источником информации, так как топографическая карта в этих условиях позволяет провести лишь схематичное деление территории, недостаточное для съемки крупного масштаба.

Аэрофотоснимок содержит информацию о микрорельефе, не фиксируемом на топографической карте. Микрорельеф обычно дешифрируется по косвенным признакам — через мелкую пестроту рисунка, вызванную неоднородностью растительного покрова или увлажнения. АФС используются при корректировке границ ареалов, прежде всего, эродированных, переувлажненных, пойменных почв, а также неоднородных контуров. Корректировка особенно эффективна, если при составлении исходной почвенной карты аэроснимки не использовались. Для нанесения изображений в процессе съемки целесообразно изготовить ксерокопии АФС, на которых можно работать карандашом и легко делать исправления, а оригиналами снимков пользоваться только как источниками фотоинформации.

*Планы внутривозьятственного землеустройства* (контурные планы землепользования) служат для получения точных сведений о земельных угодьях хозяйства и производственных границах (отделений, бригад, полей севооборота). Полевое почвенно-ландшафтное картографирование и составление рабочего варианта почвенно-ландшафтной карты на контурном плане землепользования не допускаются.

*Материалы геологических фондов* содержат фактические данные по распространению, геоморфологической приуроченности и литологическому строению четвертичных отложений, гидрологическим особенностям территории.

Материалы ранее проведенных почвенных исследований используются как при составлении почвенно-ландшафтной карты, так и для анализа изменений, происшедших со времени предыдущего обследования. Изучение ранее составленных почвенных карт дает представление о компонентном составе почвенного покрова, главных закономерностях размещения почв. Наибольший интерес представляют фактические данные: описания разрезов, их положение, сведения о почвообразующих породах, аналитические данные, а также содержащиеся во многих работах карты ключевых участков и почвенно-геоморфологические профили. Использовать контурную часть ранее составленных карт можно лишь при условии дополнительной проверки по другим источникам (аэрофотоматериалам, топографической карте, фондовым материалам).

Важным источником информации является *региональная почвенно-географическая литература*. Фактический материал по изучаемому району должен максимально использоваться для анализа закономерностей распространения почвенного покрова. По литературным данным составляются список встречаемых на территории почв, перечень описанных микроструктур почвенного покрова, выводы о связях почвенного покрова с факторами почвообразования, которые можно использовать в ландшафтной индикации.

Перечисленные материалы дают представление об основных природных факторах, определяющих особенности и разнообразие агроэкологических условий района исследований. Анализ информации выявляет основные региональные показатели, лимитирующие возделывание сельскохозяйственных культур. Они должны учитываться при картографировании и получить полное отражение на почвенно-ландшафтной карте (табл. 4.2).

#### 4.2. Основные источники информации о неблагоприятных агроэкологических условиях

Условие	Источник информации			
	Карты		АФС	полевое обследование
	почвенные	топографические		
Эродированность почв	+	+	+	+
Оглеение почв	+		+	+
Гранулометрический состав:				
тяжелый	+			+
легкий	+			+
Низкая гумусированность АП			+	+
Литологическая неоднородность:				
горизонтальная	+		+	+
вертикальная	+			+
Каменистость и щебнистость	+	+	+	+
Близкое залегание почвенно-грунтовых вод	+	+		+
Склоны крутизной, °:				
более 3		+	+	±
менее 0,5		+	+	±
Микрорельеф:				
эрозионный	±	+	+	+
западинный, ложбинный, бугорковый, полигональный			+	+
Антропогенный микро- и нанорельеф			+	+
Глыбистость поверхности пашни				+
Корка на поверхности пашни				+
Неоднородность состояния посевов			+	+

Завершает анализ материалов сводка данных. Она включает в себя характеристику почвообразующих пород, показывает их приуроченность к геоморфологическим элементам, содержит информацию о почвенно-грунтовых водах, данные анализов гранулометрического состава и химических свойств почв и пород, сведения об агрономической неоднородности почвенного покрова. Сводка завершается списком использованной литературы.

#### 4.3.2. Географическая привязка объекта исследования

Определяются принадлежность обследуемой территории к тому или иному природно-сельскохозяйственному району, наличие в ее пределах природных рубежей [5-10].

Для удобства географической привязки объект оконтуривается на топографической карте М 1 : 100 000. На эту же карту в пределах исследуемой территории наносятся природные рубежи — границы природных районов или крупных типологических единиц (например, комплексов форм рельефа), выделяются границы крупных элементов ландшафта — речных долин и тер-

рас, плоских и расчлененных поверхностей, низких и возвышенных равнин и т. д. Эти границы используются при выделении ландшафтно-индикационных районов на предварительной основе (М 1 : 10 000, 1 : 25 000).

### 4.3.3. Составление предварительной картографической основы

**Топографическая основа** с показом рельефа горизонталями изготавливается путем ксерокопирования листов топографической карты необходимого масштаба или светокопирования фотопланов с горизонталями. С контурного плана внутрихозяйственного землеустройства на нее наносятся границы исследуемого землепользования (землепользований) и смежества.

Для изготовления рабочей основы желательно иметь вариант А, на котором изображение простирается несколько далее границ исследуемого землепользования. Он размножается соответственно числу участников съемки (техников-почвоведов и начальников подразделений) плюс четыре-пять экземпляров для изготовления факторных основ.

Для окончательного авторского оригинала и сопровождающих карт используется вариант Б, на котором границы исследуемого землепользования и изображения совпадают. На нем вычерчивается рамка, надписываются наименование, масштаб, год составления, ставится штамп организации. Размножается в количестве потребных экземпляров почвенно-ландшафтной карты, карты агроэкологических типов земель.

**Рабочую основу** желательно изготавливать на топографической основе варианта А. До сих пор для производственного крупномасштабного картографирования в качестве рабочей основы принимались топографические карты или аэрофотоснимки, не несущие никакой дополнительной информации из других источников, кроме точек разрезов и наименований почв, выявленных в этих точках при ранее проведенных обследованиях. Современный уровень изученности ландшафтов, особенно почвенного покрова, позволяет перейти к более информативной факторной рабочей основе, т. е. основе, на которой как компоненты ландшафта показаны факторы почвообразования и дифференциации почвенного покрова, а также типы фотоизображения.

Такая карта позволяет объективно выделить контуры с аналогичными агроэкологическими условиями, что необходимо для обоснованной картографической экстраполяции и рационального проведения полевых работ. Цели составления факторной основы: систематизация и анализ имеющейся картографической информации, создание опорной контурной сети почвенно-ландшафтных выделов (предполагаемых ЭАА).

Рабочая основа составляется в два этапа: составление предварительной факторной карты и затем на ее основе — макета почвенно-ландшафтной карты, подлежащего полевой проверке.

Составление осуществляется в масштабе почвенно-ландшафтной съемки (1 : 10 000 или 1 : 25 000) на топографической карте или фотоплане с привлечением других имеющихся картографических, фондовых, литературных источников. Предпочтение отдается основе, содержащей максимум информации.

Содержание **предварительной факторной карты** составляют ареалы, однотипные по условиям рельефа, почвенно-литологическим условиям, типу фотоизображения — вероятные ЭАА. Способы изображения отдельных факторов зависят от надежности выявления их пространственной дифференциации по имеющимся источникам.

Последовательность работ:

составление списков выделов по компонентам ландшафта (в том числе систематического списка почв) и типам фотоизображения;

выделение элементов рельефа на топографической карте (составление исходной сетки вероятных ЭАА);

характеристика почвенно-литологического содержания контуров;

анализ взаимосвязей компонентов ландшафта и типов фотоизображения;

составление легенды.

**Составление списков выделов** позволяет зафиксировать диапазон разнообразия каждого компонента ландшафта в пределах территории. Наиболее ответственны на начальной стадии работ выделение элементов рельефа и выбор параметров для их характеристики, поскольку элементы рельефа образуют исходную сетку контуров, заполняемую на последующих этапах информацией о других компонентах ландшафта. Основные параметры рельефа — форма поверхности, крутизна, экспозиция, характер и размер расчлняющих элементов, положение элемента в ландшафте. При определении градаций по каждому показателю исходят из их ожидаемой сельскохозяйственной значимости и индикационной роли для выделения почвенных контуров. В сомнительных случаях рекомендуется принимать более узкие градации, учитывая возможность последующего объединения.

При выборе градаций учитываются некоторые общепринятые рубежи, имеющие значение во всех зонах (например, углы наклона  $3^\circ$  и  $5^\circ$ ) и региональное значение ( $1^\circ$  и  $2^\circ$ ). Интервал до  $1^\circ$  характеризует повышенную вероятность переувлажнения, наличие микрорельефа и оглеенных компонентов в структуре почвенного покрова гумидных регионов. Интервал  $1^\circ$ - $3^\circ$  характеризует наиболее благоприятные условия дренированности, но если до  $2^\circ$  почвенный покров наиболее однороден, а микрорельеф практически не выражен, то при углах наклона более  $2^\circ$  влияние начальных форм эрозии приводит к смене ЭПС.

Разделение склонов по форме в плане на прямые, выпуклые (рассеивающие) и вогнутые (собирающие) вызвано их различной способностью аккумулировать влагу атмосферных осадков и формировать сток. При прочих равных условиях (угол наклона, литология и др.) вогнутые склоны более увлажнены, чем прямые и тем более рассеивающие. Им свойственна и большая внутренняя неоднородность.

Далее составляется перечень выделенных форм и элементов рельефа. Если предусматривается составление почвенно-ландшафтной карты на основе безгоризонталей, то каждой категории рельефа присваивается значок, характеризующий данную категорию рельефа на предварительной картографической основе.

В табл. 4.3 приводится список элементарных единиц рельефа для одного из объектов южно-таежно-лесной зоны. В работе [1] отмечается необходимость уточнения списка по показателям, не отражаемым на топографической карте 1 : 10 000 с высотой сечения горизонталей 2-2,5 м: разделению водоразделов на плоские и слабовыпуклые, наличию и выраженности эрозионного и западного микрорельефа, выделению границ пойм, критериям деления пойм, надпойменных террас, прилегающих шлейфов нижних частей склонов. Дифференциация рельефа на этом уровне уточняется по аэрофотоматериалам и при полевой рекогносцировке.

#### 4.3. Список элементарных единиц рельефа для южной части Среднерусской провинции таежно-лесной зоны

№	Знак	Форма поверхности	Угол наклона, °	Экспозиция	Геохимическое положение**
1		Слабовыпуклые дренированные водоразделы и пологие склоны	1-2	-	Э"
2		Плоские водоразделы	< 1	-	Э
3		Прямые и волнистые водораздельные склоны	2-3	С, З, В	ТЭ
4		Нижние выположенные части склонов	< 1	С, З, В	ТЭА
5		Вогнутые склоны и привершинные водосборные расширения, седловины	1-2	Ю, ЮЗ, ЮВ	ТЭА, ЭА
6			2-3		
7		Вогнутые склоны и водосборы в верховьях балок	< 1,5	-	ТЭА, ЭА
8		Вогнутые склоны и водосборы в верховьях балок	1,5-3	С, З, В	ТЭА
9			> 3	Ю, ЮЗ, ЮВ	
10		Прибалочные и придолинные склоны прямые и волнистые	3-5	С, З, В	ТЭ
11			5-8	Ю, ЮЗ, ЮВ	
12			> 8		
13		Ложбины узкие (до 50 м)	> 0,5	-	ТЭА
14		Ложбины широкие и днища временных водотоков (более 50 м)	< 1,5	-	ТЭА
15		Надпойменные террасы малых рек	-	-	ТС, ТЭА
16		Поймы малых рек и их притоков	-	-	ТС
17		Крупные западины и другие локальные замкнутые депрессии	-	-	ЭА

\* Группировка нуждается в уточнении.

\*\* Элементарные геохимические ландшафты: Э — элювиальные, ЭА — элювиально-аккумулятивные, ТЭ — трансэлювиальные, ТЭА — трансэлювиально-аккумулятивные, ТС — трансуперэлювиальные.

#### 4.4. Список литологических выделов для южной части Среднерусской провинции лесостепной зоны

№	Знак	Генетический тип отложений	Однородность	Состав		Условия залегания по рельефу
				гранулометрический	химический	
1	Л	Лессовидные	О	Т, Г	К	Вершины и пологие склоны увалов любых экспозиций, холодные склоны увалов любой крутизны
2	Л Т	Лессовидные, подстилаемые третичными морскими	Д	Т	З, К, В	Отметки 155-165 м Пологие верхние части склонов (преимущественно теплых) увалов
3	Т	Третичные морские	О	Т, Г	З, К	Отметки 150-160 м Пологие и покатые верхние части склонов (преимущественно теплых) увалов
4	Л Эм	Лессовидные, подстилаемые рыхлым (мергелистым) элювием известняков Элювий известняков:	Д	Т, Г	К	Отметки не выше 150 м Покатые теплые склоны эрозионной сети
5	Эм	рыхлый (мергелистый)	О	С	К <sub>2</sub>	Отметки не выше 140 м Крутые теплые склоны эрозионной сети
6	Эщ	щебнистый	Н	Х	К <sub>3</sub>	Отметки не выше 135 м Крутые теплые склоны эрозионной сети Террасовидные уступы в балках
7	Дк	Делювиальные отложения	О	Т	К	Нижние выположенные части склонов увалов
8	Дк <sub>2</sub>		О	Т	К <sub>2</sub>	Нижние балочные террасы, перекрытые делювиальным шлейфом
9	Д		О	Т	К <sub>2</sub> , В	Днища балок

**Примечание.** Однородность отложений: О — однородные, Д — двучленные, Н — неоднородные с постепенной сменой.

Гранулометрический состав: Т — тяжелосуглинистый, Г — глинистый, С — суглинистый, Х — хрящеватый, П/Т, П/Г — песчаный на тяжелосуглинистом и глинистом.

Особенности химического состава: В — выщелоченные, К — карбонатные (К<sub>1</sub> — слабо-, К<sub>2</sub> — сильнокарбонатные), З — засоленные, З<sub>2</sub> — глубокозасоленные, Бк — бескарбонатные.



Аналогично составляются списки литологических выделов. Литологические различия ранжируются в списке в порядке, соответствующем положению предполагаемых контуров в ландшафтной иерархии и их распространенности. От-



мечаются их однородность (неоднородность), гранулометрический состав, химические особенности, условия залегания по рельефу (табл. 4.4).

Списки типов растительности составляются на основе материалов предыдущих почвенных и геоботанических обследований, топографических карт, литературных источников. Знаковые обозначения выделов даются в соответствии с условными обозначениями, принятыми для топографических карт (включая тип растительности). Пример упрощенного списка — табл. 4.5.

#### 4.5. Список типов растительности

№	Знак	Угодье	№	Знак	Угодье
1		Пашня	6	о о о о о	Лес*
2	" "	Сенокосы Культурные пастбища	7	.о. . .о.	Кустарник*
3	^ ^ ^	Выгоны	8	о о о о о о	Сад*
4		Заболоченный луг	9	о о о о	Лесополоса*
5		Болото*	10	.о.о.о	Кустарниковая полоса*

\* В знак вводится условное обозначение типа растительности, состава древесных пород.

Составление систематического списка почв проводится согласно принятой методике.

Выделенные при предшествующих обследованиях почвенные разности располагаются в зональной последовательности. По каждому типу почв характеризуются природные условия, процессы почвообразования, морфологическое строение профиля, свойства, диагностические признаки генетических горизонтов, принятые индексы для их обозначения и более мелкое классификационное подразделение на подтипы, роды, виды (согласно действующей классификации почв) с соответствующими морфологическими признаками, разновидностями и разрядами.

В списке приводятся дополнительные общепринятые индексы, отражающие генезис и гранулометрический состав почвообразующей породы, глубину смены пород (если она происходит в пределах первых 2 м), степень окультуренности, степень и характер оглеения, каменистость, смытость, намытость, солонцеватость, солончаковатость и т. д.

После каждого почвенного типа в списке оставляют резервные места для дополнения списка в полевой период почвами, не выявленными ранее.

Выделение *типов фотоизображения* проводится на основании различий тона и рисунка (интенсивности и контрастности тона, размера и формы пятен или линейных элементов, образующих рисунок, характера их взаимного расположения).

Выделяются наиболее выразительные, уверенно диагностируемые типы рисунков. Число категорий, объективно выделяемых по фотоизображению, зависит от особенностей территории, качества снимков, вида и состояния угодий. Типам рисунка присваиваются рабочие названия (однородный темный, однородный светлый, мелко- или крупнопятнистый, точечный, линейный, волнистый, лишозовидный, разреженно- или густодревовидный, пятнистый наложенно-древовидный и т. д.), затем составляется их рабочий список.

**Выделение элементов рельефа** на топографической карте проводится в следующем порядке:

выделяются элементы линейного расчленения (долинно-балочной сети) — поймы и низкие террасы малых рек, днища и склоны балок и лощин, макроложбины с разделением на днища и склоны, микроложбины без разделения на днища и склоны;

оконтуриваются локальные замкнутые формы — положительные (мелкие холмы, бугры, четко выраженные вершины гряд и холмов) и отрицательные (замкнутые депрессии, западины, ложбинообразные понижения);

проводится разделение на элементарные участки остальной территории, представляющей собой склоны разной крутизны, формы, экспозиции.

В итоге на предварительной основе выделяется сетка контуров предполагаемых ЭАА, различающихся по геоморфологическим условиям. Внутри ЭАА геоморфологические условия (уклон, экспозиция, форма в плане) должны быть одинаковы.

**Характеристика почвенно-литологического содержания контуров.** На этой стадии исходная сетка контуров насыщается информацией о почвенном покрове, почвообразующих породах, грунтовых водах. При этом возможно появление новых границ, разделяющих некоторые первоначально элементарные контуры.

*Литологическая характеристика.* Сведения о почвообразующих и подстилающих породах, содержащиеся в литературных источниках, обычно основаны на точечных полевых исследованиях, данные которых подверглись широкой пространственной экстраполяции. Они имеют обобщенный схематичный характер. Наиболее целесообразно выявить варианты литологического строения пород (до глубины не менее 2 м), глубину их смены, гранулометрический состав верхних горизонтов, по возможности — конкретные условия залегания. Список литологических выделов используется в легенде предварительной карты.

На предварительную карту наносятся точки, обеспеченные литологической характеристикой, им присваивается соответствующий индекс. Пунктирной линией намечают литологические границы. Выявляются участки, не обеспеченные информацией и требующие полевой проверки.

При наличии информации о стратиграфии отложений на предварительную карту с учетом высотных отметок перенесутся границы геологических доев. Таким образом выявляются предположительные места поверхностного залегания или подстилания определенными породами.

**Почвенная характеристика.** Традиционная методика картографирования не позволяет использовать для предварительной основы контурную часть имеющихся почвенных карт. Используются фактические материалы ранее проведенных обследований (полевые дневники, журналы обследований, карты с указанием точного местоположения разрезов). На предварительную карту переносятся почвенные выработки (номера, индексы). Выявляется обеспеченность ЭАА почвенными выработками и фактическими данными. Следует учитывать, что большинство крупномасштабных карт не отражает внутренней почвенной неоднородности контуров (так как показывает преобладающие почвы, а не ЭПС), поэтому ЭАА, обеспеченные единичными разрезами, не могут считаться полностью охарактеризованными в почвенном отношении.

**Анализ взаимосвязей** компонентов ландшафта с их изображением (на топографической карте и АФС) и друг с другом проводится для обоснования ландшафтной индикации. Она заключается в диагностике трудноопределяемых компонентов ландшафта по легкоопределяемым. Достоверно установленные связи между почвами, непосредственно определенными в поле, и индикаторами (элементами рельефа или типами фотоизображения) можно экстраполировать на аналогичные контуры индикаторов, не обеспеченные почвенными выработками.

Для выявления и количественной оценки связи почв с категориями рельефа и типами аэрофотоизображения составляются предварительные индикационные таблицы.

Простые (однофакторные) индикационные таблицы «Почва — рельеф», «Почва — фотоизображение» и т. д. имеют двухмерную систему координат (табл. 4.6). Почвы перечисляются согласно систематическому списку (строки «Почва 1», ..., «Почва N»); элементы рельефа, типы фотоизображения или растительные группировки перечисляются согласно спискам выделов (столбцы «1», ..., «N»). В ячейках на пересечении строк и столбцов указывается число обнаруженных соответствующих сочетаний. В строке «Всего» суммируется число разрезов по выделу индикатора и принимается за единицу (правая половина табл. 4.6). Затем для каждого сочетания этого выдела и определенной почвы рассчитывается его доля от 1 (общего числа разрезов для выдела).

Устойчивые сочетания позволяют считать исследуемый фактор (или его отдельные категории) индикатором. Как наиболее достоверные рассматриваются связи, имеющие высокую вероятность (по вычисленной доле не менее 0,8) и подтвержденные большим числом разрезов.

Для четко диагностируемых типов фотоизображения четкая связь с почвами дает основания для фотодешифрования. Однако часто неоднородное фотоизображение не обеспечивается необходимым количеством почвенных выработок. В этом случае нужна полевая работа с расшифровкой структуры почвенного покрова на микроклячах.



Перед заполнением легенды рекомендуется выделить (бледным тоном или тонкой штриховкой) ячейки, характеризующиеся реальным сочетанием индикационных признаков.

Имеющиеся данные о других индикаторах могут быть введены в ячейки в виде условных значков (если одному сочетанию основных индикаторов соответствует одна категория дополнительного индикатора) или в шапку таблицы на уровне подкатегорий основных индикаторов.

В большинстве случаев на данном этапе степень дифференциации агроэкологических условий можно установить лишь приблизительно. В легенде рекомендуется максимальная дробность разделения условий-индикаторов. Такой подход позволяет в дальнейшем точнее определить почвенно-литологическое содержание контуров.

В ячейки вписываются индексы почв, обнаруженных при предыдущих исследованиях в данных условиях. Контуров карты нумеруются, в них проставляются значки и индексы, соответствующие обозначениям легенды. К легенде прикладываются индикационные таблицы.

Таким образом, на предварительной основе систематизируются весь фактический почвенно-картографический материал и частично почвенно-ландшафтные взаимосвязи. С оригинала карты снимаются копии, одна из которых используется для составления макета почвенно-ландшафтной карты.

Макет почвенно-ландшафтной карты составляется на факторной основе с целью предварительной типизации ЭАА, определения объема и конкретного содержания полевых работ.

Форма легенды макета соответствует форме легенды окончательной карты и имеет вид таблицы. Отличия (касающиеся, главным образом, содержания легенды) обусловлены лишь неполнотой информации. Легенда отображает связь агроэкологически наиболее значимого компонента ландшафта (почвенного покрова) и наиболее сильного фактора его дифференциации (как правило, рельефа).

В первой графе (по вертикали) в порядке группировки перечисляются все ЭПС и ЭПА, выявленные на территории съемки по предварительной основе (включая литологические разности). Они систематизируются в соответствии с группировкой земель почвенно-географической провинции. Такие группировки частично разработаны для южно-таежно-лесной и лесостепной зон (среднерусская провинция), степной и сухостепной зон (заволжская и казахстанская провинции). Уточнение группировок и составление их для других провинций могут проводиться на основе группировок структур почвенного покрова с привлечением геоморфологических, литологических, гидрогеологических характеристик. Дальнейшее упорядочивание ЭПС в легенде проводится согласно ландшафтно-экологической классификации земель провинции (в пределах групп и подгрупп земель — от класса до подвида земель второго порядка и далее до агрономической характеристики компонентов ЭПС). В конце списка выделов каждой агроэкологической группы или более мелких подразделений предусматриваются строки «Отсутствие информации».

В верхней строке (по горизонтали) обозначаются геоморфологические выделы. На пересечении строк и столбцов указываются номера контуров, соответствующие ячейки заливаются выбранным цветом. Номера контуров, обеспеченных фактической информацией, подчеркиваются или выделяются другим шрифтом.

Выделы легенды, не обнаруженные при прежних исследованиях, но наличие которых на обследуемой территории вероятно, отмечаются знаком «?». Они нуждаются в подтверждении. Основанием для введения таких категорий в легенду могут быть сведения, полученные из региональной литературы, при знакомстве с почвенными картами соседних территорий и пр. Если для геоморфологически одинаковых контуров выделяется несколько резко различающихся ЭПС (например, на плоских водоразделах отмечается наличие автоморфных и полугидроморфно-зональных ЭПС), то требуется полевая проверка контуров и, вероятнее всего, установление дополнительных градаций для выделения категорий рельефа (например, добавление категорий, отражающих тип микрорельефа или крупную форму микрорельефа — западину, ложбинообразное понижение и т. д.) или выявление другого фактора дифференциации почвенного покрова (например, почвообразующих пород).

Для удобства макет оформляется в относительно контрастных тонах. Контурные, по которым имеется почвенная информация, закрашиваются. Если по индикационным таблицам информация оценивается как достоверная, то контурные не нуждаются в полевой проверке и закрашиваются сплошь выбранным для данного ЭАА цветом. Контурные, обеспеченные фактической и экстраполированной информацией, желательнее зрительно разделить (разной интенсивностью тона, редкой штриховкой, видом границы). Требуемые проверки контурные закрашиваются полосами одного или двух цветов, соответствующих наиболее вероятным ЭПС. Не имеющие почвенной информации контурные не закрашиваются.

По макету почвенно-ландшафтной карты намечается конкретный план полевых работ.

#### **4.3.4. Планирование полевых работ**

Большинство агроэкологически значимых факторов, помимо почвенного покрова (мезо- и микрорельеф, литология, растительность, состояние поверхности почвы, гидрологический режим), требует обязательной характеристики в соответствии с традиционной методикой крупномасштабного картографирования. С этой стороны почвенно-ландшафтная съемка аналогична почвенной. Главные отличия заключаются в картографировании почвенного покрова не по преобладающей почве, а в виде структур почвенного покрова.

Объем работ зависит от количества и качества предварительной информации. По легенде макета ПЛК устанавливаются выделы, не обеспеченные или недостаточно обеспеченные достоверной информацией, по самой карте — их площади. Общее примерное количество почвенных выработок рассчитывается

так же, как и при крупномасштабном картографировании, исходя из площади обследования и категории сложности территории.

Полевой период почвенно-ландшафтного картографирования разделяется на два этапа — собственно исследовательский и поверочный. Объем работ второго этапа зависит от результатов первого, а именно: от надежности установления индикационных связей и заданной точности карты. Изначально целесообразно равномерное распределение почвенных выработок между обоими этапами, но окончательное количество выработок устанавливается в процессе съемки.

#### 4.4. Полевой период

Цель работ полевого периода — получение фактических материалов, необходимых для составления достоверной почвенно-ландшафтной карты и проведения агроэкологической оценки земель.

Содержание полевых работ: уточнение полевой морфологической диагностики некоторых почв (например, разделение несмытых и слабосмытых почв, объективное разделение почв разной степени оглеения и т. д.), установление и проверка ландшафтно-индикационных связей и дешифровочных признаков для различных видов ЭАА, уточнение ландшафтных характеристик конкретных ЭАА (почвенной, литологической, гидрогеологической, микроклиматической, биоценотической, геохимической), характеристика агрономической неоднородности конкретных ЭАА, отбор образцов почв.

##### 4.4.1. Техника съемки

Техника съемки при полевом почвенно-ландшафтном обследовании не отличается от почвенного обследования.

Для литолого-почвенной и гидрогеологической характеристик закладывают почвенные выработки всех видов: глубокие разрезы, полуразрезы, прикопки, буровые скважины. При наличии данных ранее проведенных почвенных обследований потребность в глубоких разрезах сокращается, иногда весьма значительно (в зависимости от качества и давности имеющихся фактических материалов). За счет этого для наиболее полной характеристики микронеоднородности почвенного покрова увеличивается число полуразрезов и прикопок.

Более или менее равномерное расположение почвенных выработок, характерное для карт с показом преобладающих почв, заменяется неравномерным с концентрацией точек на отдельных участках (ключях) и разреженной сеткой контрольных точек на остальной территории.

**Почвенные ключи** — это различные сгущения выработок для характеристики почвенно-литологической неоднородности. Основные виды ключей:

*Площадки* с детальной почвенной и топографической съемкой размером обычно 0,5-2 га. Эти ключи дают наиболее полную и достоверную информацию о компонентном составе ЭПС и для обоснования их диагностики. Они наиболее трудоемки — в среднем не менее двух дней работы на одном ключе, поэтому их закладка ограничена.

*Дешифровочные ключи* закладывают для установления и проверки дешифровочных признаков аэрофотоснимков. Используются АФС с типичным для части территории рисунком фотоизображения. Ключ должен охватывать изучаемый рисунок не менее чем в трехкратной повторности. Привязка разрезов к пятнам, образующим рисунок фотоизображения, позволяет достоверно установить компонентный состав и долевое участие компонентов почвенного покрова. Связи почва — рельеф — литология установить сложнее при отсутствии детальной топоосновы. Топографическая съемка участка увеличивает достоверность выявления связей, но повышает трудоемкость обследования.

Почвенно-ландшафтные *профили* длиной в среднем 100-1000 м обеспечивают большой территориальный охват, так как обычно пересекают несколько ЭАА, легче в исполнении, чем ключи-площадки. Точность информации в этом случае несколько ниже, особенно по долевым участкам компонентов. В условиях слаборасчлененного рельефа профили желательно сопровождать нивелировкой. На профилях удобно проводить оценку агроэкологической неоднородности полей по состоянию посевов.

*Микропрофили* — серии почвенных выработок, пересекающие несколько характерных элементов микрорельефа в пределах одного элемента мезорельефа. Их длина 10-30 м. Позволяют установить состав компонентов ЭПС и их связь с микрорельефом, эффективны при выраженном микрорельефе.

*«Гнезда»,* или *«кусты»* из трех-пяти прикопок или цолуям в пределах одного элемента мезорельефа служат для вскрытия компонентного состава ЭПС при отсутствии выраженного микрорельефа. Они наиболее эффективны при иаличии аэрофотоснимков с неоднородным рисунком.

**Методика полевого описания** почвенных выработок традиционна и отличается лишь некоторыми дополнениями, облегчающими обработку данных полевого обследования.

На лицевой стороне бланка описания рядом с номером разреза в скобках указывается номер контура по макету ПЛК. Ниже названия почвы ставится индекс ЭПС, в состав которой входит эта почва, с указанием долевого участия компонентов. Индекс компонента, характеризующего разрезом, обводится или подчеркивается. В скобках указывается принадлежность ЭАА к агроэкологической группе земель.

В строке рекомендуемых мероприятий и вида использования обозначается категория земель, к которой относится данный ЭАА, перечисляются его основные лимитирующие факторы и степень их проявления.

Эти сведения не являются окончательными и могут быть откорректированы по результатам камеральных работ.

Полевые исследования по содержанию работ подразделяются на два этапа, которые могут выполняться в течение одного полевого сезона.

#### 4.4.2. Первый этап (исследовательский)

Направлен на установление и проверку пространственных закономерностей формирования ЭАА и создание системы ландшафтной индикации. Ос-



новное внимание уделяется выявлению разнообразия агроэкологических условий. По каждому компоненту агроландшафта устанавливается полный список выделов (почв, структур почвенного покрова, элементов рельефа, литологических разностей и т. д.). Устанавливаются связи между компонентами ландшафта, в частности, связи почв, структур почвенного покрова и литологических условий с мезорельефом, растительностью, фотоизображением, связи флористических и фаунистических комплексов с рельефом и фотоизображением, микрорельефа и гидрогеологических условий с фотоизображением.

Исследованиями первого этапа должны быть охвачены все категории рельефа, все типы фотоизображения (т. е. каждый выдел легенды предварительной картографической основы). При этом учитывают встречаемость того или иного выдела на картографируемой территории.

Этап включает в себя рекогносцировочное (маршрутное) и основное (ключевое) обследования.

**Рекогносцировочное обследование** проводится с целью получения прямого представления о ландшафте и внутриландшафтной дифференциации обследуемой территории. В задачи рекогносцировки входят выявление внутриландшафтной агроэкологической дифференциации территории, проверка на местности закономерностей формирования ЭАА, установленных в результате предварительного анализа материалов, уточнение предварительной группировки ЭАА и положения ключевых участков.

Рекогносцировочный маршрут должен охватить основные категории группировки ЭАА и типы аэрофотоизображения. Он включает в себя элементы ключевого обследования (заложение микропрофилей, гнезд), что необходимо для определения компонентного состава ЭПС, выявления взаимосвязей агроэкологических факторов, установления дешифровочных признаков.

Объем рекогносцировочных работ определяется задачами съемки, сложностью территории, организационными условиями. Результаты рекогносцировки можно рассматривать как часть основного обследования.

**Основное обследование** проводят для уточнения систематического списка ЭАА, определения компонентного состава ЭПС, установления ландшафтных связей и дешифровочных признаков, диагностики и обоснования границ ЭАА, обоснования экстраполяции данных на контуры, не охваченные прямым обследованием, уточнения типизации ЭАА. Главным методом, позволяющим достичь этих целей, являются ключевые исследования. Они должны охватить основные категории группировки ЭАА и типы аэрофотоизображения. Выделение в легенде почвенно-ландшафтной карты каждого нового вида ЭАА достоверно лишь в том случае, если оно подкреплено данными ключевых исследований.

Число ключей (общее и по видам) зависит от сложности ландшафта, качества используемых основ, изученности территории, качества типизации макета ПЛК. Основным критерий числа и видов ключей — обеспеченность каждого выдела легенды макета почвенно-ландшафтной карты информацией.

Выбор мест заложения ключевых участков проводится с учетом сельскохозяйственного использования территории. При прочих равных условиях лучше выбирать участок под основной культурой, что позволит дать агрономическую характеристику почвенной неоднородности. Технически проще проводить ключевые исследования по молодым посевам, всходам, стерне, сложнее всего — на полях пропашных культур с агрогенным микрорельефом, по зяблевой вспашке.

**Предварительная обработка материалов полевых исследований.** Проводится корректировка предварительных индикационных таблиц «Почва — рельеф», «Почва — тип фотоизображения» и т. д. (см. табл. 4.6, 4.7) и уточняется достоверность выделения ЭАА. Теснота индикационных связей является обоснованием экстраполяции при составлении авторского оригинала почвенно-ландшафтной карты и основным критерием при планировании дополнительных полевых работ.

При устойчивых связях (вероятности более 0,8 или ином заданном уровне) нет необходимости в дополнительных почвенных обследованиях данной категории рельефа (или фотоизображения). Категории, для которых обнаружена неоднозначная связь с ЭПС (вероятность менее 0,8), нуждаются в дополнительном опробовании.

В табличной сводке легко обнаруживаются категории рельефа и типы фотоизображения, не обеспеченные полевыми исследованиями. При их широком распространении на каждой планируется заложение ключа.

**Полевая почвенно-ландшафтная карта** составляется на нераскрашенном варианте макета ПЛК. На нее наносятся точки и номера почвенных выработок, индексы выявленных почв. ЭАА, охарактеризованные ключевыми участками, переходят в категорию достоверно выявленных и обследованных фактической информацией. На полевой карте они индексируются и заштриховываются (или выделяются иначе, например, цветной границей).

Не допускается объединение в один контур соседних элементов макета ПЛК, если они не различаются по ЭПС, но различаются по другим ландшафтными условиям (мезо- или микрорельефу, растительности и др.).

На этом этапе полевых работ начинается составление **авторского оригинала почвенно-ландшафтной карты**. Картографической основой для него является топографическая карта с изображением в границах исследуемого землепользования. Основа содержания — макет ПЛК и полевая карта. На топографическую карту наносятся откорректированные по данным полевых обследований границы контуров ЭАА, их номера, почвенные индексы, условные значки типов микрорельефа.

В первую очередь переносятся контуры, охарактеризованные почвенными выработками и ключами (заштрихованные на полевой карте). Остальные контуры заполняются по данным уточненных индикационных таблиц. Главное условие при этом — наличие вероятности установленных связей «почва — рельеф», «почва — тип фотоизображения», не менее заданной.

Возможности экстраполяции долевого участия компонентов ЭПС гораздо более ограничены, чем экстраполяция данных об их компонентном составе.

Она может проводиться по рисунку фотоизображения (соотношению пятен различного тона), что возможно не повсеместно, либо по анализу соотношения площадей форм микрорельефа, к которым, по данным ключевых исследований, приурочены компоненты ЭПС.

Если после экстраполирования данных на карте остаются «белые пятна» или контуры, обеспеченные недостаточно достоверной информацией, необходимо заложение дополнительных ключей.

Окончательно авторский оригинал карты заполняется по итогам второго этапа полевых работ.

#### **4.4.3. Второй этап (поверочный)**

Проводится для повышения достоверности почвенно-ландшафтной карты. При этом закладываются в основном единичные контрольные выработки, гнезда разрезов, реже — почвенно-геоморфологические профили. Их размещение планируется с учетом данных полевой карты и макета, индикационных таблиц, заполненности авторского оригинала.

#### **4.4.4. Полевые агрономические исследования**

Являются составной частью почвенно-ландшафтной съемки и позволяют оценить агроэкологическую значимость наблюдаемых характеристик ландшафта.

Полевое агрономическое обследование направлено, в первую очередь, на фиксацию и оценку неблагоприятных явлений и признаков, лимитирующих земледелие, их пространственной неоднородности в пределах ЭАА и между различными ЭАА. Оно включает в себя оценку состояния поверхности почв, микрорельефа, состояния растений, засоренности, пораженности посевов вредителями и болезнями и дополняется в случае необходимости выборочными почвенными разрезами и прямым учетом урожая. Результаты подобных однократных обследований в значительной степени зависят от погодных условий, времени года. Тем не менее они могут дать весьма ценный материал для выявления, оценки и анализа причин неоднородности агроэкологических условий.

Прямые учеты урожая (или биологической продуктивности культурных растений) не входят в состав обязательных работ при почвенно-ландшафтной съемке. Но их проведение желательно, поскольку они фиксируют реакцию растений на пространственную неоднородность агроэкологических условий, что можно рассматривать как прямой критерий агрономической значимости выделов легенды.

#### **4.5. Завершающий камеральный период**

В этот период проводятся лабораторные исследования образцов, доработка и оформление почвенно-ландшафтной карты, составление очерка и агроэкологической группировки земель, подсчет площадей.

Общий вид программы лабораторных исследований аналогичен крупномасштабному картографированию.

### 4.5.1. Корректировка и оформление почвенно-ландшафтной карты

Камеральная работа над оригиналом ПЛК продолжается параллельно разработке окончательного варианта легенды. Определяются степень отражения качественной дифференциации агроэкологических условий и уровень ее достоверности для всех ЭАА.

В завершеном виде контурная часть представляет собой сетку контуров ЭАА. На штриховом оригинале в каждом контуре даются индексы ЭПС, составленные из индексов компонентов. Последовательность индексов отражает долевое участие компонентов в ЭПС. Процентное соотношение в установленных градациях можно показывать геометрическими значками, точками, помещенными под индексами каждого компонента (кроме первого), или цифрами, помещенными справа внизу от каждого индекса, кроме первого (табл. 4.8).

#### 4.8. Способы отображения долевого участия компонентов микроструктур почвенного покрова на почвенно-ландшафтных картах

Способ отображения	Долевое участие компонента, %			Пример
	50 - 25(30)	25(30) - 10	до 10	
Геометрические значки	■	▲	●	$\Pi_1^A, \Pi_2^A, \Pi_3^{A'} \text{ тМ}$ ■ ●
Точки	••	••	•	$\Pi_1^A, \Pi_2^A, \Pi_3^{A'} \text{ тМ}$ •• •
Цифры	50	25 (или 30)	10	$\Pi_1^A, \Pi_{250}^A, \Pi_{10}^{A'} \text{ тМ}$

Цветом обозначаются группы ЭПС. Наибольшая насыщенность тона рекомендуется для зональных ЭПС. Для них используются теплые тона — коричневатый, розовый. Эрозионные ЭПС даются более слабым тоном тех же цветов, эрозионно-аккумулятивные — затемняются серым тоном. Для полугидроморфных ЭПС применяется окраска холодных тонов. Приблизительно цветовые обозначения групп ЭПС соответствуют цветам, принятым для физиономических их компонентов на Государственной почвенной карте М 1 : 1 000 000.

Способы показа гранулометрического состава и почвообразующих пород зависят от степени их пространственной неоднородности. Если пространственная литологическая неоднородность выражена слабо, то можно использовать различные штриховки, причем преобладающие разновидности по гранулометрическому составу и разряды по почвообразующим породам не штрихуются. При большом литологическом разнообразии, когда штриховки сильно перегружают карту, гранулометрический состав и порода даются в индексе. Категории, общие для всех компонентов, выносятся в конец индекса ЭПС или под черту дроби. В противном случае они обозначаются в индексе отдельного компонента.

Одинаковый гранулометрический состав и почвообразующая порода всех компонентов ЭПС

$$\frac{P_1^D P_{2_{50}}^D P_{3_{10}}^{D^{ог}}}{T M} \quad P_1^D P_{2_{50}}^D P_{3_{10}}^{D^{ог}} T M$$

Пятнистость дерново-слабоподзолистых, средиподзолистых и сильноподзолистых слабоглееватых тяжелосуглинистых почв на моренных отложениях

Разные почвообразующие породы для компонентов ЭПС.

$$\frac{P_1^D n}{M_n} \frac{P_3^{D^{ог}} n}{M_T 60} 50 \quad P_1^D n M_n P_3^{D^{ог}} n M_T 60_{50}$$

Комплекс-мозаика дерново-слабоподзолистых песчаных почв на песчаных моренных отложениях и дерново-сильноподзолистых контактно-глееватых песчаных почв на моренных отложениях песчаных, с глубины 60 см подстилаемых тяжелосуглинистыми

Если ПЛК составляется на основе без горизонталей, то в контуре ставится значок элемента мезорельефа. Западины изображаются округлым значком неправильной формы в месте локализации.

Внемасштабным знаком с локализацией положения в пределах контура крупного ЭАА могут быть показаны отдельные расчленивающие ЭАА, площадь которых на карте менее 0,25 см<sup>2</sup>.

Легенда карты включает в себя список элементарных ареалов агроландшафта, выстроенных в порядке их агроэкологической группировки. Легенда строится в форме таблицы, где строки соответствуют ЭПС, а столбцы — элементам мезорельефа (табл. 4.9). В таблице закрашивают лишь те ячейки, которые соответствуют имеющимся ЭАА (т. е. с данным сочетанием почвенных и геоморфологических условий). Ячейки, соответствующие ЭАА склоновых участков определенных экспозиций — только теплых или только холодных, закрашиваются наполовину (ячейки разделяются пополам диагональю). Если ЭАА приурочены только к определенным формам микрорельефа (ложбинам, западинам), то закрашиваются ячейки, соответствующие элементам мезорельефа, и в них условным значком обозначается форма микрорельефа.

**Подсчет площадей** ведется по отношению к ЭАА (не ЭПС и тем более отдельным почвам). Методика подсчета площадей для карт ручного составления (без использования ГИС) традиционна: площадь каждого контура определяется планиметрически, результаты фиксируются в ведомости контуров, суммирование площадей осуществляется в зависимости от состава видов и далее — типов земель.

Одинаковый гранулометрический состав и почвообразующая порода всех компонентов ЭПС

$$\frac{П_1^Д П_{2_{50}}^Д П_{3_{10}}^{Д^{ор}}}{ТМ} \quad П_1^Д П_{2_{50}}^Д П_{3_{10}}^{Д^{ор}} ТМ$$

Пятнистость дерново-слабоподзолистых, среднеподзолистых и сильноподзолистых слабogleеватых тяжелосуглинистых почв на моренных отложениях

Разные почвообразующие породы для компонентов ЭПС.

$$\frac{П_1^Д П_2^к}{М_П} \quad \frac{П_3^к П_4^к}{М_Т 60} 50 \quad П_1^Д П_2^к П_3^к П_4^к М_Т 60_{50}$$

Комплекс-мозаика дерново-слабоподзолистых песчаных почв на песчаных моренных отложениях и дерново-сильноподзолистых контактно-глееватых песчаных почв на моренных отложениях песчаных, с глубины 60 см подстилаемых тяжелосуглинистыми

Если ПЛК составляется на основе без горизонталей, то в контуре ставится значок элемента мезорельефа. Западины изображаются округлым значком неправильной формы в месте локализации.

Внемасштабным знаком с локализацией положения в пределах контура крупного ЭАА могут быть показаны отдельные расчленяющие ЭАА, площадь которых на карте менее 0,25 см<sup>2</sup>.

Легенда карты включает в себя список элементарных ареалов агроландшафта, выстроенных в порядке их агроэкологической группировки. Легенда строится в форме таблицы, где строки соответствуют ЭПС, а столбцы — элементам мезорельефа (табл. 4.9). В таблице закрашивают лишь те ячейки, которые соответствуют имеющимся ЭАА (т. е. с данным сочетанием почвенных и геоморфологических условий). Ячейки, соответствующие ЭАА склоновых участков определенных экспозиций — только теплых или только холодных, закрашиваются наполовину (ячейки разделяются пополам диагональю). Если ЭАА приурочены только к определенным формам микрорельефа (ложбинам, западинам), то закрашиваются ячейки, соответствующие элементам мезорельефа, и в них условным значком обозначается форма микрорельефа.

**Подсчет площадей** ведется по отношению к ЭАА (не ЭПС и тем более отдельным почвам). Методика подсчета площадей для карт ручного составления (без использования ГИС) традиционна: площадь каждого контура определяется планиметрически, результаты фиксируются в ведомости контуров, суммирование площадей осуществляется в зависимости от состава видов и далее — типов земель.

**4.9. Фрагмент легенды почвенно-ландшафтной карты  
(на примере одного из хозяйств  
Среднерусской провинции лесостепной зоны)**

№	Элементарные ареалы агроландшафта								
	Название ЭПА и ЭПС	Индекс ЭПА и ЭПС	Условие залегания по рельефу						
			волораз- делы		склоны холодные/теплые				
			пло- ские	вы- пук- лые	-2°	-3°	-5°	-7°	-10°
	Автоморфные: пятнистости черноземов типичных среднегумусных мощных и сред- немощных тяжелосуглинистых на лессовидном суглинке	$Ч'''_{3T}$ $Ч'''_{3T_{50}L}$							
	черноземы типичные малогумус- ные среднемощные среднесугли- нистые на морене	$Ч'''_{2cMr}$							
	...								
2	Эрозионные: пятнистости черноземов типичных средне- и малогумусных средне- мощных тяжелосуглинистых не- смытых и слабосмытых (25-50%) на лессовидном суглинке	$Ч'''_{3T}$ $Ч'''_{3T_{50}L}$							
	...								
6	комплексы черноземов типичных мало- и среднегумусных средне- мощных слабосмытых и средне- мощных укороченных среднесмы- тых (10-25%) тяжелосуглинистых на лессовидном суглинке	$Ч'''_{3T \downarrow}$ $Ч'''_{2T \downarrow \downarrow 25}L$							
7	комплексы черноземов типичных малогумусных среднемощных и среднемощных укороченных тяже- лосуглинистых слабосмытых и среднесмытых (до 50%) на покров- ном суглинке, подстилаемом море- ной	$Ч'''_{1T \downarrow}$ $Ч'''_{2T \downarrow \downarrow 25}$ $_{50}П/М$							
	И т. д.								

**4.5.2. Составление сопровождающих документов**

**Картограммы** отдельных признаков, лимитирующих продуктивность сельскохозяйственных культур: кислотности, засоленности, каменистости и т.д. составляются по общепринятым методикам.

**Карта агроэкологических типов земель** является основным прикладным материалом, составляемым на базе почвенно-ландшафтной карты и данных агроэкологической оценки земель. Она составляется на топографической основе с горизонталями. Показ рельефа горизонталями обязателен, так как эта карта является основой для земельного проектирования, составления черте-

жей проектов внутрихозяйственной организации территории, размещения гидротехнических сооружений, лесополос и т. д.

Составляется перечень лимитирующих факторов (с учетом их интенсивности и сопутствующих факторов). Факторы кодируются в порядке, предусмотренном агроэкологической группировкой земель. Например, для южной части среднерусской провинции лесостепной зоны лимитирующие факторы сгруппированы и обозначены следующим образом.

1.0. Нет ограничений, кроме управляемых лимитирующих факторов
2. Преобладает эрозия: <ul style="list-style-type: none"> <li>2.1. Слабая</li> <li>2.2. Умеренная</li> <li>2.3. Сильная</li> <li>2.4. Эрозия и переувлажнение</li> </ul>
3. Преобладает переувлажнение: <ul style="list-style-type: none"> <li>3.1. Слабое</li> <li>3.2. Сильное</li> <li>3.3. Сильное переувлажнение и поемность</li> <li>3.4. Сильное переувлажнение и осолодение</li> </ul>
4.0. Неблагоприятный литогенез
5. Преобладает солонцеватость: <ul style="list-style-type: none"> <li>5.1. Умеренная</li> <li>5.2. Сильная</li> <li>5.3. Солонцеватость и переувлажнение</li> <li>5.4. Солонцеватость, переувлажнение и эрозия</li> </ul>

Минимальный размер выделяемых контуров зависит от контрастности типов земель (изначально — от адаптивного потенциала культур и производственно-ресурсного потенциала товаропроизводителя, способного изменить агроэкологические условия).

Подсчитываются площади по видам, типам и агроэкологическим группам земель. Для видов земель рассчитываются средние площади контуров  $S_{cp}$ , га:

$$S_{cp} = S_{общ} : n,$$

где  $S_{общ}$  — общая площадь вида, га;

$n$  — число отдельных контуров, представляющих данный вид земель.

Каждый вид земель получает характеристику, основанную на результатах агроэкологической оценки входящих в него ЭАА, в которой показаны:

*место в структуре ландшафта* (принадлежность к агроэкологическим группе и подгруппе земель);

*основные результаты агроэкологической оценки* — лимитирующие факторы и степени их проявления на данном типе земель (могут отличаться от ведущих лимитирующих факторов группы, обозначаются кодами и отражаются в названии типа, например, «слабоэрозионный», «среднеэрозионный», «автоморфно-солонцовый» и т. д.), категория земель по характеру ограничений и возможности их преодоления;

*геометрические характеристики* (общая площадь типа земель, средняя площадь отдельного контура);



*агроэкологические характеристики* — структура почвенного покрова, гранулометрический состав почв, почвообразующая порода, гидрогеологические и геоморфологические условия (крутизна, экспозиция, форма склона, микро-рельеф);

*характеристика лимитирующих факторов;*  
*особенности использования и улучшения.*

Агроэкологические группы земель показываются цветом, типы земель — интенсивностью цвета, на нефоновые типы земель накладывается тонкая штриховка. Внутри каждого контура ставятся индекс вида земель и площадь контура. В индекс вида земель входят:

5.1.  
13(III-2)

код ведущего ограничивающего фактора для контуров, образующих данный вид земель

Порядковый номер вида земель (категория земель)

*Легенда* составляется в форме таблицы, в которой отражаются названные характеристики типов земель (табл. 4.10). Агроэкологические группы земель располагаются в порядке, предусмотренном ландшафтно-экологической классификацией земель, типы внутри группы ранжируются по степени пригодности для возделывания культур и контрастности, виды земель — по характеру и степени проявления лимитирующих факторов, отличающих их от фоновых земель данной группы.

*Пояснительная записка к почвенно-ландшафтной карте «Почвенно-ландшафтные условия...»* включает в себя следующие разделы.

*Титульный лист.* Наименование вида обследования, обследованного землепользования, его административное положение, год составления.

*Содержание.* Оглавление с указанием номеров страниц разделов.

*Введение.* Объект и методы исследований — площадь обследования, масштаб почвенной съемки, категория сложности местности, число заложенных разрезов по видам, объем проведенных работ по видам, их исполнители, использованные и итоговые материалы, характер картографической основы, организация, проводившая обследование, исполнители и руководители работ.

*I. Структура и основные показатели хозяйственной деятельности.* Административное и географическое положение, положение в системе ПСХР, инфраструктура (центральная усадьба, отделения, центры отделений, транспортная сеть). Анализ хозяйственной деятельности — основное направление, общая площадь землепользования, структура угодий, пашни и посевных площадей, состав севооборотов, анализ урожайности основных культур (за последние пять-десять лет), поголовье скота, структура стада, агротехника, система удобрений, мелиорации, экономические показатели.

*II. Характеристика почвенно-ландшафтных условий.*

1. *Климат.* Положение в системе климатического районирования, агроклиматические показатели, характеристика условий перезимовки, обеспеченность агроклиматическими ресурсами, лимитирующие агроклиматические факторы, соответствие климата требованиям ведущих культур района исследования.

**4.10. Фрагмент легенды карты типов земель  
(на примере одного из хозяйств Среднерусской провинции лесостепной зоны)**

Цвет и индекс Общая площадь вида земель Средняя площадь контура	Структура почвенного покрова	Гранулометрический состав почв и почвообразующая порода	Рельеф и микрорельеф	Ограничивающий фактор	Особенность использования
1	2	3	4	5	6
<i>Агроэкологическая группа: плакорные земли</i>					
Тип земель: фоновые зональные (водоразделы с черноземами и лугово-черноземными почвами)					
1.0 1(1) 1500 150	Ч <sup>т(к).....</sup> <sub>4,3</sub> ГЛ ЭПА и пятнистости черноземов выщелоченных и типичных обычных и слабокарбонатных мощных и среднемощных много- и среднегумусных	Глинистые на лессовидных тяжелых суглинках и глинах	Плоские водоразделы и верхние части пологих склонов с ровным микрорельефом	Нет	Базовый агрокомплекс
1.0 2(II-1) 48 3	Чл1-2 <sup>т(к).....</sup> <sub>4,3</sub> ГЛ; Ч <sup>т(к).....</sup> <sub>3</sub> ГЛ <sub>90</sub> ЭПА и пятнистости черноземов выщелоченных и типичных и луговато-черноземных почв (более 10 %) мощных и среднемощных среднегумусных, лугово-черноземных обычных, слабокарбонатных и осолоделых мощных и среднемощных много- и среднегумусных	То же	Ложбинообразные понижения, на плоских водоразделах, ложбины на холодных склонах 1-2°	Незначительная неоднородность почвенного покрова, неравномерность увлажнения. Запаздывание сроков посева луговато- и лугово-черноземных почв на 3-7 и 7-14 дней соответственно	То же
...	...	...	...	...	...

Агроэкологическая группа: слабозрозионные земли					
Тип земель: умеренно контрастные слабозрозионные (черноземы слабосмытые на склонах теплых 1-3°, холодных 3-5°)					
2.1 6(II-2)	$\text{Ч}^{(к)}_{10,25}$ ; $\text{Ч}^{(к)}_{10,25}$ ; $\text{Чл}_{10}$	Глинистые на лессовидных тяжелых суглинках и глинах	Средние и верхние части длинных склонов 1-2° с ложбинным микрорельефом	Слабая водная эрозия, небольшая неравномерность увлажнения, запаздывание сроков посева луговато-черноземных почв на 3-7 дней	Базовый агрокомплекс. Ограничение на высокие агротехнологии
459 17	Пятнистости черноземов выщелоченных и типичных обычных и слабокарбонатных среднесиловых среднесиловых несмытых и слабо-смытых (10-25%), луговато-черноземных почв (до 10%)				
...	...	...	...	...	...
Агроэкологическая группа: солонцевые земли					
Тип земель: сильноконтрастные солонцевато- и солонцово-автоморфные и полугидроморфные					
5.1 13(III-2)	$\text{Чл}_{1-2}^{(к)}_{10,90}$ ; $\text{Чл}_{1-2}^{(к)}_{10,90}$ ; $\text{Ч}^{(к)}_{10,90}$	Глинистые на лессовидных тяжелых суглинках и глинах	Ложбинообразные понижения и амфиатраты на плоских водоразделах	Периодическое переувлажнение. Плохая оструктуренность, повышенная плотность солонцеватых почв, запаздывание сроков их посева на 5-10 дней, склонность к образованию плужной подошвы	Выборочная химическая мелиорация сильно- и среднесолонцеватых черноземов
34 2	Комплексы луговато- и лугово-черноземных остаточнотемносерых, глубокосолонцеватых, глубо-косолонцеватых и солонцеватых мощных и среднесиловых почв с несолонцеватыми (10-90%), черноземов несолонцеватых (до 25%). ЭПА луговато- и лугово-черноземных остаточнотемносерых, глубокосолонцеватых, глубо-косолонцеватых и солонцеватых мощных и среднесиловых почв				

2. *Рельеф*. Положение в системе геоморфологического районирования, общая характеристика рельефа — тип макро- и мезорельефа, горизонтальная и вертикальная расчлененность гидрографической сетью, местные базисы эрозии, основные формы и элементы мезорельефа, преобладающие уклоны поверхностей, типы микрорельефа, влияние рельефа на почвенный покров территории исследований и на сельскохозяйственное использование земель участка, лимитирующие условия.

3. *Геологическое строение и почвообразующие породы*. Геологическое строение, генетические типы пород, их состав (механический, минералогический, химический), морфологические и агрономические свойства (в том числе лимитирующие), распространение на территории хозяйства, ландшафтная приуроченность, влияние на почвенный покров.

4. *Гидрография и гидрогеология*. Речная гидрографическая сеть — названия рек, их положение, разработанность, состав геоморфологических элементов и стадия развития речных долин. Суходольная гидрографическая сеть — состав, размеры и возраст элементов (современные или древние), прогноз развития эрозионных процессов. Водоёмы — местоположение, происхождение, размеры, назначение. Глубокие грунтовые воды — водоносные горизонты, глубина залегания, режим, минерализация, особенности химического состава. Почвенно-грунтовые воды — минерализация, химический состав и глубина залегания грунтовых вод на основных элементах рельефа, наличие, условия формирования и динамика временной верховодки. Влияние почвенно-грунтовых вод на почвенный покров и сельскохозяйственное использование земель, лимитирующие гидрогеологические факторы, прогноз развития процессов почвообразования, связанных с переувлажнением.

5. *Растительность*. Положение в системе ботанико-географического и природного районирования. Естественная лесная растительность — состав и преобладающие породы, подлесок, напочвенный покров. Естественная травянистая растительность — характерные ассоциации, их видовой состав, ландшафтная приуроченность. Сорная растительность. Продуктивность кормовых угодий. Связь растительных группировок с почвами.

#### 6. *Почвенный покров:*

*общая характеристика почвенного покрова*. Положение в системе почвенно-географического районирования, основные особенности;

*характеристика почв*. Систематический список почв. Для каждого типа — наименование, распространенность, условия залегания, строение типичного профиля, общая генетическая и агрономическая характеристика; в пределах типов — встречающиеся роды, виды, категории по смытости (намытости и т. д.), их распространенность, условия залегания, диагностические признаки, строение профиля, генетические и агрономические особенности (в том числе лимитирующие факторы), возможности использования и мероприятия по устранению лимитирующих факторов;

*структура почвенного покрова*. Класс микроПК (ЭПА), компонентный состав, доленое участие компонентов, распространенность, ландшафтная приуроченность, факторы дифференциации компонентов, лимитирующие

факторы (степень контрастности и сложности), возможности использования и преодоления лимитирующих факторов;

*агроэкологическая группировка ЭПС.*

7. *Агроэкологическая группировка ЭАА. Легенда ПЛК.*

III. *Оценка почвенно-ландшафтных условий. Легенда карты типов земель.*

*Приложения.*

Приложение 1. Ведомость результатов механического анализа почв.

Приложение 2. Ведомость результатов химического анализа почв.

Приложение 3. Ведомость морфологических признаков почв.

Приложение 4. Детальные карты ключевых площадок.

Приложение 5. Ведомость контуров ПЛК.

*Список литературы.*

#### **4.6. Использование ГИС-технологий при почвенно-ландшафтном картографировании земель и обобщении материалов их агроэкологической оценки**

Применительно к задачам почвенно-ландшафтного картографирования геоинформационная система (ГИС) представляет собой программно-аппаратный комплекс, основой которого являются цифровые карты с привязанными к ним базами данных.

ГИС состоит из двух больших блоков: электронные карты с базами данных и средства обеспечения функционирования ГИС. Последние разделяются на аппаратные (компьютеры, локальные сети, мониторы, принтеры, плоттеры, сканеры, GPS-системы и т.п.), программные (программы для построения ГИС – MapInfo, ArcView, ArcInfo, Ergas Imaging и др.) и человеческие (операторы, создающие и поддерживающие ГИС).

Применение ГИС для агроэкологической оценки земель позволяет перевести на новую качественную основу решение этой сложной проблемы, особенно при проектировании интенсивных систем земледелия и агротехнологий, не говоря уже о высоких агротехнологиях и адаптивно-ландшафтных системах земледелия высокой точности. Создание землеоценочной основы для точных систем земледелия практически невозможно без ГИС-технологий.

Важнейшие достоинства ГИС:

легкость обработки больших объемов информации (ГИС представляет широкие возможности по комбинации, сортировке, выборке данных, легко рассчитываются площади и параметры контуров);

большая наглядность представления информации, достигаемая созданием большого числа тематических карт;

возможность автоматизации процесса создания карт;

легкость внесения изменений, возможность создания систем автоматического внесения изменений в базу данных;

возможность широкого использования информации, поступающей от средств дистанционного зондирования земли (авиационных и космических);

большая точность карт, особенно при использовании систем глобального позиционирования (GPS);

возможность создания диалоговых справочно-консультативных систем; удобство хранения, копирования, воспроизводства информации на любых носителях, более высокая надежность хранения информации.

Использование ГИС-технологий при почвенно-ландшафтном картографировании связано, прежде всего, с оцифровкой картографического материала. Используется несколько методик оцифровки в зависимости от имеющегося оборудования, программного обеспечения и квалификации персонала. Общими позициями являются сканирование топографической основы и присвоение координат получившемуся растровому изображению. Выбор координатной системы зависит от топографической основы. Если на основе имеется координатная сетка, то проектирование ведут в координатной системе топографической основы, при использовании GPS-систем применяют значения, полученные с помощью GPS-приемников. Одновременно сканируется и регистрируется план внутрихозяйственного землеустройства.

Далее создается электронная геоморфологическая карта. Существует несколько вариантов ее создания: оцифровка топографической основы с получением трехмерной цифровой карты рельефа либо оцифровка предварительно изготовленной вручную на бумажной топографической основе карты форм и элементов рельефа. Первый вариант более точен и нагляден, в перспективе он открывает широкие возможности по автоматическому проектированию, однако он, как правило, значительно более трудоемок и предъявляет высокие требования к программно-аппаратному обеспечению и квалификации персонала. Второй вариант менее точен, но значительно проще в исполнении. Оцифровка бумажного оригинала может осуществляться также двумя способами: ручной отрисовкой контуров на зарегистрированной топографической основе или зарегистрированной отсканированной карте либо автоматически с применением векторизаторов, оцифровывающих отсканированную с кальки сетку контуров. Одновременно с картой форм и элементов рельефа оцифровывается полученная в результате проведенного картирования почвенная карта, а также на базе плана внутрихозяйственного землеустройства создаются электронные карты существующих полей севооборота, границ хозяйства, посторонних землепользователей, дорог, лесополос, гидрографической сети и водоемов, сенокосов и пастбищ, производственных площадей.

Результаты этой работы представляются в виде комплекса электронных карт:

мезорельефа (с показом мезоформ рельефа, форм склонов);

крутизны склонов;

экспозиции склонов (теплые, холодные, нейтральные);

микрорельефа (с показом контуров с преобладанием тех или иных форм

микрорельефа, имеющих агрономическое значение);

микrokлимата;

уровня грунтовых вод, их минерализации и состава;

почвообразующих и подстилающих пород;

микроструктур почвенного покрова;

- содержания гумуса в почве;
- обеспеченности подвижными формами элементов минерального питания растений и микроэлементами;
- значения рН почв;
- физических свойств почв;
- загрязнения тяжелыми металлами, радионуклидами и другими токсикантами;
- эродированности почв, подверженности эрозии и другим видам физической деградации (оползней, селей и др.);
- переувлажнения и заболоченности почв, в том числе вторичного гидроморфизма, подтопления, мочарообразования и др.;
- засоленности почв (типов и степени засоления);
- солонцеватости почв;
- растительного покрова с оценкой состояния естественных кормовых угодий;
- лесной растительности с оценкой состояния природных лесов и лесных насаждений;
- распределения полезных видов животных, птиц, энтомофагов с оценкой их территориального влияния;
- фитосанитарного состояния посевов и др.

Число электронных тематических карт-слоев зависит от сложности ландшафтно-экологических условий и уровня интенсификации производства.

Каждая электронная карта имеет базу данных, содержащую соответствующую тематике карты информацию по каждому контуру. Например, база данных электронной карты микроструктур почвенного покрова может содержать следующую информацию: номер контура, индекс и полное название почвенной комбинации, соотношение почв в СПП, степень сложности и контрастности, положение в геохимическом ландшафте, геохимические барьеры, агроэкологические параметры почв.

Все электронные карты имеют единую систему координат, привязанную к отсканированной топографической основе масштаба 1:10000.

Путем взаимного наложения тематических электронных карт-слоев формируется комплексная карта агроэкологических групп и видов земель, т. е. элементарных ареалов агроландшафта.

Сначала выделяют группы земель по условиям рельефа, накладывая карту распределения склонов по уклонам на почвенную карту, затем накладывают карты переувлажненных и солонцовых земель, выделяя группы по степени переувлажнения и развития солонцового процесса. Аналогично могут выделяться группы засоленных, литогенных и других земель. Далее, используя карты эродированных, переувлажненных, солонцеватых земель, карты распределения склонов по формам и экспозициям, карту развития форм микрорельефа, внутри агроэкологической группы выделяют виды земель. К отрисованной карте агроэкологических групп и видов земель привязывается база данных. Эта карта сопровождается пояснительной запиской, в которой, помимо разъяснительных комментариев, дается анализ современного использования земель и экологических последствий. При этом особое внимание уделяется идентификации очагов деградации: оврагообразования, лег-

рессии пастбищ, различных проявлений вторичного гидроморфизма и засоления почв, оползней, карстов, селей, загрязнения токсичными веществами, отходами производства и быта, промышленного нарушения почвенного покрова и т.д. Даются оценка состояния гидрографической сети, хозяйственных водоемов, заиления рек и озер, загрязнения поверхностных и грунтовых вод, характеристика поверхностного и грунтового стока. Эта оценка сопровождается анализом причин деградации и загрязнения ландшафтов, влияния хозяйственного использования земель на состояние водных источников. Указываются источники загрязнения земель и вод. Анализируется влияние осушительных и оросительных мелиораций на состояние мелиорируемых земель и смежных ландшафтов. Дается характеристика лесистости, состояния лесных насаждений, их влияния на посевы с точки зрения микроклимата, фитосанитарных условий, урожайности в связи с различным их состоянием. Дается анализ состояния естественных кормовых угодий в связи с их использованием. Характеризуются переложные, залежные участки земель, выявляется состояние водоохраных зон, прибрежных полос.

Карта агроэкологических групп и видов земель с базой данных и пояснительной запиской является основным заключительным документом изыскательских работ. В ней содержится вся необходимая информация для принятия проектных решений по размещению сельскохозяйственных культур, дифференциации технологий их возделывания при различных уровнях интенсификации производства, оптимальной организации территории с учетом ландшафтных связей, т. е. формирования систем земледелия. Эта информация необходима и достаточна также для проектирования животноводства, решения социально-экологических задач, т. е. для разработки проекта внутрихозяйственного землеустройства (проекта сельскохозяйственного производства).

Применение ГИС-технологий для агроэкологической оценки земель и почвенно-ландшафтного картографирования требует соответствующего базового и аппаратного обеспечения. Из существующего разнообразия программного обеспечения ГИС выделяются два пакета, имеющие наиболее широкое распространение как в России, так и в мире. Это пакеты ArcInfo (и его сильно облегченная версия Arc View) и MapInfo. В настоящее время представляется более предпочтительным использование программы MapInfo, отличающейся большими возможностями по созданию различных ГИС, относительно невысокой стоимостью, удачной русификацией, совместимостью с другими распространенными программами ГИС и всеми распространенными версиями операционной системы Windows, широкой поддержкой и частым выходом новых версий. Необходимо отметить, что в России MapInfo во многом стала стандартом «де-факто» в области создания ГИС.

Кроме программы ГИС, необходимы соответствующая операционная система (MS Windows 2000/XP Pro или другими), офисный пакет (как правило, MS Office), графический редактор (как правило, Adobe Photoshop), программа для записи дисков и антивирус. Значительно облегчают работу по оцифровке карт программы-векторизаторы (например, Easy Trace).



## 5. БОНИТИРОВКА ПОЧВ И ОЦЕНКА ПРОДУКТИВНОСТИ ЗЕМЕЛЬ

Бонитировка почв представляет собой сравнительную количественную оценку их производительности при определенном уровне интенсивности земледелия. Величины баллов бонитетов почв должны быть пропорциональны урожайности определенных сельскохозяйственных культур (или групп культур, близких по экологическим требованиям), в отношении которых проводится бонитировка почв.

Балл бонитета почвы показывает отношение ее плодородия для данной сельскохозяйственной культуры к плодородию лучшей из распространенных почв пашни, на которых возделывается эта культура, при сопоставимом уровне интенсивности земледелия.

Основой для расчета баллов бонитета почв для отдельных сельскохозяйственных культур является почвенно-экологический индекс (ПЭИ), характеризующий в относительных величинах (индексы, баллы, коэффициенты и т. п.) комплекс агроэкологических условий для возделывания культур [66].

В соответствии с этим вычислены баллы бонитетов для ведущих сельскохозяйственных культур, возделываемых на территории России, а именно: зерновых, сахарной свеклы, подсолнечника и многолетних трав.

Шкала баллов бонитета имеет стобальную основу. Это означает, что балл бонитета почв, на которых данная культура широко возделывается и занимает значительные площади, не должен превышать 100. Однако отдельные малораспространенные почвы в ареале широкого возделывания данной культуры могут иметь более высокий балл.

Для сопоставления балльной оценки почв и величины урожайности используется понятие «урожайная цена балла бонитета».

Урожайная цена балла бонитета представляет собой отношение величины урожайности данной сельскохозяйственной культуры (группы культур) в килограммах или центнерах на гектар к баллу бонитета почвы в отношении той же культуры и рассчитывается по формуле

$$Ц_6 = У : Б, \quad (5.1)$$

где  $Ц_6$  — урожайная цена балла бонитета;

$У$  — урожайность, кг/га или ц/га;

$Б$  — балл бонитета.

В почвенном институте им. В.В. Докучаева разработаны общероссийские бонитировочные шкалы почв [66]. При проведении бонитировки учитывались не только свойства почв, но и климатические показатели: сумма температур за вегетационный период, коэффициенты увлажнения, континентальности климата. Формулы расчета баллов бонитета составлены Кармановым И. И. (для зональных почв и различных культур).

Для зерновых культур:

$$Б_3 = 8,2 \cdot V \sum t^{\circ} > 10^{\circ} \cdot КУ : (КК + 70). \quad (5.2)$$

Для многолетних трав:

$$Б_3 = 5,9 \cdot V_2 \cdot (\sum t^{\circ} > 10^{\circ} + 2000) \cdot (КУ - 0,1) : (КК + 100). \quad (5.3)$$

В этих формулах  $B_z$  — балл бонитета зональной почвы (недеградированной).

Множитель 8,2 (как аналогичные множители в других формулах) представляет собой коэффициент пропорциональности и введен для того, чтобы сделать шкалу стобалльной, т. е. чтобы наилучшему сочетанию почвенно-климатических условий соответствовал балл бонитета, равный 100. Эти множители одинаковы во всех случаях расчета по данной формуле и не изменяют соотношений баллов бонитета.

$V$  — суммарный показатель свойств почв;

$\Sigma t^{\circ} > 10^{\circ}$  — среднегодовая сумма температур выше  $10^{\circ}\text{C}$ ;

$KU$  — коэффициент увлажнения по Иванову;

$KK$  — коэффициент континентальности по Иванову (величины этого коэффициента более 200 принимают равными 200).

В связи с тем, что в условиях Восточной Сибири и Дальнего Востока сельскохозяйственные растения требуют для созревания меньших сумм температур выше  $10^{\circ}\text{C}$  (примерно на  $200^{\circ}$ ), для территорий к востоку от Енисея к фактическим суммам температур выше  $10^{\circ}\text{C}$  при расчетах по приведенной формуле следует прибавлять 200 (для Красноярского края западнее Енисея — 100).

За 100 баллов при расчете по этим формулам приняты показатели для слабывщелоченных сверхмощных черноземов центральной части Краснодарского края.

Для зерновых культур значение  $KU$  более 0,9 принимается равным 0,9; для многолетних трав значения более 1,0 принимаются равными 1,0

$$V_2 = (V+1)/2.$$

Величины 70, 100 в дополнение к коэффициентам континентальности приведены в связи с тем, что снижение урожайности происходит не параллельно усилению континентальности климата, а в более слабой степени.

Величины  $V$  для основных почв приведены в табл. 5.1.

**5.1. Расчетные величины суммарного показателя свойств почв ( $V$ ) для основных зональных и других почв суглинистого гранулометрического состава**

Почвы	$V$	Почвы	$V$
Подзолы и подзолистые	0,67	Черноземы обыкновенные	0,96
Дерново-подзолистые	0,73	Черноземы южные	0,92
Бурые лесные	0,81	Лугово-черноземные лесостепи	0,92
Светло-серые лесные	0,78	Лугово-черноземные степной зоны	0,96
Серые лесные	0,81	Темно-каштановые	0,86
Темно-серые	0,86	Каштановые	0,81
Черноземы оподзоленные	0,92	Светло-каштановые	0,78
Выщелоченные	0,96	Лугово-каштановые	0,90
Типичные	1,0	Коричневые	0,85

Величины V разработаны на основе анализа связей почвенно-климатических факторов с урожайностью сельскохозяйственных культур и обобщения материалов региональных почвенных исследований.

В табл. 5.2-5.10 приводятся такие баллы по природным зонам, экономическим районам, субъектам РФ и основным почвам. Баллы бонитета могут быть использованы при оценке эффективности использования пахотных угодий, расчета рентных платежей и других показателей (в большей мере экономических), характеризующих эффективность уровня хозяйственной деятельности (табл. 5.2-5.4).

### 5.2. Зерновые культуры. Баллы бонитетов почв южнотаежно-лесной зоны

Субъект РФ	Дп/т.с.	Дп ср.+т.с.	Дп/сп.	Дп/п.	Дк/суг.
<i>Северо-Западный федеральный округ</i>					
Республика Коми (юг)	31-33	35-37	27-29	19-20	46-49
Архангельская область (юг)	31-33	35-37	27-29	19-20	46-49
Вологодская область (север, восток)	33-34	37-38	29-30	20-21	49-50
Вологодская область (юг, запад)	36-40	41-45	32-35	23-25	54-59
Калининградская область	55-56	62-64	49-50	34-35	82-85
Ленинградская область (север, восток)	35-38	40-43	31-34	22-24	53-57
Ленинградская область (юг, запад)	41-43	46-49	36-38	25-27	61-65
Новгородская область	41-43	46-49	36-38	25-27	61-65
Псковская область	44-46	50-52	39-41	28-29	66-69
<i>Центральный федеральный округ</i>					
Брянская область	47-48	53-56	41-44	29-30	70-74
Владимирская область	39-41	44-47	34-37	24-26	58-62
Ивановская область	38-40	43-46	33-36	24-25	57-61
Калужская область	43-47	49-53	38-41	27-29	65-70
Костромская область	35-39	40-44	31-34	22-24	53-58
Московская область	41-44	47-50	37-39	26-28	-
Рязанская область	44-45	50-52	39-41	28-29	66-69
Смоленская область	43-45	49-51	38-40	27-28	-
Тверская область	40-44	45-50	35-39	25-28	59-66
Ярославская область	40-41	45-46	35-36	25-26	-
<i>Приволжский федеральный округ</i>					
Республика Марий Эл	38-40	43-46	34-36	24-25	57-61
Удмуртская Республика	34-37	38-42	30-32	21-23	50-55
Кировская область	33-37	38-43	30-33	21-23	50-57
Нижегородская область	37-41	42-47	33-37	23-26	-
Пермская область	33-35	36-39	28-30	20-21	48-51

Продолжение табл. 5.2

Субъект РФ	Дп/т.с.	Дп ср.+лс.	Дп/сп.	Дп/п.	Дк/суг.
<i>Уральский федеральный округ</i>					
Свердловская область	31-32	34-35	27-28	19-20	-
Тюменская область	32-34	37-39	29-31	20-22	-
<i>Сибирский федеральный округ</i>					
Красноярский край	30-32	34-36	27-28	19-20	45-48
Иркутская область	27-28	31-33	24-26	17-19	41-44
Омская область	28-30	33-35	26-28	18-20	-
Томская область	27-29	32-34	25-27	18-19	-

Условные обозначения: Дп — дерново-подзолистые почвы; Дк — дерново-карбонатные; т.с. — тяжелосуглинистые; ср.+лс. — средне- и легкосуглинистые; сп. — супесчаные; п. — песчаные; суг. — суглинистые.

### 5.3. Зерновые культуры. Баллы бонитетов почв лесостепной зоны

Субъект РФ	Лсв	Лс	Лтс	Чоп	Чв	Чт
<i>Центральный федеральный округ</i>						
Белгородская область	-	-	63-67	70-71	73-74	74-75
Брянская область	57-59	59-61	-	-	-	-
Владимирская область	50-52	52-54	-	-	-	-
Воронежская область	-	-	-	-	68-69	68-69
Калужская область	54-55	56-58	-	-	-	-
Курская область	58-60	60-62	64-66	68-69	71-72	72-73
Липецкая область	-	58-60	61-63	65-66	67-68	68-69
Орловская область	-	57-59	60-62	65-67	68-70	-
Рязанская область	54-56	56-58	59-60	63-64	65-66	-
Тамбовская область	-	-	-	-	65-66	66-67
Тульская область	53-55	56-57	58-61	63-64	66-67	-
<i>Приволжский федеральный округ</i>						
Республика Башкортостан	45-48	49-51	51-53	55-56	55-56	53-55
Республика Марий Эл	48-50	51-53	-	-	-	-
Республика Мордовия	54-55	56-57	58-59	61-62	63-64	-
Республика Татарстан	47-48	49-50	51-52	55-56	56-57	54-55
Чувашская Республика	52-54	54-56	57-58	60-61	62-63	-
Кировская область	44-45	46-47	-	-	-	-
Нижегородская область	52-54	54-56	56-58	59-60	61-63	-
Пензенская область	-	56-57	58-59	60-61	60-61	60-61
Самарская область	-	-	-	-	54-55	52-53
Саратовская область	-	-	-	-	56-58	56-57
Ульяновская область	49-50	50-52	52-53	55-56	57-58	56-57
<i>Южный федеральный округ</i>						
Республика Ингушетия	-	-	-	-	88-95	90-94

Продолжение табл. 5.3

Субъект РФ	Лсв	Лс	Лтс	Чоп	Чв	Чт
Кабардино-Балкарская Республика	-	-	-	-	86-95	87-95
Республика Северная Осетия-Алания	-	-	-	-	87-93	86-89
Чеченская Республика	-	-	-	-	88-95	90-94
Краснодарский край	-	-	70-72	-	93-100а	85-92 б
Ставропольский край	-	-	-	-	-	82-84
<i>Приволжский федеральный округ</i>						
Удмуртская Республика	46-47	48-50	-	-	-	-
Оренбургская область	-	-	-	-	51-53	50-51
Пермская область	42-44	45-46	47-48	51-53	53-55	-
<i>Уральский федеральный округ</i>						
Курганская область	-	-	-	48-51	49-51	-
Свердловская область	40-42	41-43	44-46	51-53	53-55	-
Тюменская область	41-42	42-44	44-46	47-49	48-50	-
Челябинская область	42-44	44-46	46-48	51-52	53-55	52-54
<i>Сибирский федеральный округ</i>						
Алтайский край	-	44-46	46-48	50-54	52-58	53-57
Красноярский край	39-40	41-43	45-46	47-49	49-51	-
Иркутская область	35-37	37-39	40-41	43-44	45-46	-
Кемеровская область	38-39	40-41	43-45	49-51	51-53	51-53
Новосибирская область	36-37	38-40	42-43	45-47	46-50	-
Омская область	36-37	38-40	42-43	43-45	45-47	-
Томская область	37-38	39-40	42-43	46-48	-	-

Условные обозначения: Лсв — светло-серые лесные; Лс — серые лесные; Лт — темно-серые лесные; Чоп — черноземы оподзоленные; Чв — то же, выщелоченные; Чт — то же, типичные; а — чернозем слабывщелочный сверхмощный; б — чернозем карбонатный сверхмощный.

Анализ баллов бонитета зональных почв позволяет выявить следующие общие географические закономерности плодородия почв (в отношении зерновых культур без орошения).

1. В зональном аспекте к наиболее плодородным почвам относятся черноземы лесостепи. В направлении к северу и югу от них плодородие почв для зерновых культур снижается.

2. В провинциальном аспекте наиболее плодородными являются почвы западных провинций. В направлении к востоку в границах одних и тех же природных зон плодородие почв снижается, причем темп снижения выше до Поволжья, а далее, к востоку, выравнивается.

Следует заметить, что в направлении с запада на восток наблюдается «смещение» наиболее плодородных почв в зональном плане (от типичных черноземов к выщелоченным) вследствие ухудшения условий увлажнения и некоторого изменения соотношения тепла и влаги.

## 5.4. Зерновые культуры. Баллы бонитетов почв степной и сухостепной зон

Субъект РФ	Чоб	Чю	Кт	К	Ксв
<i>Центральный федеральный округ</i>					
Белгородская область	61-63	-	-	-	-
Воронежская область	55-58	50-52	-	-	-
<i>Южный федеральный округ</i>					
Республика Калмыкия	-	48-50	38-42	30-34	24-28
Краснодарский край	73-77	-	-	-	-
Ставропольский край	67-71	53-57	42-46	33-37	24-28
Волгоградская область	51-56	42-47	29-36	24-31	20-23
Ростовская область	57-62	49-55	36-40	-	-
<i>Приволжский федеральный округ</i>					
Республика Башкортостан	42-44	-	-	-	-
Оренбургская область	41-44	33-36	26-29	-	-
Самарская область	42-45	34-37	29-31	-	-
Саратовская область	46-51	37-42	27-31	21-25	18-20
<i>Уральский федеральный округ</i>					
Курганская область	41-43	-	-	-	-
Тюменская область	40-42	-	-	-	-
Челябинская область	41-43	-	-	-	-
<i>Сибирский федеральный округ</i>					
Республика Бурятия	32-35	26-29	22-24	-	-
Алтайский край	40-46	31-34	25-28	-	-
Красноярский край	38-40	29-32	24-26	-	-
Новосибирская область	39-42	31-33	-	-	-
Омская область	39-41	32-34	-	-	-
Читинская область	34-36	28-31	23-25	-	-

Общие географические закономерности плодородия почв в отношении сахарной свеклы (без орошения) аналогичны закономерностям для зерновых культур. В зональном аспекте наиболее плодородными почвами являются черноземы лесостепи, в провинциальном — черноземы западной части лесостепной зоны, наиболее благоприятные для возделывания сахарной свеклы в связи с наилучшим соотношением тепла и влаги, их достаточным количеством, длинным вегетационным периодом, низкой величиной континентальности климата. На серых лесных почвах условия возделывания этой культуры заметно ухудшаются за счет менее плодородных почв и худших условий теплообеспеченности. На черноземах обыкновенных условия возделывания сахарной свеклы значительно ухудшаются за счет недостатка влаги, к тому же их плодородие примерно на 20% ниже типичных черноземов смежных территорий, поэтому баллы бонитетов не рассчитывались (табл. 5.5).

## 5.5. Сахарная свекла. Баллы бонитетов почв лесостепной зоны

Субъект РФ	Лсв	Лс	Лтс	Чоп	Чв	Чт
<i>Центральный федеральный округ</i>						
Белгородская область	-	-	64-66	68-70	71-73	74-77
Брянская область	51-53	55-57	59-61	-	-	-
Воронежская область	-	-	-	-	68-70	66-68
Курская область	-	-	61-63	66-69	70-72	74-76
Липецкая область	-	-	58-60	64-66	65-67	66-68
Орловская область	-	53-55	57-59	61-63	63-65	-
Рязанская область	-	-	54-56	57-59	61-63	-
Тамбовская область	-	-	-	-	61-63	63-65
Тульская область	-	-	55-57	58-60	62-64	-
<i>Южный федеральный округ</i>						
Республика Ингушетия	-	-	-	-	84-86	78-80 6
Кабардино-Балкарская Республика	-	-	-	-	84-87	86-89
Республика Северная Осетия-Алания	-	-	-	-	84-86	78-80 6
Чеченская Республика	-	-	-	-	84-86	78-80 6
Краснодарский край	-	-	-	-	87-89 а	75-77 6
<i>Сибирский федеральный округ</i>						
Алтайский край	-	-	-	-	47-49	48-50

Урожайность подсолнечника (на зерно) в основном арсале его распространения возрастает пропорционально росту теплообеспеченности, но при увеличении сухости климата снижается медленнее, чем урожайность зерновых культур. Арсал его возделывания значительно меньше, чем зерновых культур, районы распространения ограничены в основном черноземной зоной, а также подзоной темно-каштановых почв и отчасти серых лесных (в наиболее теплых регионах этой подзоны). В зональном аспекте наиболее плодородными почвами для возделывания подсолнечника являются типичные черноземы. При переходе к выщелоченным и оподзоленным черноземам продуктивность подсолнечника заметно снижается (примерно на 5-10% в сравнении с типичными). На серых лесных почвах продуктивность подсолнечника снижается уже на 20%, а в направлении от типичных к обыкновенным черноземам примерно на 5% (в крайне засушливых — на 10%). Происходит это из-за ухудшения увлажнения, хотя теплообеспеченность возрастает, но нарушается соотношение тепла и влаги. Продуктивность подсолнечника снижается, соответственно, на южных черноземах в среднем на 15%, на

темно-каштановых почвах — на 10-20%. В провинциальном аспекте продуктивность культуры снижается во всех подзонах черноземов и темно-каштановых почв в среднем в 2 раза в направлении с запада на восток (до Алтайского края) (табл. 5.6).

### 5.6. Подсолнечник. Баллы бонитетов почв лесостепной зоны

Субъект РФ	Лс	Лтс	Чоп	Чв	Чт
<i>Центральный федеральный округ</i>					
Белгородская область	-	59-61	63-65	67-69	71-74
Воронежская область	-	-	-	66-68	69-71
Липецкая область	-	-	61-63	64-66	67-69
Тамбовская область	-	-	-	62-64	66-68
<i>Приволжский федеральный округ</i>					
Республика Башкортостан	-	-	50-52	51-53	53-55
Оренбургская область	-	-	-	54-56	57-59
Пензенская область	-	-	57-59	60-61	61-63
Самарская область	-	51-53	55-57	58-65	60-62
Саратовская область	-	-	-	60-62	63-65
Ульяновская область	-	-	55-56	57-59	60-61
<i>Южный федеральный округ</i>					
Краснодарский край	-	-	-	95-100	88-90
Ставропольский край	-	-	-	-	86-88
<i>Сибирский федеральный округ</i>					
Алтайский край	-	-	-	46-48	49-52

### 5.7. Подсолнечник. Баллы бонитетов почв степной и сухостепной зон

Субъект РФ	Чоб	Чю	Кт	К
<i>Центральный федеральный округ</i>				
Белгородская область	69-71	-	-	-
Воронежская область	65-67	-	-	-
<i>Южный федеральный округ</i>				
Республика Калмыкия	-	61-63	50-53	42-44
Краснодарский край	84-86	-	-	-
Ставропольский край	81-83	64-66	51-53	41-43
Ростовская область	73-75	61-63	50-52	-
<i>Приволжский федеральный округ</i>				
Республика Башкортостан	51-53	-	-	-
Оренбургская область	50-52	39-41	32-35	-
Самарская область	51-54	44-46	39-41	-
Саратовская область	58-59	47-50	38-40	33-34
Волгоградская область	63-65	54-57	41-47	-
<i>Сибирский федеральный округ</i>				
Алтайский край	-	-	46-48	49-52

Продуктивность многолетних трав в сравнении с зерновыми культурами в значительной степени зависит от влагообеспеченности и в меньшей степе-



ни от теплообеспеченности и континентальности климата. В зональном аспекте к наиболее плодородным почвам при возделывании многолетних трав относятся черноземы лесостепи, а также серые лесные почвы (табл. 5.8-5.10).

### 5.8. Многолетние травы. Баллы бонитетов почв южнотаежной лесной зоны

Субъект РФ	Дп/т.с.	Дп/ср.+л	Дп/сп	Дп/п.
<i>Северо-Западный федеральный округ</i>				
Республика Коми (юг)	60-62	62-64	51-53	37-38
Архангельская область (юг)	61-62	63-64	52-53	37-38
Вологодская область (север, восток)	62-63	65-66	53-54	39-40
Вологодская область (запад, юг)	65-67	68-70	56-57	41-42
Калининградская область	84-86	87-89	71-73	52-53
Ленинградская область (север, восток)	65-68	68-71	56-58	41-43
Ленинградская область (юг, запад)	70-73	73-76	60-62	44-46
Новгородская область	70-75	73-78	60-64	44-47
Псковская область	75-76	78-79	64-65	47-48
<i>Центральный федеральный округ</i>				
Брянская область	73-75	76-78	62-64	46-47
Владимирская область	67-70	70-73	57-60	42-44
Ивановская область	67-68	70-71	57-58	42-43
Калужская область	70-73	73-76	60-62	44-46
Костромская область	63-65	66-68	54-56	40-41
Московская область	69-71	72-74	59-61	43-44
Рязанская область	69-72	72-75	59-62	44-45
Смоленская область	72-73	75-76	61-62	45-46
Тверская область	68-71	71-74	58-61	43-44
Ярославская область	67-68	70-71	57-58	42-43
<i>Приволжский федеральный округ</i>				
Республика Марий Эл	63-66	66-69	54-57	40-41
Удмуртская Республика	60-62	62-64	51-53	37-38
Кировская область	61-63	63-66	52-54	38-40
Нижегородская область	65-69	68-72	56-59	41-43
Пермская область	57-60	59-62	48-51	35-37
<i>Уральский федеральный округ</i>				
Омская область	53-55	55-57	45-47	31-34
Свердловская область	57-59	59-61	48-50	35-36
Томская область	53-55	55-57	45-47	31-34
Тюменская область	56-58	58-60	48-49	35-36
<i>Сибирский федеральный округ</i>				
Республика Бурятия	47-49	49-51	40-42	30-31
Красноярский край	50-52	52-54	43-44	31-32
Иркутская область	49-51	51-53	42-43	31-32

В приведенных таблицах (5.2.-5.10) отражены зональные баллы бонитетов наиболее распространенных, условно «недеградированных» почв. Для деградированных почв применяются полправочные коэффициенты на характер и степень деградации, например, на степень проявления водной эрозии почв (табл. 5.11).

### 5.9. Многолетние травы. Баллы бонитетов почв лесостепной зоны

Субъект РФ	Лсв	Лс	Лтс	Чоп	Чв	Чт
<i>Центральный федеральный округ</i>						
Белгородская область	-	-	72-74	74-76	75-77	74-76
Брянская область	78-78	78-80	-	-	-	-
Владимирская область	72-74	-	-	-	-	-
Воронежская область	-	-	-	-	70-72	68-70
Калужская область	75-77	77-79	-	-	-	-
Курская область	76-78	78-80	79-81	81-83	80-82	77-79
Липецкая область	-	70-72	71-73	72-74	72-74	70-72
Орловская область	-	76-78	78-80	80-82	79-81	-
Рязанская область	72-74	73-75	74-76	75-77	74-76	-
Тамбовская область	-	-	-	-	70-72	69-71
Тульская область	74-76	76-78	77-79	79-81	78-80	-
<i>Южный федеральный округ</i>						
Краснодарский край	-	-	-	-	83-86 а	73-75 б
Ставропольский край	-	-	-	-	-	72-74
<i>Приволжский федеральный округ</i>						
Республика Башкортостан	58-60	59-61	60-62	61-63	59-61	57-59
Республика Марий Эл	68-70	69-71	-	-	-	-
Республика Мордовия	68-70	70-72	71-73	71-73	71-73	-
Республика Татарстан	58-60	59-61	60-62	61-63	60-62	58-60
Удмуртская Республика	64-66	65-67	-	-	-	-
Чувашская Республика	67-69	68-70	69-71	70-72	70-72	-
Кировская область	63-65	63-65	-	-	-	-
Нижегородская область	70-72	71-73	72-74	73-75	72-74	-
Оренбургская область	-	-	-	-	55-57	52-54
Пензенская область	65-67	66-68	67-69	68-70	66-68	63-65
Пермская область	63-65	64-66	66-68	-	-	-
Самарская область	-	-	57-59	57-59	55-57	53-55

Продолжение табл. 5.9

Субъект РФ	Лсв	Лс	Лтс	Чоп	Чв	Чт
Саратовская область	-	-	-	-	57-59	55-57
Ульяновская область	60-62	61-63	62-64	62-64	60-62	58-60
<i>Уральский федеральный округ</i>						
Курганская область	-	-	-	-	55-57	54-56
Свердловская область	61-63	62-64	63-65	63-65	63-65	-
Тюменская область	54-56	56-58	58-60	58-60	56-58	-
Челябинская область	55-57	56-58	57-59	58-60	57-59	55-57
<i>Сибирский федеральный округ</i>						
Республика Бурятия	47-49	48-50	49-51	-	48-50	-
Алтайский край	-	58-60	59-61	61-63	61-63	60-62
Красноярский край	53-55	54-56	55-57	57-59	57-59	-
Иркутская область	49-51	51-53	53-55	53-55	53-55	-
Кемеровская область	59-61	60-62	62-64	65-67	66-68	66-68
Новосибирская область	-	53-55	54-56	54-56	53-55	-
Омская область	-	51-53	52-54	53-55	51-53	-
Томская область	57-59	59-61	60-62	-	-	-
Читинская область	49-51	50-52	51-53	-	51-53	-

## 5.10. Многолетние травы. Баллы бонитетов почв степной и сухостепной зон

Субъект РФ	Чоб	Чю	Кт	К	Ксв
<i>Центральный федеральный округ</i>					
Белгородская область	60-62	-	-	-	-
Воронежская область	54-56	-	-	-	-
<i>Южный федеральный округ</i>					
Республика Калмыкия	-	41-43	33-35	26-28	21-22
Краснодарский край	61-65	-	-	-	-
Ставропольский край	59-61	43-45	32-34	23-25	19-20
Волгоградская область	52-54	42-44	28-33	22-26	17-21
Ростовская область	55-59	42-46	32-35	26-28	21-22
<i>Приволжский федеральный округ</i>					
Республика Башкортостан	46-48	-	-	-	-
Оренбургская область	40-43	32-35	24-26	-	-
Самарская область	41-44	34-36	28-30	-	-
Саратовская область	47-51	37-41	25-27	19-20	17-18
<i>Уральский федеральный округ</i>					
Курганская область	39-41	-	-	-	-
Тюменская область	46-48	-	-	-	-
Челябинская область	40-42	31-33	-	-	-
<i>Сибирский федеральный округ</i>					
Республика Бурятия	42-44	31-33	25-27	-	-
Алтайский край	42-44	32-34	26-28	-	-
Красноярский край	40-42	32-34	25-27	-	-
Новосибирская область	44-46	34-36	-	-	-
Омская область	40-42	34-36	-	-	-
Читинская область	42-44	31-33	25-27	-	-

## 5.11. Поправочные коэффициенты на степень проявления водной эрозии почв

Зоны, подзоны	Почвы		
	слабосмы- тые	среднесмы- тые	сильносмытые
Северной, средней и южной тайги	0,81	0,66	0,45
Серых лесных почв	0,83	0,68	0,46
Черноземов:			
лесостепи и степи	0,86	0,69	0,47
сухой степи	0,82	0,67	0,46

Примечания: 1. На слабосмытых почвах коэффициенты для пропашных культур уменьшаются на 0,05.

2. Среднесмытые почвы используются под пропашные культуры только в случае производственной необходимости (пятна на поле севооборота). В этом случае коэффициент для них снижается на 0,10.

3. Сильносмытые почвы относятся к непахотнотригодным и могут использоваться только при производственной необходимости (мелкие пятна на фоне других почв).

Данная бонитировка соответствует условиям экстенсивного земледелия, рассчитанного в основном на использование естественного плодородия почв преимущественно при экстенсивных технологиях возделывания сельскохозяйственных культур с весьма ограниченным применением агрохимических ресурсов и низкой эффективностью вследствие некомплексного, несбалансированного их применения.

Рассмотренные материалы пригодны для общей оценки естественного плодородия почв в первом приближении. Их можно использовать при определении кадастровой стоимости сельскохозяйственных угодий. При повышении технологического уровня земледелия, применении удобрений и других средств интенсификации картина будет по-разному изменяться для различных культур, зон, провинций, местных условий увлажнения почв. В частности, с повышением уровня интенсификации возделывания зерновых культур относительная цена балла будет значительно сдвигаться в сторону повышения условий влагообеспеченности.

Для проектирования агротехнологий нужны фактические данные урожайности и качества продукции при различных уровнях интенсификации. Наиболее адекватные сведения для этой цели получают путем многолетних полевых экспериментов с возрастающей обеспеченностью агрохимическими ресурсами. Такие данные используются в ряде региональных научных центров. Необходимо развитие сети полевых многофакторных опытов, в том числе географической сети ВНИИ агрохимии с агрохимическими средствами. Этими данными должны корректироваться расчеты действительно возможной урожайности.

## 6. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАДАСТРОВОЙ СТОИМОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ УГОДИЙ НА ОСНОВЕ АГРОЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ЗЕМЕЛЬ

Кадастровая оценка сельскохозяйственных угодий на основе агроэкологической оценки земель осуществляется в субъектах РФ на уровне муниципальных образований и земельного участка. Это обеспечивает получение по каждому участку сельскохозяйственных земель комплекса оценочных показателей, необходимых для решения в хозяйстве планово-экономических задач, организации рационального использования земель, разработки проектов землеустройства, обоснования земельного налога и иных целей, установленных законом.

Эта оценка проводится с учетом:

- плодородия почв и продуктивности сельскохозяйственных угодий;
- технологических характеристик полей и рабочих участков;
- местоположения (удаленности) участков по отношению к пунктам реализации сельскохозяйственных продуктов и баз снабжения материально-техническими ресурсами;
- экономических показателей.

Первичной территориальной единицей оценки является вид земель (элементарный ареал агроландшафта). Оценочные показатели более крупных единиц представляют собой средневзвешенные значения оценочных показателей включенных в них ЭАА.

В качестве показателей оценки должны выступать:

- для оценки плодородия:
  - бонитет почв;
  - рентный доход, обусловленный плодородием почв;
- для оценки технологических свойств земельных участков:
  - площадь, рельеф и конфигурация участков, длина гона, удельное сопротивление машин-орудий, уклон, каменистость участка, расстояние полей до хозяйственного центра, интегральный показатель технологических свойств по отношению к оптимальным условиям;
  - рентный доход, обусловленный технологическими свойствами участка;
- для оценки местоположения:
  - расстояние от оцениваемых земельных участков до пунктов реализации сельскохозяйственных продуктов и баз снабжения материально-техническими ресурсами и эквивалентное расстояние с учетом качества дорог, объемов и классов грузов;
  - рентный доход, обусловленный местоположением объектов кадастровой оценки до пунктов реализации сельскохозяйственной продукции и баз снабжения материально-техническими ресурсами.

Исходными материалами являются:

- план землевладения с площадями контуров угодий;
- почвенно-ландшафтная карта;
- агроэкологические параметры земель и почв;

данные паспортизации полей и дорог;  
экспликация площадей угодий и почвенных разностей;  
экономические показатели хозяйства (урожайность культур, площади и структура посевов, затраты, стоимость единицы продукции и др.).

Объектом оценки выступают сельскохозяйственные угодья в границах субъектов РФ, административных районов, землевладений (землепользований) юридических и физических лиц.

Объектами внутрихозяйственной оценки земель являются отдельно обрабатываемые рабочие участки пашни, кварталы или обособленные участки многолетних насаждений, контуры кормовых угодий, поля и массивы севооборотов, сенокосов и пастбищ.

Предметом оценки является значение кадастровой стоимости сельскохозяйственных угодий землевладений и землепользований.

Рабочие (оценочные) участки формируются на пахотных землях и кормовых угодьях. Участок может включать в себя один или несколько компактно расположенных и однородных в агроэкологическом отношении отдельно обрабатываемых участков (контуров).

Все сформированные оценочные участки нумеруются сквозной нумерацией (или используются имеющиеся номера контуров) в разрезе хозяйства по производственным подразделениям (бригадам), на них выписывается площадь. Если оценочный участок включает в себя более одного отдельно обрабатываемого участка (контура), то их количество и общая площадь записываются в скобках рядом с номером рабочего участка, например, 12 (3), а на каждом из них указываются номер и площадь.

Сформированные участки служат первичными территориальными единицами при внутрихозяйственной оценке земель и организации рационального использования в системе севооборотов.

Интегральными показателями являются:

по плодородию почв — балл бонитета;

по технологическим свойствам — индекс технологических свойств земельных участков;

по местоположению — эквивалентное расстояние до пунктов реализации сельскохозяйственной продукции и баз снабжения материально-техническими ресурсами, внехозяйственная нормативная грузоемкость на 1 га сельскохозяйственных угодий.

***Определение балла бонитета почв земельного участка сельскохозяйственных угодий административного района, земельно-оценочного района, субъекта РФ.***

Балл бонитета почв земельного участка определяется в следующей последовательности:

установление методами статистического анализа признаков и свойств почв, существенно влияющих на их плодородие;

расчет средних физических значений отобранных признаков и свойств почв;

пересчет на основе корреляционно-регрессионного анализа физических значений признаков и свойств почв в зависимости от их влияния на урожай-

ность сельскохозяйственных культур в относительные величины — баллы; расчет среднегеометрического балла по совокупности признаков и свойств по разновидностям (группам) почв;

расчет балла бонитета  $i$ -го рабочего участка ( $B_i$ ) взвешиванием баллов бонитета  $j$ -х почвенных разновидностей или оценочных групп почв  $i$ -го земельного участка ( $B_{ji}$ ) на их площади ( $S_{ji}$ ):

$$B_i = \sum_{j=1}^m B_{ji} \cdot S_{ji} / \sum_{j=1}^m S_{ji} , \quad (6.1)$$

расчет совокупного почвенного балла участков путем корректировки на негативные свойства, снижающие плодородие почв (переувлажненность, эродированность, засоленность, мелкоконтурность, рельеф, каменистость).

Балл бонитета почв сельскохозяйственных угодий земельных участков —  $B_0$  (муниципальных образований, административного района, земельно-оценочного района, субъекта РФ) определяется взвешиванием баллов бонитета ( $B_i$ ) почв сельскохозяйственных угодий объектов государственной кадастровой оценки (земельных участков, муниципальных образований, административных районов) на их площади ( $S_i$ ).

$$B_0 = \sum_{i=1}^m B_i \cdot S_i / \sum_{i=1}^m S_i . \quad (6.2)$$

**Определение интегрального показателя технологических свойств объекта оценки.** К технологическим свойствам сельскохозяйственных угодий относятся: удельное сопротивление почв при обработке; контурность полей (рабочих участков) — размер, конфигурация и их изрезанность препятствиями механизированной обработке; внутрихозяйственная удаленность полей; рельеф и каменистость угодий; высота над уровнем моря (для горных и предгорных зон). Внутрихозяйственная удаленность полей, фермерских участков учитывается при значительных различиях показателя удаленности.

На основе шкал оценки отдельных технологических свойств вычисляется обобщенный показатель — индекс технологических свойств объектов государственной кадастровой оценки по отношению к эталонным. За эталонные условия приняты следующие базовые величины: балл контурности и энергоемкости — 100, оценка рельефа и каменистости — 1.

Интегральный показатель технологических свойств объектов оценки — индекс технологических свойств ( $I_{ni}$ ) — рассчитывается с учетом долей затрат, зависящих отдельно от энергоемкости почв ( $D_{эм}$ ) и технологических свойств земельных участков ( $D_{ст}$ ), а также учитывается расстояние полей до хозяйственного центра:

$$I_{ni} = \frac{D_{эз} \cdot B_{эi} + (D_{эм} - D_{эз}) \cdot 100 \cdot K_{pi} \cdot K_{ки}}{D_{эм} \cdot B_{ки}} \cdot (1 + K_{рас} P_i) , \quad (6.3)$$

где  $I_{ni}$  — индекс технологических свойств  $i$ -го объекта кадастровой оценки;

$D_{зт}$  — доля затрат, зависящих от технологических свойств земельного участка;

$B_{эi}$  — балл удельного сопротивления почв при обработке;

$D_{зэ}$  — доля затрат, зависящих от энергоемкости почв;

$K_{ki}$  — коэффициент каменистости  $i$ -го объекта кадастровой оценки;

$K_{pi}$  — коэффициент рельефа  $i$ -го объекта кадастровой оценки;

$B_{ki}$  — балл контурности  $i$ -го объекта кадастровой оценки;

$P_i$  — расстояние полей до хозяйственного центра  $i$ -го объекта кадастровой оценки, км;

$K_{рас}$  — коэффициент расстояния, показывающий, какая доля затрат увеличивается при расстоянии, равном 1 км от земельных участков до хозяйственного центра.

**Оценка удельного сопротивления почв при обработке.** Удельное сопротивление почв при обработке оценивается в баллах. За 100 баллов принимается удельное сопротивление почв плугу  $0,5 \text{ кгс/см}^2$ . Эти баллы обратно пропорциональны производительности машинно-тракторных агрегатов и прямо пропорциональны расходу топлива. Балл определяется по формуле

$$B_s = 49,2 \cdot 4,12^c \quad (6.4)$$

Удельное сопротивление плуга  $c$  ( $\text{кгс/см}^2$ ) определяется по данным зональных нормативно-исследовательских станций.

Часто балл удельного сопротивления почв вычисляется простым способом — умножением показателей удельного сопротивления (по данным каталога) на 200, т. е. шкала открытая, при которой допускается оценка более 100 баллов.

**Оценка каменистости земель.** Каменистость пашни влияет на производительность полевых механизированных агрегатов. Каменистость характеризуется количеством камней ( $\text{м}^3/\text{га}$ ) в 25-сантиметровом слое почвы ( $V_k$ ,  $\text{м}^3/\text{га}$ ) и оценивается в коэффициентах. Чем выше показатель каменистости, тем выше коэффициент оценки и соответственно ниже производительность полевых механизированных агрегатов. Каменистость земель устанавливается по материалам почвенных и других специальных обследований. Коэффициент оценки каменистости ( $K_k$ ) участков определяется по формуле

$$K_k = 1,00 + 0,002 V_k + 0,00004 V_k^2 \quad (6.5)$$

**Оценка рельефа.** Рельеф также влияет на производительность полевых механизированных агрегатов. Для оценки участка пашни или сенокоса при сложном рельефе необходимо его (данный участок) разделить на участки по классам угла склона в интервалах: менее  $1^\circ$ ,  $1-3^\circ$ ,  $3-5^\circ$ ,  $5-7^\circ$ ,  $7-9^\circ$ . Границы участков определяются по расстоянию между смежными горизонталями в зависимости от масштаба плана. Выделение участков по классам угла склона зависит от направления обработки данного участка.



Рельеф участка оценивается в коэффициентах. Коэффициент оценки рельефа рассчитывается по формуле

$$K_p = 1,00 + 0,004 \Gamma + 0,003 \Gamma^2. \quad (6.6)$$

**Оценка контурности полей и рабочих участков.** Контурность участков угодий оценивается в баллах условий выполнения полевых механизированных работ, что определяется непроизводительными затратами времени механизированных агрегатов (развороты, заезды, переезды с участка на участок), которые прямо пропорциональны ширине участка, количеству и ширине препятствий для механизированной обработки, выпуклостям и вогнутостям границ и обратно пропорциональны площади участка. Поэтому балл контурности участка ( $B_c$ , балл) зависит от суммарной (условной) ширины участка и препятствий, выпуклостей, вогнутостей границ по направлению обработки в расчете на 1 га обрабатываемой площади ( $Ш$ , м/га). За 100 баллов принята условная ширина 1 га ( $10000 \text{ м}^2$ ) в 5 м, что соответствует длине гона ( $D_p$ , м) 2000 м. Балл оценки контурности полей и участков угодий определяется по формуле

$$B_c = 102,5 \cdot 0,9945^m. \quad (6.7)$$

Также существует шкала оценки контурности полей и участков угодий. По ней можно определить балл контурности исходя из условной ширины участка.

Контурность участков оценивается для условий их обработки в продольном и поперечном направлениях. По данным этих оценок определяется средневзвешенный балл контурности исходя из соотношения обработки вдоль и поперек 2:1.

Некоторые участки угодий по условиям рельефа, противоэрозионной обработки, из-за узкой вытянутости обрабатываются всегда или в подавляющем большинстве случаев только в одном направлении. Контурность таких участков оценивается только по направлению их обработки.

Балл контурности полей, массивов пашни севооборотов, угодий вычисляется как средневзвешенная величина исходя из площади и баллов оценки участков, полей.

При наличии данных паспортизации полей балл контурности определяется по формуле

$$B_k = \frac{100}{K_{дз} \cdot K_{кон} \cdot K_n}, \quad (6.8)$$

где  $K_{дз}$ ,  $K_{кон}$ ,  $K_n$  — коэффициенты оценки соответственно длины, конфигурации и изрезанности препятствиями.

**Расстояние полей до хозяйственного центра.** Местоположение земель (участка, поля, угодья) относительно хозяйственных центров и центральной усадьбы хозяйства является важнейшим фактором, определяющим условия организации производства и соответственно условия выполнения транспортных работ. Перевозка грузов, людей и техники при производстве продукции земледелия является неотъемлемой частью общего технологического процесса.

Внутрихозяйственные технологические перевозки связаны с обслуживанием полевых механизированных агрегатов, доставкой семян и удобрений на поля, вывозкой выращенной продукции с полей к местам временного хранения или первичной подработки. Объем внутрихозяйственных перевозок с полей и на поля нередко составляет более половины общего объема перевозок в хозяйстве, что существенно сказывается на величине транспортных затрат и себестоимости продукции земледелия. Местоположение участков угодий характеризуется их транспортной доступностью и условиями выполнения технологических перевозок: расстояние, дорожные условия.

Расстояния ( $l_j$ ), разделенные по классам и склонам маршрута, измеряются курвиметром на плане землепользования по схеме перевозки грузов, установленной заранее в хозяйстве. Эти расстояния переводятся в эквивалентные ( $l_j \cdot K_{dj}$ ) в соответствии с дорожными условиями ( $K_{dj}$ ), которые зависят от показателей групп дорог ( $K_{гд}$ ) и склона маршрута ( $K_{см}$ ). Склон маршрута определяется как средневзвешенное значение от расстояний с разными уклонами.

$$K_{dj} = K_{гд} \cdot K_{см}. \quad (6.9)$$

Расстояния полей до хозяйственного центра ( $P_i$ ) рассчитываются как сумма этих эквивалентных расстояний.

$$P_i = \sum_{j=1}^m K_{dj} \cdot l_j, \quad (6.10)$$

где  $j$  — класс дорог;

$K_{dj}$  — коэффициент дорожных условий  $j$ -го класса дорог;

$l_j$  — расстояние, определяемое курвиметром по  $j$ -му классу дорог.

Для учета влияния расстояний от земельных участков до хозяйственного центра на интегральный показатель технологических свойств используется следующий поправочный коэффициент  $1 + K_{pac} \cdot P_i$ , показывающий, во сколько раз увеличиваются затраты при расстоянии  $P_i$ .

На основе информации по паспортизации полей можно определить, что

$$K_{pac} = 0,005.$$

Индекс технологических свойств сельскохозяйственных угодий земельных участков (муниципальных образований, административного и земельно-оценочного районов, субъекта РФ) определяется взвешиванием индексов технологических свойств объектов кадастровой оценки (рабочих и земельных участков, муниципальных образований, административных и земельно-оценочных районов) на их площади (в балл-гектарах):

$$N_{10} = \frac{\sum_{i=1} N_{п} S_i B_i}{\sum_{i=1} S_i B_i}. \quad (6.11)$$

**Определение эквивалентного расстояния внехозяйственных грузоперевозок.** Местоположение объекта государственной кадастровой оценки характеризуется показателем эквивалентного расстояния по удаленности от пунктов реализации сельскохозяйственной продукции и баз снабжения материально-техническими ресурсами, объемов и классов грузов и качества (групп) дорог.

Объемы разнородных грузов переводятся в эквивалентные по коэффициентам: зерно, картофель, овощи — 1,00 (первый класс груза — принимается за эквивалент); молоко, скот в живой массе — 1,25 (второй класс); шерсть — 1,67 (третий класс). Объемы перевозимых грузов (в тоннах) в расчете на 1 га сельскохозяйственных угодий определяются по фактическим данным субъекта РФ (земельно-оценочного района) за последние три года.

Дороги различного качества переводятся в эквивалентные по коэффициентам: первая группа (эквивалент) — 1,0; вторая — 1,5, третья — 2,5. Коэффициенты перевода отражают соотношение затрат на перевозку продукции по различным группам дорог.

Группировка дорог следующая: первая группа дорог — асфальтированные и с твердым покрытием; вторая — щебенчатые; третья — грунтовые дороги.

Эквивалентное расстояние от объекта государственной кадастровой оценки до пунктов реализации продукции вычисляется как средневзвешенная величина из объемов грузов, их класса и расстояний перевозки по разным группам дорог по формуле

$$\mathcal{E}P_i = \sum_{j=1}^m \Gamma_j (P_{1j}D_1 + P_{2j}D_2 + P_{3j}D_3), \quad (6.12)$$

где  $\mathcal{E}P_i$  — средневзвешенная эквивалентная удаленность  $i$ -го объекта кадастровой оценки, км;

$P_{1j}$ ,  $P_{2j}$ ,  $P_{3j}$  — расстояние перевозки  $j$ -го вида продукции (груза) соответственно по первой-третьей группам дорог, км;

$D_1$ ,  $D_2$ ,  $D_3$  — коэффициенты перевода соответственно первой-третьей групп дорог в эквивалентные;

$m$  — количество видов реализованной продукции;

$\Gamma_j$  — объем  $j$ -го вида реализованной продукции в общем объеме товарной продукции субъекта РФ (земельно-оценочного района). Он может быть рассчитан по формуле

$$\Gamma_j = \frac{M_j K_j}{\sum_{j=1}^m M_j K_j}, \quad (6.13)$$

где  $M_j$  — объем  $j$ -го вида продукции;

$K_j$  — коэффициент пересчета  $j$ -го вида продукции в эквивалентные грузы первого класса.

Средневзвешенное эквивалентное расстояние  $\mathcal{E}P_0$  определяется по формуле

$$\mathcal{E}P_0 = \frac{\sum_{i=1}^m \mathcal{E}P_i \cdot S_i \cdot B_i}{\sum_{i=1}^m S_i \cdot B_i}. \quad (6.14)$$

**Определение внехозяйственной нормативной грузоемкости на 1 га сельскохозяйственных угодий.** Нормативная грузоемкость 1 га сельскохозяйственных угодий по субъекту РФ (земельно-оценочному району) —  $G_0$  определяется делением общей массы (в тоннах) реализованной сельскохозяйственной продукции, массы приобретенных материально-технических и строительных грузов в среднем за последние три года (данные берутся из сводных годовых отчетов субъекта Российской Федерации или административных районов) на общую площадь сельскохозяйственных угодий. При отсутствии информации об объемах перевозимых материально-технических и строительных грузов объем рекомендуется взять в определенной пропорции от объема реализованной сельскохозяйственной продукции. Эти пропорции варьируют в зависимости от природных зон: в таежной и южнотаежной — лесных зонах на уровне 60% от объема сельскохозяйственной продукции, в лесостепной — 50, в степной и сухостепной зонах — 40%.

Затраты на перевозку 1 т груза на 1 км ( $Z_m$ ) берутся в органах госстатистики субъекта Российской Федерации.

Нормативная грузоемкость  $i$ -го объекта  $G_i$  государственной кадастровой оценки рассчитывается путем дифференциации нормативной грузоемкости 1 га сельскохозяйственных угодий по субъекту РФ (земельно-оценочному району) пропорционально соотношению балла бонитета  $i$ -го объекта государственной кадастровой оценки к баллу бонитета сельскохозяйственных угодий в среднем по субъекту РФ (земельно-оценочному району):

$$G_i = G_0 \cdot B_i : B_0. \quad (6.15)$$

**Определение кадастровой стоимости единицы площади объекта.** Расчет кадастровой стоимости единицы площади (1 га) объекта кадастровой оценки включает в себя:

дифференциацию базовых по субъекту РФ нормативов продуктивности сельскохозяйственных угодий и затрат на их использование по объектам кадастровой оценки согласно их индивидуальным рентообразующим факторам — плодородию почв, технологическим свойствам и местоположению;

определение по объектам кадастровой оценки (на основе полученных индивидуальных нормативов продуктивности и затрат) расчетного рентного дохода и кадастровой стоимости 1 га сельскохозяйственных угодий.

**Определение расчетного рентного дохода.** Расчетный рентный доход складывается из дифференциального и абсолютного рентных доходов.

Дифференциальный рентный доход объектов государственной кадастровой оценки определяется по формуле

$$P_i = (B_i - Z_i H_o) + \Delta P_{mi} + \Delta P_{mi}, \quad (6.16)$$

где  $P_i$  — дифференциальный рентный доход  $i$ -го объекта кадастровой оценки, руб/га;

$B_i$  — валовая продукция, обусловленная плодородием почв  $i$ -го объекта кадастровой оценки, руб/га;

$Z_i$  — затраты на использование  $i$ -го объекта кадастровой оценки при индивидуальной оценочной продуктивности и среднем в субъекте РФ (земельно-оценочном районе) индексе технологических свойств и местоположении земель, руб/га;

$H_o$  — минимально необходимый для воспроизводства нормативный коэффициент рентабельности по отношению к затратам ( $H_o = 1,07$ );

$(B_i - Z_i H_o)$ ,  $\Delta P_{mi}$  и  $\Delta P_{mi}$  — рентный доход, обусловленный соответственно плодородием почв, технологическими свойствами и местоположением  $i$ -го объекта государственной кадастровой оценки, руб/га.

Валовая продукция объекта государственной кадастровой оценки ( $B_i$ ) определяется путем дифференциации базовой оценочной продуктивности сельскохозяйственных угодий по субъекту РФ (земельно-оценочному району) пропорционально баллам бонитета почв объектов кадастровой оценки по формуле

$$B_i = (B_o \cdot B_o) \cdot B_i, \quad (6.17)$$

где  $B_o$  — базовая оценочная продуктивность сельскохозяйственных угодий по субъекту РФ (земельно-оценочному району), руб/га;

$B_o$  и  $B_i$  — баллы бонитета групп почв или разновидностей почв соответственно сельскохозяйственных угодий субъекта РФ (земельно-оценочного района) и  $i$ -го объекта кадастровой оценки.

Затраты на использование  $i$ -го объекта кадастровой оценки ( $Z_i$ ) определяются дифференциацией части базовых затрат пропорционально баллу бонитета почв по формуле

$$Z_i = Z_o (1 - D_{zy}) + Z_o \cdot D_{zy} \cdot (B_i \cdot B_o), \quad (6.18)$$

где  $Z_o$  — базовые оценочные затраты на использование сельскохозяйственных угодий по субъекту РФ (земельно-оценочному району), руб/га;

$D_{zy}$  — доля затрат, обусловленных урожайностью (за счет различий объема уборочных работ, затрат на транспортировку, доработку и хранение продукции).

Рентный доход, обусловленный технологическими свойствами объекта кадастровой оценки ( $\Delta P_{mi}$ ) определяется путем дифференциации части базовых затрат на использование 1 га сельскохозяйственных угодий в субъекте РФ (земельно-оценочном районе) ( $Z_o$ ) пропорционально индексу технологических свойств  $i$ -го объекта кадастровой оценки:

$$\Delta P_{mi} = Z_o \cdot H_o \cdot D_{zm} \cdot (1 - I_{mi} \cdot I_{mo}), \quad (6.19)$$

где  $I_{mi}$  и  $I_{mo}$  — индексы технологических свойств  $i$ -го объекта кадастровой оценки и сельскохозяйственных угодий по субъекту РФ (земельно-оценочному району);

$D_{zm}$  — доля затрат, обусловленных технологическими свойствами сельскохозяйственных угодий.

Рентный доход, обусловленный местоположением объекта кадастровой оценки ( $\Delta P_{mi}$ ), определяется как разность между стоимостью грузоперевозок при средних по субъекту РФ (земельно-оценочному району) значениях грузоемкости и удаленности земель ( $C_o$ , руб/га) и их стоимостью на оцениваемых объектах ( $C_i$ , руб/га):

$$\begin{aligned} \Delta P_{mi} &= (C_o - C_i) \cdot H_o; \\ C_o &= \mathcal{E}_{po} \cdot T \cdot G_o; \\ C_i &= \mathcal{E}_{pi} \cdot T \cdot G_i \end{aligned} \quad (6.20)$$

где  $\mathcal{E}_{po}$  и  $\mathcal{E}_{pi}$  — средневзвешенное эквивалентное расстояние грузоперевозок соответственно по субъекту РФ (земельно-оценочному району) и  $i$ -му объекту кадастровой оценки, км;

$G_o$  и  $G_i$  — внехозяйственная нормативная грузоемкость 1 га сельскохозяйственных угодий в среднем по субъекту РФ (земельно-оценочному району) и  $i$ -му объекту кадастровой оценки, т;

$T$  — затраты на перевозку 1 т груза на 1 км, руб.

Для получения кадастровой стоимости объектов кадастровой оценки, включая те, на которых дифференциальный рентный доход не образуется, установлен (на первом этапе кадастровой оценки) абсолютный рентный доход. Его величина определена в целом по Российской Федерации в размере 1% от стоимости валовой продукции растениеводства и принята единой для всех объектов кадастровой оценки в расчете на 1 га сельскохозяйственных угодий.

Расчетный рентный доход с 1 га сельскохозяйственных угодий определяется сложением дифференциального и абсолютного рентных доходов. В случае, если дифференциальный рентный доход отрицателен, то он принимает нулевое значение.

**Определение кадастровой стоимости.** Кадастровая стоимость единицы площади (1 га) объекта кадастровой оценки определяется умножением расчетного рентного дохода с 1 га оцениваемого объекта на срок его капитализации, равный 33 годам.

Оформляется карта оценки земель муниципальных образований. В качестве основы для ее составления используется почвенная карта. На оценочной карте отображаются:

границы участков — красным цветом;

номер (в числителе) и площадь (в знаменателе) участка — черным цветом; средние показатели по рабочим участкам:

баллы бонитета — красным цветом, интегрального показателя технологических свойств — зеленым, эквивалентного расстояния вне хозяйственных грузоперевозок — синим, дифференциальная рента — желтым, кадастровая стоимость — черным;

список (легенда) почвенных разностей;

таблица условных обозначений;

по данным государственной кадастровой стоимости единицы площади объекта (рабочего участка) оформляется картограмма, отражающая диапазон стоимостей цветовыми тонами или штриховкой различной интенсивности.

## 7. ГЕОИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ АГРОЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ЗЕМЕЛЬ НА РАЗЛИЧНЫХ ТЕРРИТОРИАЛЬНЫХ УРОВНЯХ

### 7.1. Мировой опыт использования геоинформационных систем для агроэкологической оценки земель

Базовое определение геоинформационной системы (ГИС) подразумевает аппаратно-программный комплекс, обеспечивающий систематизацию, обработку, отображение и распространение пространственно-координированных данных. Для работы более удобно операционное определение ГИС: совмещение электронной карты и привязанной к ее выделам или координатам компьютерной базы данных, система управления которой предусматривает возможности специализированной обработки и импорта-экспорта информации. Выделяются растровые и векторные виды ГИС, отличающиеся принятой в них системой координат и типом цифрового представления (оцифровки) информации. Оба вида ГИС могут активно применяться в геоинформационном обеспечении агроэкологической оценки земель, агроэкологического районирования и проектирования систем земледелия.

Растровые ГИС основаны на одноименной системе координат — положенной на карту сплошной сетке (grid) со стандартным шагом опробования, каждая ячейка (пиксель) которой имеет две уникальные (в данной комбинации свойственные только ей) координаты (x и y). Как правило, эти ячейки имеют квадратную или прямоугольную форму и являются элементарным пространственным объектом, которому в однозначное соответствие поставлены определенные для него данные специализированной базы данных ГИС.

Растровые ГИС хорошо подходят для геоинформационного обеспечения адаптивно-ландшафтных систем земледелия на уровне от региона до хозяйства, поскольку они позволяют легко визуализировать на картах табличную информацию из связанных с ними баз данных, проводить логические (если ..., то ...) и алгебраические действия (сложение, вычитание, ...) различных тематических слоев карт (например, почв и крутизны склона), часто имеющих различную пространственную организацию (несовпадение границ исходных картографических выделов), с формированием новых тематических слоев оценочной или технологической информации.

Векторные ГИС основаны на точечном (а не сеточном) представлении информации. В виде ее элементарных пространственных носителей выступают точки, линии и полигоны (или участки). Каждая точка обладает «точными» координатами (их точность определяется качеством исходной карты и компьютера). Точки объединяются в линии. Замкнутые линии образуют полигоны. В результате легко и с большой точностью определяются площадные и линейные измерения, что может использоваться в векторных пакетах геоинформационного обеспечения адаптивно-ландшафтных систем земледелия — для уточнения реальных площадей распространения агроэкологиче-

ских групп земель, полей ( рабочих участков и севооборотов), планируемых объемов применения удобрений, мелиорантов и средств защиты растений, валового сбора урожая, общих и дифференцированных затрат на его получение, рационального размещения лесополос, полевой дорожной сети и объектов производственной инфраструктуры хозяйства.

Мировой опыт использования геоинформационных систем (ГИС) для учета и оценки земель имеет 40-летнюю историю. Первым примером эффективного использования ГИС для ведения практического учета земель принято считать [152] земельную информационную систему штата Миннесота, созданную в середине 60-х годов прошлого века. Система была растровой, с большим размером раstra (около 0,16 км<sup>2</sup>), но убедительно показала свою эффективность при решении практических вопросов учета и анализа земель штата.

В это же время были начаты активные работы по формированию национальных компьютерных баз данных и геоинформационных систем земельного кадастра в Австрии, Англии, Швеции, Национальном институте географии во Франции и Национальном картографическом агентстве Германии. В настоящее время все экономически развитые страны и большинство ориентированных на эффективное сельскохозяйственное производство развивающихся стран и стран переходного типа экономики имеют хорошо развитые национальные геоинформационные системы земельных ресурсов, выполненные, как минимум, в мелком и часто даже в среднем масштабе [247, 278]. Как правило, они успешно решают не только традиционные землеоценочные вопросы систематизированного учета земель, но и современные задачи их функционально-целевой и комплексной агроэкологической оценки — в соответствии с перечнем первоочередных задач, стоящих перед каждым государством.

В конце 70-х годов стали активно развиваться крупные международные геоинформационные проекты в области почвоведения, экологии и земельных ресурсов. Среди них особое место занимают «Мировая база данных для наук об окружающей среде» (WDDDES), «Глобальная информационно-ресурсная база данных GRID» [265, 266] и «Пространственно-координированная информация по окружающей среде стран ЕС» (CORINE) [289, 290].

Отдельно следует отметить многолетнюю деятельность ФАО по созданию и развитию рамочных методических руководств, международных баз данных и ГИС в области сельскохозяйственного землепользования, агроэкологического районирования и оценки земель [247, 267, 275].

В условиях быстрого нарастания информатизации и глобализации сельскохозяйственного производства ясно выражена общая мировая тенденция повышения уровня методологической универсализации, технологической унификации и функциональной детализации создаваемого информационно-аналитического обеспечения для агроэкологической оценки земель различного территориального уровня. Высокое пространственно-временное варьирование качества земель и задач землепользования способствовало формированию рамочных концепций агроэкологической оценки земель: с последо-



вательной детализацией алгоритмов, нормативной базы и технологии оценки — по мере конкретизации ее задач и объектов с федерального на региональный, районный и хозяйственный уровень [259, 260, 269, 277, 289, 292, 296].

В соответствии с базовым пониманием качества земель как «их комплексной характеристики», которая определенным образом влияет на возможность (и уровень) выполнения ими конкретной функции их использования [259, 276], большинство современных систем агроэкологической оценки земель нацелено на количественный анализ возможности выполнения ими своих основных агроэкологических функций [293, 295, 297].

Перечень даже наиболее часто рассматриваемых агроэкологических функций земель довольно велик и включает в себя функции различной степени детализации. С одной стороны, в него входят наиболее комплексные функции плодородия-продуктивности земель [66, 128, 276, 293], с другой — очень широкий спектр отдельных агрофизических (спелость для обработки, условия проходимости), гидрофизических (запас продуктивной влаги, формирование верховодки) и санитарно-экологических функций (связывания или разложения конкретного загрязнителя) [2, 31, 58, 283, 302, 304]. При их анализе используются различные методический инструментарий и в различной мере специализированные тематические и/или районированные стандарты данных (частных почвенных или земельных характеристик и их оценок).

По мере детализации оцениваемых функций все большее значение приобретают провинциально-генетическое разнообразие почв, своеобразие конкретного агроландшафта, эколого-географическое положение и эколого-функциональное состояние земель — степень отклонения их устойчивых и лабильных характеристик от своих оптимальных (контрольных или целинных) значений для рассматриваемой агроэкологической функции [78, 91, 117, 128, 250, 279, 303].

Наилучшие условия для практического использования результатов агроэкологической оценки земель экспертами и специалистами исполнительных, законодательных органов власти и различных структур землепользования достигаются при доведении ее до состояния аналитической информационной или геоинформационной системы, обладающей возможностями нормативного прогнозирования и настройки на меняющиеся характеристики и целевые функции анализа объекта оценки [20, 78, 81, 248, 251, 286].

Агроэкологическая оценка количественных критериев физического и экономического соответствия земель различным вариантам и технологиям их использования обычно строится на основе «рамочных рекомендаций» ФАО [256, 259, 260, 276, 294, 295, 297, 302]. Информационную основу такой оценки составляет систематизированная в специализированных базах данных исходная расчетная информация:

- агроэкологические требования районированных культур и сортов;
- методические разработки по количественному анализу влияния основных лимитирующих факторов на производственный процесс и урожайность;

районированные технологические карты по основным сельскохозяйственным культурам с выделением обязательных и факультативных операций, ранжированием гибких элементов агротехнологии;

рациональная (минимально-достаточная) система нормативов производственных затрат, цен на основные статьи расхода и готовую продукцию.

В систему автоматизированного анализа агроэкологического качества земель частично или полностью входят следующие информационно-аналитические процедуры:

проверка на абсолютные ограничения — возможность или невозможность применения рассматриваемого варианта землепользования в условиях конкретного участка;

качественная или количественная оценка прямых и косвенных, положительных и отрицательных результатов землепользования, например, урожай и затраты на последующую реабилитацию соответственно;

прогноз вероятного недобора урожая или недостаточного уровня выполнения другой анализируемой агроэкологической функции согласно применяемому набору критериев и алгоритмов оценки;

расчет, с различным уровнем детальности, планируемых технологических затрат — прямых, косвенных, стабильных, варьировующих;

сравнительный анализ показателей экономической эффективности разных вариантов землепользования — с учетом или без учета кредитной ставки.

При автоматизированной оценке уровня соответствия земельного участка рассматриваемому варианту землепользования обычно применяются алгоритмы дерева решений, мультипликативной оценки и/или жесткого ограничения [66, 90, 117, 294, 295, 297, 300]. Поэтапный количественный анализ завершается ранговым отнесением земельного участка к одному из трех-пяти классов соответствия данному варианту землепользования или сравнительным анализом эффективности использования одного (нескольких) участков земель под несколько (один) вариантов их использования [20, 293].

При агроэкологической типизации земель на уровне хозяйства и функционально-целевом микрорайонировании землепользования особое внимание уделяется степени внутривидового варьирования плодородия почв, тепловому и влажностному режимам земель, их зависимости от экспозиции и крутизны склона, преобладающих форм микрорельефа [67, 70, 78, 204, 205, 250, 285, 305].

Для количественной оценки агроэкологических рисков сельскохозяйственного землепользования используются адаптированные к условиям конкретного агроландшафта компьютерные модели производственного процесса [62, 190, 191, 263, 299]. Количественная оценка экологических рисков загрязнения получается с помощью адаптированных к местным условиям педодинамических моделей миграции и трансформации растворов [293, 301, 304]. Применение динамических моделей позволяет имитировать дискретно-непрерывный характер природных явлений с выявлением «критических точек» нарушения непрерывности (например, иссушение почвы до уровня неподвижной влаги). С их помощью проводятся оценочные расчеты основных составляющих балансовых моделей, учитывая процессы перемещения и трансформации веществ в почве и экосистеме (вода, углерод, азот, соли, пестициды и т.п.).

Различного рода модели и автоматизированные системы оценки агроэкологического качества почв и земель, динамического моделирования их основных агроэкологических, гидрофизических и геохимических функций находят все более широкое применение. В последние годы их число удваивается примерно каждые пять лет, и очень остро стоят вопросы пространственно-временной и функционально-целевой верификации различных моделей для их адаптации и использования в новых условиях и объектах [62, 250, 251, 301].

Для лучшей ориентации в большом множестве разрабатываемых и используемых моделей агроэкологической оценки почв и земель Д. Росситером [293] была предложена их рабочая систематика — с многофакторной координацией моделей по 11 основным признакам (см. таблицу). В последние годы отмечается повышенное внимание к разработке динамических моделей оценки, учитывающих пространственное варьирование земель и нацеленных на количественный анализ основных диагностических параметров оценки. На их основе формируются автоматизированные системы агроэкологической оценки земель открытого типа с возможностью настройки их на условия конкретного объекта для создания региональных и локальных информационно-справочных и геоинформационных систем агроэкологического состояния земель анализируемого хозяйства, района или региона.

#### Рабочая систематика моделей оценки земель и землепользования [272, 293]

Критерии (оси координации)	Характер ранжирования	Число рангов
Пространственное варьирование объектов анализа (оценки)	Существенно — несущественно (для данной оценки)	2
Основная концепция временной организации базы данных исходных характеристик почв	Статическая — динамическая (база данных)	2
Базовая временная концепция оценки пригодности земель	Статическая — динамическая (оценка)	2
Принципиальный алгоритм оценки (использование частных оценок функционального качества земель)	Использование — неиспользование (частных оценок функционального качества земель)	2
Определение пригодности земель варианту использования	Классы пригодности (согласно физическим и экономическим критериям оценки)	До 6
Степень однородности объекта анализа (земельного участка)	Однородный — сложный (земельный участок)	2
Масштаб объекта оценки	Крупный — мелкий (масштаб)	Непрерывный*
Число объектов оценки	Один — несколько (объектов оценки)	2
Детальность расчетов	Качественные — количественные (оценки)	Непрерывный*
Детальность описания	Механистические — функциональные (модели анализа)	Непрерывный*
Структурно-функциональная иерархия объекта оценки	Педон — регион	Непрерывный*

\* Непрерывный (континуальный) ряд параметров координации по данной оси.

Анализ разработанных в разных странах и для различных уровней анализа автоматизированных систем агроэкологической оценки земель позволяет говорить о следующих основных тенденциях их современного развития:

повышение роли базовых почвенных и ландшафтных характеристик;  
 учет влияния провинциально-генетического разнообразия почв и земель;  
 активное использование функциональных моделей с количественным описанием основных закономерностей поведения агроэкологических функций;

широкое применение геостатистически обоснованных трансферных функций, оперативно рассчитывающих значения трудно определяемых переменных по массово- или легко определяемым данным;

универсализация основных применяемых алгоритмов анализа данных;  
 построение гибких систем анализа с элементами самонастройки используемых алгоритмов на различных этапах оценки;

применение современных программных средств визуализации данных и диалогового режима работы информационно-аналитических модулей;

совместное использование автоматизированных систем оценки, пространственно-организованных баз данных и базовых ГИС (рис. 7.1);

внедрение информационно-аналитических модулей агроэкологической оценки земель в специализированные системы производственного мониторинга земель, автоматизированного проектирования базовых элементов адаптивно-ландшафтных систем земледелия, экономической оптимизации сельскохозяйственного производства на уровне отдельного хозяйства или региона.

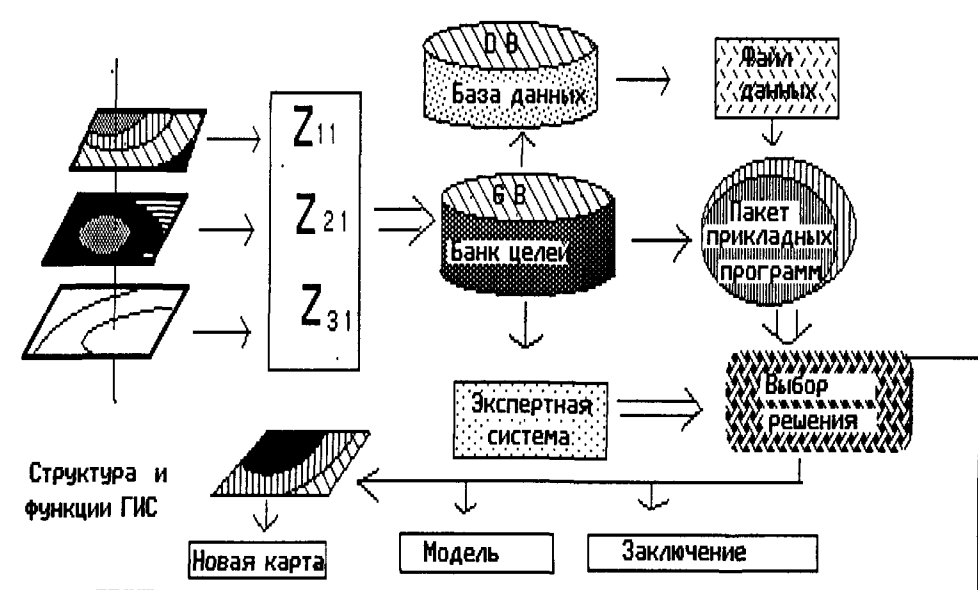


Рис.7.1. Структурно-функциональная схема базовой ГИС

В соответствии со спектром решаемых землеоценочных задач, методами и информационным обеспечением их решения традиционно выделяются федеральный, региональный и локальный уровни агроэкологической оценки земель.

## 7.2. Федеральный уровень агроэкологической оценки земель

На федеральном уровне агроэкологической оценки земель решаются следующие принципиальные методологические и технологические вопросы оценки:

- функционально-целевое структурирование рамочной системы оценки;
- введение общепринятой системы пространственно-временной организации и классификации агроландшафтов;
- разработка базовых критериев, факторов и основных диагностических параметров оценки (ОДПО);
- формирование единых правил качественного и количественного ранжирования ОДПО, базового перечня применяемых классификационных схем;
- формирование единой рамочной системы метролого-аналитического и информационно-методического обеспечения оценки;
- создание рамочных баз исходных и нормативных данных, основных алгоритмов анализа, интегрирования и интерпретации информации;
- разработка типовых форм исходной и нормативной информации, основных информационно-аналитических модулей и результатов анализа;
- определение перечня используемых платформ совместимого между собой базового и специализированного программного обеспечения.

Принципиальная методология и структурно-функциональная организация оценки базируются на современных ландшафтно-экологических подходах агроэкологической дифференциации территории для рационального размещения сельскохозяйственного производства в целом и формирования адаптивно-ландшафтных систем земледелия в частности. Они подробно изложены в предыдущих разделах пособия, создавая логически выдержанный методический каркас, подлежащий поэтапной детализации и настройке на решение частных задач реальной агроэкологической оценки земель с точки зрения их пригодности для выращивания конкретных культур (сортов), применения дифференцированных по уровню материально-технического обеспечения агротехнологий, различных видов техники и агрохимикатов.

Исходную информационно-методическую (и картографическую) основу федерального уровня агроэкологической оценки земель составляют существующая система природно-сельскохозяйственного районирования и обзорные карты почвенно-экологического, почвенно-эрозионного, почвенно-мелиоративного и т.п. районирования, подготовленные в последние годы для крупных региональных территорий, европейской и азиатской частей России.

Часть из них уже имеется в электронном виде, другие — сравнительно легко поддаются компьютерной оцифровке, что облегчает формирование на их основе гибкой геоинформационной системы многоцелевого агроэкологического районирования сельскохозяйственной территории страны под основ-

ные виды (и в перспективе — сорта) сельскохозяйственных культур с количественной оценкой их продукционного потенциала, агротехнологических условий возделывания, существующей инфраструктуры производства и условий реализации продукции.

Повышенная актуальность разработки специализированного геоинформационного обеспечения для федерального уровня агроэкологической оценки сельскохозяйственных земель обусловлена высокой динамикой текущей структуры их использования, функционального качества и экологического состояния сельскохозяйственных и маргинальных земель, быстрым обновлением современной селекционно-сортовой, материально-технической и технологической базы сельскохозяйственного производства, рыночного спроса и научно-информационного обеспечения АПК.

В большинстве экономически развитых стран и многих развивающихся странах подобные работы имеют централизованное государственное финансирование, являясь базовым элементом грамотной сельскохозяйственной политики и государственного регулирования сельского хозяйства. С предстоящим вступлением России в ВТО подобная организация геоинформационного обеспечения федерального уровня агроэкологической оценки земель становится обязательным условием устойчивого функционирования ее основных сельскохозяйственных отраслей и территорий.

За прошедшие десятилетия был накоплен значительный методический и исходный информационный материал для практической реализации современных подходов к функционально-целевой агроэкологической оценке земель на федеральном уровне и ее геоинформационному обеспечению.

В 1994 г. был создан Почвенно-экологический атлас России, включивший в себя 16 карт разного масштаба и содержания: карты районирований (почвенно-географического, природно-сельскохозяйственного, лесорастительного и др.), биопродуктивности (фитомасса, мортмасса, продукция), растительности, почв, агроклимата и пр. Каждая из них имеет несколько слоев, сопряженных с соответствующими федеральными базами данных [184]. В настоящее время оцифрованы Ландшафтная и Почвенная карты страны в масштабе 1:2 500 000. Вместе с Атласом они образуют постоянно развивающуюся ГИС природных ресурсов России [183]. Специализированные федеральные ГИС, непосредственно связанные с анализом агроэкологического состояния земельных ресурсов России, развиваются в Министерстве природных ресурсов и Министерстве сельского хозяйства страны.

С использованием автоматизированных систем на основе ГИС проводится государственный земельный кадастр (ГЗК) России. В качестве ГИС-инструментария для земельного кадастра использовались западные (ArcInfo, MapInfo, Intergraph, AutoCAD) и отечественные пакеты (Панорама, Geo Draw/GeoGraph, ObjectLand — «Основы геоинформатики», 2004). Принятие целевой федеральной программы «Создание автоматизированных систем ведения государственного земельного кадастра Российской Федерации (АС ГЗК)» способствовало ускоренной разработке специализированных программных средств для автоматизированного ведения государственного кадастрового

учета земельных участков как объекта права и налогообложения. В настоящее время в АС ГЗК используются такие ГИС, как MapInfo, ObjectLand, Геополис, GeoMedia, SICAD/SD.

Применение современных ГИС-технологий в землеустройстве дает возможность использовать для ввода и обновления сведений в базах данных ГЗК высокотехнологичные электронные средства геодезии и глобальные системы позиционирования (ГСП), а значит постоянно иметь точную и свежую информацию о текущем землеустройстве территории.

Для оперативного решения кадастровых задач на больших территориях можно использовать технологии фотограмметрической обработки данных дистанционного зондирования (ДДЗ) с определением размеров, формы и пространственного положения различных земельных и инфраструктурных объектов по результатам измерения их изображений. Их использование в рамках специализированных земельных ГИС помогает решению спектра задач, непосредственно связанных с агроэкологической оценкой земель и проектированием адаптивно-ландшафтных систем земледелия:

- создание тематических карт разного масштаба для районирования и землеустроительного проектирования;
- построение цифровых моделей рельефа и основанных на них карт основных типов и форм рельефа;
- инвентаризация земель и системы землеустройства разного уровня;
- мониторинг агроэкологического состояния земель и оценка ущербов;
- оперативное составление и обновление планов землеустройства и качественных почвенно-ландшафтных карт;
- оперативная поддержка тематических баз данных земельных ГИС;
- прогноз урожайности и проблемных агроэкологических ситуаций.

Вместе с тем в современной технологии ведения ГЗК земельные геоинформационные системы используются главным образом только для ведения кадастровой карты и, как правило, не используются для решения практических задач агроэкологической оценки, районирования и мониторинга земель. На сегодняшний день в России еще не функционирует стройная автоматизированная система ведения ГЗК на всех уровнях кадастрового учета. Единые автоматизированные системы ведения ГЗК на уровне федерального округа и страны в целом еще находятся на стадии проектирования.

Геоинформационную основу федерального уровня агроэкологической оценки земель и агроэкологического районирования (необходимых для решения задач адаптивно-ландшафтного земледелия) составляют существующая система природно-сельскохозяйственного районирования и оцифрованные почвенная и ландшафтная карты страны масштаба 1:2 500 000.

Для европейской территории страны каркасной основой агроэкологического районирования может служить детально проработанная «Карта почвенно-экологического районирования Восточно-Европейской равнины» (масштаб 1:2 500 000), изданная в МГУ в 1997 г. под редакцией академика Г. В. Добровольского и профессора И. С. Урусевской [69]. Она отражает ие-

рархическую организацию агроландшафта на уровнях от географического пояса до зональной (подзональной) почвенно-биоклиматической провинции, почвенно-литогеоморфологического округа и почвенного района, тем самым обеспечивая исходной информацией основные уровни природной классификации равнинных ландшафтов, представленные в данном пособии.

Высокая информационная насыщенность разноуровневых географических выделов почвенно-экологического районирования (основные параметры агроклимата на уровне провинций, основные типы рельефа, почвообразующих пород, структура землепользования и средневзвешенные бонитеты почв на уровне округов, доминирующие структуры почвенного покрова на уровне районов) позволяет говорить о хорошей естественно-научной основе для проведения федерального агроэкологического районирования как геоинформационной основы адаптивно-ландшафтного земледелия России.

### **7.3. Региональный уровень агроэкологической оценки земель**

На региональном уровне агроэкологической оценки земель решаются следующие научно-методические и геоинформационные задачи:

разработка, верификация и поэтапная детализация региональных систем агроэкологической систематизации земель на основе уточненного природно-сельскохозяйственного (агроэкологического) районирования территории субъектов Российской Федерации;

составление региональных регистров паспортизированных и пространственно-координированных (с указанием основных ареалов распространения) агроэкологических групп и видов земель;

создание среднемасштабных (1:100 000 или 200 000) электронных карт и картосхем агроэкологической группировки земель региона;

формирование региональных баз данных основных диагностических параметров оценки (ОДПО) агроэкологического состояния земель;

создание региональных электронных атласов агроэкологического состояния земель, структурированных по основным лимитирующим факторам адаптивно-ландшафтного земледелия;

формирование региональных систем районированных нормативов агроэкологической оценки земель для задач адаптивно-ландшафтного земледелия и районирования агротехнологий;

разработка и адаптация к условиям и задачам региона специализированного программного обеспечения для решения типовых задач агроэкологической оценки, прогнозирования и моделирования функционального качества и экологического состояния основных агроэкологических групп и видов земель в наиболее распространенных условиях землепользования.

Вся доступная землеоценочная информация поэтапно интегрируется в единую региональную агрогеоинформационную систему агроэкологической оценки земель (РАГИС АЗ). Ее геоинформационную основу составляют сопряженные с соответствующими базами данных тематические пакеты следующих электронных карт и картосхем:



базовых топографических слоев (изолиний рельефа, водотоков, дорожной, жилищной и производственной инфраструктуры, отражаемой в масштабе 1:100 000 или 1:200 000);

базового землеустройства с выделением основных категорий законодательно закрепленного землепользования и крупных землепользователей (с площадью землепользования более 1000 га);

преобладающих типов мезорельефа и видов микрорельефа с количественным (полуколичественным) ранжированием их показателей по влиянию на агроэкологическое качество земель и указанием ареалов распространения проблемных геоморфологических ситуаций (оползни, мочары ...);

почвообразующих пород с указанием ареалов преобладания основных типов почвообразующих пород, глубины залегания подстилающих пород и процентного участия неплодородных почвообразующих пород, оказывающих серьезное влияние на агроэкологическое качество почв и земель;

агроклимата — с районированием территории по среднемноголетнему количеству осадков, сумме активных температур, длительности вегетационного периода основных выращиваемых культур, агроклиматическим рискам растениеводства и степени неоднородности микроклимата;

структуры почвенного покрова с выделением основных мезо- и микрокомбинаций почвенного покрова и указанием преобладающих соотношений между их компонентами;

основных ресурсных факторов агроэкологического состояния почв в условиях данного региона, включая среднемноголетние запасы продуктивной влаги, текущее содержание и запасы гумуса и доступных форм питательных макро- и микроэлементов, районирование территории по основным почвенно-гидрофизическим и почвенно-агрохимическим группам земель;

лимитирующих факторов агроэкологического состояния земель в условиях данного региона, включая эрозию, агрофизическую и агрохимическую деградацию почв, проблемы фитосанитарного состояния земель, основные виды загрязнения и техногенной деградации земель, риски сезонного иссушения, вымокания посевов, переуплотнения и т.п.

Подобные региональные агрогеоинформационные системы агроэкологической оценки земель являются основой для разработки и функционирования специализированных РАГИС по формированию адаптивно-ландшафтных систем земледелия.

Формирование РАГИС АЗ опирается на уже существующие или параллельно создаваемые тематические геоинформационные и информационно-справочные системы (ГИС, ИСС) с районированными нормативами агроэкологической оценки, агрохимической и агрофизической характеристиками почв, агроэкологическими требованиями характерных для региона сельскохозяйственных культур и агротехнологий. В настоящее время накоплен значительный опыт формирования подобных геоинформационных, информационно-справочных и аналитических систем для условий ряда крупных сельскохозяйственных регионов России.

Основные задачи РАГИС АЗ определяются рассмотренными выше принципами построения агроэкологической оценки земель, предложенным набором основных диагностических параметров оценки (ОДПО), базовыми критериями, шкалами и алгоритмами частной и функционально-факторной агроэкологической оценки (по каждому из включенных в систему ОДПО и обобщающих функциональных факторов оценки — ОФФО), принятыми в системе правилами фильтрации, обобщения и интерпретации информации, заданным уровнем жесткости-гибкости структурирования и описания анализируемых объектов, решаемых аналитических и экспертных задач, степени подготовленности и правами доступа к базовым элементам системы повседневно работающих с ней специалистов и их требованиями к сервисным возможностям, наглядности работы и получаемых результатов.

В соответствии с заданными (см. п. 2.1 данного руководства) требованиями количественной идентификации, сопоставления, агроэкологического анализа и интерпретации агрономически наиболее значимых параметров произвольно выбираемых участков и групп участков земель (в соответствии с агроэкологическими требованиями основных сельскохозяйственных культур и агротехнологий) в созданных для решения конкретных оценочных задач и/или настроенных на условия конкретного региона РАГИС АЗ последовательно решаются следующие основные задачи:

однозначная идентификация объекта анализа в принятой в данной РАГИС АЗ системе адресной и функционально-аналитической координации;

ввод (вручную или из готовой базы данных) исходной информации;

последовательное решение выбранных для анализа оценочных задач с уточнением (или выбором) по мере необходимости набора оптимальных для данной ситуации анализа диагностических параметров, шкал, эталонов и/или алгоритмов их анализа;

визуализация (на экране монитора или в виде распечатки) табличных и/или графических результатов анализа;

стирание, сохранение, редакция, обобщение, экспорт или дальнейшая обработка полученных материалов.

По мере детализации агроэкологической оценки земель и повышения эффективности разрабатываемых на ее основе адаптивно-ландшафтных систем земледелия все большее значение приобретает адекватный поставленным задачам оценки анализ своеобразия конкретного агроландшафта, провинциально-генетических особенностей его основных почв, агроэкологических качеств рельефа, микроклимата, фитосанитарного состояния и функционально-экологического состояния земель.

Информационно-аналитические модули РАГИС АЗ включают в себя:

специализированные базы данных (БД) текущей (оцениваемой) и нормативно-справочной информации, используемой в процессе оценки или интерпретации ее результатов;

(Б) базы знаний (БЗ), представляющие собой совокупность в различной степени формализованных правил, процедур и алгоритмов анализа, трансформации и интерпретации исходной информации по объекту анализа;

систему управления базами данных (СУБД), обеспечивающую ввод, экспорт, импорт, выбор по запросу, визуализацию и обработку информации согласно заданной в БЗ системе правил, процедур и алгоритмов анализа.

Для построения региональных автоматизированных систем агроэкологической оценки земель, как правило, применяются универсальные программные платформы создания производных структурированных баз данных и специализированных СУБД (MAMPS, Delphi, 1С). Их использование значительно упрощает и ускоряет процесс формирования информационно-аналитических модулей РАГИС АЗ, облегчает широкое использование в них современных средств визуализации данных и процедур анализа, позволяет создавать интерактивные системы с интерфейсом, максимально понятным и удобным для широкого круга пользователей без специальной подготовки по информатике и оценке земель.

Автоматизированные системы агроэкологической оценки количественных критериев физического и экономического соответствия земель различным вариантам и технологиям их использования предусматривают трехэтапную процедуру настройки системы к условиям конкретного региона:

формирование перечня основных диагностических показателей оценки — ОДПО;

системный анализ агроэкологических требований основных выращиваемых культур, подразумевая и условия их возделывания;

приведение в соответствие шкал, нормативов и алгоритмов оценки ОДПО агроэкологическим требованиям выращиваемых культур и агротехнологий [276, 292, 295].

Типичная структура такой оценки приведена на рис. 7.2 и состоит из следующих основных процедур:

выбор объекта оценки;

ввод значений первичных характеристик выбранного участка земли (элементарный ареал агроландшафта, элементарный рабочий участок);

частная и функционально-факторная оценки первичных характеристик с переходом от них к оценке основных составляющих функционального качества земель (плодородие, условия обработки, уровень загрязнения и т.п.);

интегральная оценка сложных объектов — на основе анализа результатов оценки их составных элементов;

визуализация результатов оценки в виде специально разрабатываемых форм-отчетов, графиков или картосхем.

Первая задача, с которой сталкиваются разработчик и пользователь РАГИС АЗ, состоит в однозначной идентификации объекта(ов) анализа в системе их координации, принятой в данной системе оценки. Как правило, она включает в себя следующие четыре принципиальные составляющие:

почвенно- и/или ландшафтно-географическая координация объектов;

административно-хозяйственная организация территории (район, хозяйство, отделение и/или бригада);

структурно-иерархическая организация объекта (простой, сложный, состав и краткая характеристика базовых элементов);

функциональная дифференциация решаемых оценочных задач (определение перечня включенных в конкретный анализ оценочных задач).

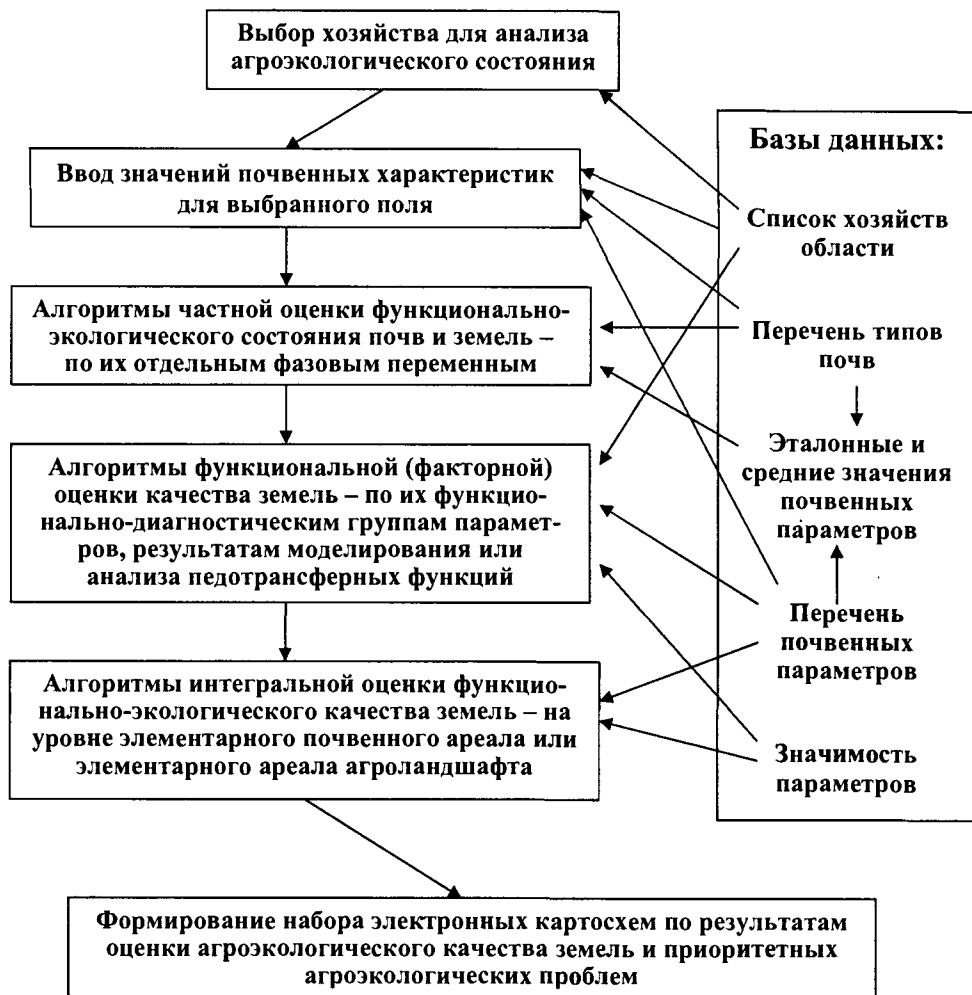


Рис. 7.2. Принципиальная блок-схема РАГИС АЗ на примере сформированной для Курской области модели РАСКАЗ [20]

Почвенно- и/или ландшафтно-географическая координация объектов оценки обеспечивает корректное сопоставление текущих данных по объекту оценки с соответствующими нормативными данными и шкалами оценки. Последние, как отмечалось в предыдущих разделах руководства, имеют очевидную провинциально-генетическую, литолого-геоморфологическую и агрогенно-хозяйственную дифференциацию и в идеале должны быть районированы в соответствии с системой агроэкологического районирования соответствующего природного или административного региона.

Точная идентификация объекта анализа в подсистеме административно-хозяйственной организации территории позволяет автоматически воспроизводить его точную административно-хозяйственную привязку на всех выходных формах анализа и формировать соответствующие записи в агроэкологических паспортах и специализированных базах данных (если они были заведены). Кроме того, часто она является наиболее удобным «ключом» к определению точного почвенно- и ландшафтно-географического адреса объекта при формировании в базе знаний редактируемой системы правил соответствия административно-хозяйственных территориальных единиц элементарным выделам агроэкологического районирования. В таком случае выбор произвольного объекта анализа в настроенной на конкретный регион РАГИС АЗ предусматривает автоматическое определение его основных агроэкологических (почвенно-географических, ландшафтных, агроклиматических и т.п.) координат.

Идентификация структурно-иерархической организации объекта анализа автоматически выбирает или сужает исходную базу выбора используемого при его анализе набора алгоритмов. Окончательное определение набора включенных в конкретный анализ алгоритмов оценки происходит при выборе в системе раскрывающихся меню перечня решаемых (комплексных или автономных) оценочных задач, включенных в их решение факторов оценки и основных диагностических показателей оценки этих факторов.

Ввод исходной информации для проведения агроэкологической оценки земель идентифицированного объекта анализа может выполняться как вручную (с клавиатуры, рис. 7.3), так и посредством автоматического выборочного считывания информации по объекту исследования из заранее созданной региональной базы данных или файла данных стандартного вида.

Бланк ввода значений почвенных характеристик

Бланк ввода значений почвенных характеристик

1. Область: [ ] 2. Район: [ Львовский ]

3. Хозяйство: [ Нива ] 4. Поле: [ ]

5. Дата: [ 15.08.1996 ] 8. Контуров: [ 2 ]

7. Площадь участка: [ 1,5 ] 9. Площадь средне эрод. почв: [ 0,3 ]

8. Площадь слабо эрод. почв: [ 0,1 ] 10. Площадь сильно эрод. почв: [ 1,1 ]

№	Параметр:	Ед. изм.	Контур № 1	Контур № 2
1	Площадь:	га	80	
2	Длина границ:	км	8	4,2
3	Тип почвы:		серые лесные супесчаные	серые лесные супесчаные
4	pH	ед.	5,6	6,2
5	P подвижный	мг/кг	84	283
6	K обменный	мг/кг	113	88
7	N щелочно-гидролизуемый	мг/кг	87	58
8	Mn подвижный	мг/кг	47	8
9	Zn подвижный	мг/кг	2,93	2,75
10	Сu подвижный	мг/кг	1,4	2,1
11	Физическая глина	%	14	15
12	Сумма агрегатов	%	36	38
13	Плотность сложения	г/см³	1,6	1,8
14	Щелочность	%	-	-
15	Физический песок	%	86	85
16	Каменность	м³/га	0	0
17	Обменные основания	мэкв/кг	25	184
18	Гидролитич. кислот	мэкв/кг	34	8
19	Na обменный	%		

Создать Изменить Изменить Удалить Закрыть

Рис. 7.3. Пример бланка ввода текущих значений почвенных характеристик для агроэкологической оценки земель

В ряде случаев приходится предусмотреть дополнительную процедуру перевода удобной для ввода размерности основных диагностических параметров оценки (ОДПО) в производную размерность, соответствующую требованиям используемого алгоритма анализа. Например, площади переводятся из га в %, содержания элементов питания — из мг на 100 г в мг на кг, из одной формы экстрагирования в другую и т.д.

Последовательное решение оценочных задач, выбранных для анализа агроэкологического качества земель ранее идентифицированного объекта анализа, предусматривает поэтапное (интерактивное или полностью автоматизированное на основе правил из базы знаний) уточнение (или выбор), по мере необходимости, набора оптимальных для данной ситуации анализа диагностических параметров, шкал, эталонов и/или алгоритмов их анализа (из всей совокупности рассмотренных в разделе 2 руководства основных диагностических параметров оценки, шкал, нормативов и алгоритмов оценки).

Прежде всего, решается задача выбора наиболее значимых (лимитирующих) функциональных факторов и диагностических параметров агроэкологической оценки в соответствии с агроэкологическими особенностями оцениваемых земель и выбранными для анализа целевыми функциями оценки (плодородие, выбор оптимальных земель для конкретной культуры или агротехнологии). Как правило, она решается интерактивно: пользователь выбирает факторы оценки и оцениваемые параметры из системы раскрывающихся в соответствующих разделах РАГИС АЗ списков/меню (рис. 7.4).

Значимость параметров							
№	Параметр	Группа А	Группа В	Группа С	Группа D	Группа E	Группа F
1.	pH	0	0	1	0	0	0
2.	P подвижный	1	0	1	0	0	0
3.	K обменный	1	0	1	0	0	0
4.	N щелочно-гидролизуемый	1	0	1	0	0	0
5.	Mn подвижный	1	0	0	0	0	0
6.	Zn подвижный	1	0	1	0	0	0
7.	Сu подвижный	1	0	1	0	0	0
8.	Физическая глина	1	0	1	0	0	0
9.	Сумма агрегатов	0	1	1	0	0	0
10.	Плотность сложения	0	1	1	0	0	0
11.	Щелочность актив-ть	0	1	1	0	0	0
12.	Физический песок	0	1	1	0	0	0
13.	Каменистость	0	1	1	0	0	0
14.	Обменные основания	0	1	1	0	0	0
15.	Гидролитич.кислотн.	0	0	1	1	0	0

Группа А: 1     Группа В: 1     Группа С: 1     Группа D: 1  
 Группа E: 1     Группа F: 1

Рис. 7.4. Пример бланка интерактивного выбора функциональных факторов и диагностических параметров для агроэкологической оценки земель в РАГИС АЗ

Опытный эксперт выполняет эту операцию достаточно быстро и эффективно. В помощь менее опытному пользователю разрабатываются районированные сценарии агроэкологической оценки, когда анализируемый набор функциональных факторов и диагностических параметров оценки выбирает-

ся при прохождении пользователя через иерархическую систему вопросов с выбором стандартных или количественных ответов — в соответствии со специальным набором правил из подготовленной для этого базы знаний.

Первоочередное влияние на эффективность работы РАГИС АЗ оказывают пять следующих принципиальных элементов оценки:

целевое определение набора анализируемых функциональных (технологических) факторов и основных диагностических параметров оценки (ОДПО) земель, ограниченного рамками поставленной задачи;

использование для характеристики каждого фактора обоснованно достаточного, но не избыточного, набора реально доступных ОДПО;

выбор рациональных достаточно, но не избыточно, информативных шкал квантификации-ранжирования используемых ОДПО;

разработка эффективного алгоритма анализа модели с установлением оптимального метода интегрирования и интерпретации результатов;

принятия во внимание известных закономерностей провинциально-генетического разнообразия почв, пространственного варьирования почвенных характеристик и местных особенностей структуры почвенного покрова, соответствующих масштабу анализа.

Как правило, региональные агрогеоинформационные системы агроэкологической оценки земель предусматривают возможность оперативной визуализации получаемых результатов оценки в виде тематических или синтетических (получаемых в результате синтеза отдельных тематических карт) электронных картосхем основных факторов и параметров агроэкологического состояния земель (рис. 7.5), что облегчает возможности их оперативной интерпретации для сравнительного анализа и проектирования систем земледелия.



Рис.7.5. Распечатка электронной картосхемы агроэкологической оценки эродированности земель Курской области (Хахулин, Васенев, 2003)

Применение региональных агрогеоинформационных систем агроэкологической оценки земель позволяет быстро обрабатывать большие и сложно организованные массивы первичных агроэкологических данных, трансформируя их в хорошо упорядоченную и логично интерпретируемую систему сопоставимых агроэкологических оценок. На их основе легко выявляются и количественно ранжируются проблемные агроэкологические ситуации и лимитирующие параметры земель, формируя гибкую информационную основу детального агроэкологического районирования и микрозонирования. Повышенная открытость рамочных систем оценки предусматривает их оперативную настройку для работы с новым регионом или технологией земледелия.

#### 7.4. Локальный уровень агроэкологической оценки земель

На локальном уровне концентрируется информация по агроэкологической оценке земель конкретного сельскохозяйственного предприятия для проектирования в нем адаптивно-ландшафтной системы земледелия. Для его условий настраивается необходимая нормативная база на основе нормативов, принятых для соответствующего природно-сельскохозяйственного (по возможности, административного) района, к которому оно относится. При отсутствии готовых районированных нормативов максимально детализируется доступная нормативная информация (по соответствующей подзональной или зональной природно-сельскохозяйственной провинции с учетом почвенно-агроландшафтных особенностей конкретного хозяйства).

В результате многолетней деятельности институтов системы Гипрозем и станций агрохимического обслуживания на всю сельскохозяйственную территорию страны были созданы крупномасштабные почвенные и агрохимические карты нескольких туров обследования. При множестве частных замечаний (по качеству топосновы, детальности и точности картирования, отражению реальной неоднородности структуры почвенного покрова) они, как правило, достаточно адекватно отражают основные особенности крупномасштабной организации почвенного покрова и пространственной дифференциации базовых агрохимических параметров плодородия земель.

Использование этих карт существенно облегчает и удешевляет проведение качественной агроэкологической оценки земель хозяйства для проектирования адаптивно-ландшафтных систем земледелия. Поэтому необходимо принять все меры по сохранению и оцифровке (в перспективе) крупномасштабных почвенных и агрохимических карт хозяйств в архивах соответствующих земельных и кадастровых региональных и районных учреждений.

Для эффективного решения задач локального уровня агроэкологической оценки земель используются базовые элементы региональных агрогеоинформационных систем агроэкологической оценки земель (РАГИС АЗ) — после их адаптации и настройки к условиям соответствующего района и, при необходимости, хозяйства.

Используемые в РАГИС АЗ нормативные базы данных шкал и эталонных значений основных диагностических показателей оценки включают в себя компоненты федерального, регионального и локального заполнения. Как



правило, все они имеют редактируемый характер, с разным уровнем доступа пользователей к редакции. Использование методов динамического моделирования и анализа педотрансферных функций перспективно, но в настоящий момент ограничено сравнительно небольшим набором гидро- и агрофизических функций, модели которых верифицированы для условий определенного типа земель. Возможные области их применения ограничены информационной базой анализа (набором численных решений моделей и трансферных функций).

Федеральные компоненты включают в себя базовый перечень анализируемых функциональных факторов оценки и ОДПО, алгоритмов их анализа и основных правил рамочной базы знаний для экспертной оценки данных.

Региональные компоненты включают в себя компьютерный агроклиматический справочник, региональные БД агроэкологических требований культур, районированных агрохимических, агрофизических, экономических и экологических нормативов и коэффициентов, используемых в алгоритмах оценки.

Локальные компоненты формируются посредством уточнения-редакции региональных нормативов и шкал оценки, уточнения набора выращиваемых культур и агроэкологических особенностей анализируемых земель. Агрономически подготовленные пользователи могут использовать для их заполнения и редакции результаты местных полевых опытов и экспериментов и/или результаты сравнительного анализа доступного набора нормативного материала, полученного в близких агроландшафтных условиях.

Верификация и настройка базовых расчетных алгоритмов проводятся агрономически и информационно подготовленными пользователями — по согласованию с разработчиками РАГИС АЗ и с учетом агроэкологических особенностей земель региона и района анализа, основного набора выращиваемых культур, их агроэкологических требований и технологий выращивания.

Адаптация к условиям и задачам хозяйства основных форм ввода и вывода информации, местных нормативов и коэффициентов проводится на основе стандартных форм рамочной структуры программы, нормативно-справочных БД с районированной системой нормативов, опроса специалистов, местных особенностей хозяйства и ретроспективного решения основных расчетно-аналитических задач.

Считывание информации из готовых баз данных или стандартных файлов предусматривает обязательную или периодически повторяющуюся процедуру проверки правильности однозначного выбора запрашиваемых данных из содержащего их массива. Как правило, в базах знаний для этого создают дополнительные алгоритмы тестирования считываемой информации на ее соответствие характерной для запрашиваемых данных размерности (см. содержания элементов питания на рис. 7.6).

При оценке уровня соответствия земельного участка рассматриваемому варианту сельскохозяйственного землепользования (культура, агротехнология) обычно применяются гибко настраиваемые (согласно анализу конкретной ситуации и перечню выбранных из рассмотренных в разделе 2 факторов

и параметров оценки) алгоритмы дерева решений и мультипликативной оценки с элементами жесткого ограничения по лимитирующему фактору [9, 66, 90, 92, 293, 295].

**Просмотр поля хозяйства**

Для просмотра параметров выбрано поле - 01-2-5-2  
 Год заполнения - 2002 Тип почв - Черноземы типичные  
 Степень эродированности - Слабоэродированные Мех. состав - Тяжелосуглинистый

Метрические характеристики поля			Средние параметры почв		
Наименования	Размерн.	Значения	Наименования	Размерн.	Значения
Площадь поля	га	18.7	Кислотность (рН солевой)	рН	5.45
Длина гона	км	0.7	Гидролит. кислотность	мг-экв/100г	4.95
Удаление от склада ГСМ	км	3.25	Содержание гумуса	%	5.53
Удаление от склада урожая	км	1.85	Мощность гум. горизонта	см	70
Удаление от склада удобрений	км	2.35	Содерж. фосфора (по Чирикову)	мг/100г	170
Крутизна склонов	град	4	Содерж. калия (по Чирикову)	мг/100г	155
Плотность сложения	г/куб.см	1.25	Содерж. азота (по Корнафилду)	мг/100г	186
Экспозиция склонов (сев.южн.)		южн.	Сумма поглощенных оснований	мг-экв/100г	26.39

Дозы внесения удобрений по годам (за 10 лет)					История поля за 10 лет		
Год/Вид	Орган., т/га	Извес., т/га	Азотные, кг/га	Фосфор, кг/га	Годы	Культура	Урожайд./га
2002	0	0	0	0	2002		
2001	0	0	0	0	2001	Горох	20.0
2000	0	0	52.35	0	2000	Озимая пшеница	21.3
1999	0	0	20.9	0			
1998	0	0	0	0			

Если просмотр поля завершен -->  Cancel

Нажми, заменив параметры поля для текущего расчета

Рис. 7.6. Пример бланка ввода-корректировки текущих значений почвенных характеристик для агроэкологической оценки земель

При агроэкологической типизации структур почвенного покрова и функционально-целевом зонировании землепользования особое внимание уделяется степени внутрипольного варьирования почвенного плодородия, тепловому и влажностному режимам почв — в зависимости от экспозиции и крутизны склона, преобладающих форм микрорельефа (см. раздел 2.3).

Автоматизированные системы агроэкологической оценки земель предусматривают оперативное отражение получаемых результатов оценки на экране монитора в стандартных формах отчетов с последующей возможностью их экспорта, стирания или печати — в виде таблиц или диаграмм. Совмещение баз данных с локальными геоинформационными системами анализируемых объектов позволяет получать результаты анализа в виде электронных картосхем и их распечаток, что облегчает работу над последующим проектированием адаптивно-ландшафтных систем земледелия.

## 8. ПРОЕКТИРОВАНИЕ АДАПТИВНО-ЛАНДШАФТНЫХ СИСТЕМ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ И АГРОТЕХНОЛОГИЙ

### 8.1. Проект АЛСЗ как составная часть проекта внутрихозяйственного землеустройства

#### 8.1.1. Основное содержание проекта внутрихозяйственного землеустройства на эколого-ландшафтной основе

Организация земледелия сопряжена с решением множества задач, связанных с социальными программами, развитием животноводства, переработкой сельскохозяйственной продукции и, прежде всего, с рациональным экологически безопасным использованием земельных ресурсов. Данная проблема должна разрабатываться на различных территориальных уровнях: в виде генеральной схемы использования земельных ресурсов на уровне страны, схемы использования и охраны земель — на уровне субъекта Федерации, схемы землеустройства — для административного района, проекта внутрихозяйственного землеустройства — для сельскохозяйственных предприятий, рабочих проектов по мелиорации, использованию и охране земель — для конкретных объектов на территории хозяйства.

В стране имеется многолетний опыт землеустроительного проектирования в этой иерархии со всеми его достоинствами и недостатками. С изменением социально-экономической обстановки роль его несколько не уменьшилась, учитывая преобладание крупных предприятий с разнообразными агроэкологическими условиями и производственно-экономическим потенциалом, но значительно повысились требования в плане экологизации хозяйственной деятельности, дифференциации ее применительно к природным условиям, адаптации к рынку, обоснованности принимаемых решений на альтернативной основе.

Современный проект внутрихозяйственного землеустройства должен включать в себя решение весьма обширного комплекса задач, важнейшими из которых являются следующие:

- агроэкологическая, социозэкологическая и экономическая оценка земель;
- обоснование специализации производства, соотношения и структуры сельскохозяйственных угодий;
- определение организационно-производственной структуры хозяйства, состава, количества и размеров производственных подразделений;
- обоснование расселения и размещения сельских поселений, установление границ и площадей населенных пунктов;
- размещение земельных массивов производственных подразделений;
- ограничения и обременения в использовании земель;
- размещение производственных центров и хозяйственных дворов с учетом экологических требований;

обоснование развития животноводства с учетом природно-ресурсного потенциала, социальных условий и конъюнктуры рынка, размещение животноводческих ферм;

размещение внутрихозяйственных магистральных дорог, мелиоративных, водохозяйственных объектов и других инженерных сооружений;

обоснование структуры пашни и севооборотов, проектирование системы севооборотов, размещение полей и производственных участков, обоснование систем обработки почвы, удобрения, химической мелиорации почв и защиты растений в севооборотах. Размещение защитных лесных полос и кустарниковых кулис, размещение полевых дорог, определение агротехнических противоэрозионных мероприятий, простейших гидротехнических противоэрозионных сооружений, размещение источников полевого влагоснабжения, устройство территории севооборотов, паспортизация полей и рабочих участков;

обоснование кормопроизводства, устройство территории пастбищ и сенокосов;

обоснование осушительных, оросительных, противоэрозионных мелиораций и агромелиоративных мероприятий;

специальные мероприятия по охране земель, вод, атмосферы, животного и растительного мира.

Нет сомнения, что по мере усложнения производства, повышения его наукоемкости этот список будет расширяться в сторону проектирования современных технологий производства продукции растениеводства и животноводства и ее переработки. Речь идет о разработке в ближайшей перспективе комплексных проектов сельскохозяйственного или агропромышленного производства для сельскохозяйственных предприятий.

Так или иначе в основе таких проектов останется формирование адаптивно-ландшафтных систем земледелия на тех позициях, которые рассмотрены в данном Методическом руководстве. Большая часть перечисленных позиций, прямо или косвенно влияющих на ведение земледелия, учитывается при проектировании АЛСЗ.

### ***8.1.2. Анализ производственной деятельности сельскохозяйственного предприятия***

На стадии подготовительных и обследовательских работ производятся сбор, изучение и систематизация отчетных, проектных, картографических и других материалов, характеризующих социально-экономическое состояние хозяйства, его хозяйственную деятельность, качественное состояние и условия использования земель. Анализ этих материалов выполняется по следующим параметрам:

характеристика землепользования (землевладения), его местоположение относительно районного центра, пунктов реализации сельскохозяйственной продукции, наличие населенных пунктов, численность населения, в том числе работоспособного и работающего на сельскохозяйственном предприятии, размеры хозяйства, наличие, размеры и размещение участков постороннего пользования, состав и структура угодий, режим и условия пользования землей;

организационно-производственная структура хозяйства, число, размеры и размещение производственных подразделений, внутривладельческая специализация, размещение производственных центров, в том числе животноводческих ферм, структура животноводства;

структура посевных площадей и севообороты, размещение полей и производственных участков, площади и состояние защитных лесных насаждений, недостатки устройства территории севооборотов, сокращение посевных площадей и т.д.;

состояние сенокосно-пастбищных угодий, плодово-ягодных насаждений, мелиорированных земель, лесных насаждений, противоэрозионных насаждений и др.;

состояние машинно-тракторного парка;

оценка эффективности использования земельных ресурсов (выход валовой и товарной продукции, урожайность культур, надой на фуражную корову, привесы животных, объем производства сельскохозяйственной продукции на 100 га пашни и сельскохозяйственных угодий, валовой доход, прибыль, себестоимость продукции, фондо- и трудоемкость, окупаемость затрат на 1 га и др.);

анализ обеспеченности основными средствами производства и эффективности их использования: анализ структуры основных средств, расчет показателей воспроизводства основных фондов (коэффициент обновления, коэффициент выбытия, коэффициент износа), обеспеченность предприятия основными фондами (фондообеспеченность, энергообеспеченность, фондвооруженность, энерговооруженность), анализ эффективности использования основных средств на предприятии (фондоотдача, фондоемкость);

анализ использования трудовых ресурсов и фонда оплаты труда: изучение и оценка обеспеченности предприятия и его структурных подразделений трудовыми ресурсами в целом, а также по категориям и профессиям, определение показателей текучести кадров (коэффициенты оборота по приему работников, оборота по выбытию, текучести кадров, постоянства состава персонала предприятия), анализ данных об использовании трудовых ресурсов, оценка производительности труда (производство валовой продукции на среднегодового работника, занятого в сельскохозяйственном производстве с учетом обслуживающего и управленческого персонала, производство валовой продукции на 1 чел.-день и 1 чел.-ч, прямые затраты труда на производство единицы продукции;

анализ себестоимости, рентабельности и финансовых результатов;

анализ финансового состояния сельскохозяйственного предприятия с целью оценки его платежеспособности, использования капитала, ликвидности активов, прибыльности и др., горизонтальный анализ бухгалтерского баланса, вертикальный (структурный) анализ бухгалтерского баланса, сравнительный аналитический баланс, анализ финансовой устойчивости, анализ ликвидности, анализ оборачиваемости капитала.

### *8.1.3. Обоснование специализации производства, соотношения и структуры сельскохозяйственных угодий*

Эти категории определяются, с одной стороны, экологическими условиями хозяйства, а с другой — требованиями рынка и производственным потенциалом товаропроизводителя.

Агроэкологические условия и природно-ресурсный потенциал хозяйства раскрываются материалами почвенно-ландшафтного картографирования и агроэкологической оценки земель.

Потенциальные возможности растениеводства и животноводства определяются исходя из соотношения и природно-хозяйственных характеристик агроэкологических групп земель. Чем больше доля плакорных земель, тем больше степень свободы в производственной деятельности товаропроизводителя, в частности, в отношении набора культур, выбора агротехнологий, повышения уровня их интенсификации, в том числе применения зернопропашных севооборотов с высоким насыщением пропашными культурами и т. д.

На землях более сложных агроэкологических групп — эрозийных, переувлажненных, солонцовых, литогенных и других с ограниченными возможностями возделывания многих полевых культур без мелиоративного улучшения повышается роль устойчивых кормовых растений и соответственно кормовых севооборотов, пастбище-, сенокосооборотов.

Пространственная дифференциация систем земледелия в соответствии с агроэкологическими группировками и типами земель включает наряду с созданием наиболее благоприятных условий для получения сельскохозяйственной продукции обеспечение экологической устойчивости ландшафта. Последнее требование является приоритетным в свете природоохранной парадигмы природопользования (экологический императив). Оно должно достигаться такой структурой угодий и размещением ее элементов, чтобы можно было вместе с агротехническими мероприятиями предотвратить чрезмерный поверхностный сток, смыв почвы, ветровую эрозию, развитие просадочных, оползневых явлений, подтопление, заболачивание и т. д.

Современная картина использования земель далеко не соответствует этим требованиям. Издержки декларативного землепользования в советский период и последствия постсоветского аграрного кризиса сплелись в сложный узел противоречий, преодоление которых составит главную задачу проектирования АЛСЗ на данном этапе. Первоочередной вопрос — снижение распаханности сельскохозяйственных земель, достигающей во многих районах страны 80 % и более, вывод из севооборота маргинальных земель. Процесс сокращения пашни получил стихийное развитие во второй половине 90-х годов, он был следствием экономической несостоятельности товаропроизводителей и неадекватной земельной политики. Поэтому наряду с маргинальными землями из пашни выпало много благополучных земель, которые находятся в различных стадиях бурьянистого перелога.

Процесс оптимизации доли пашни в составе сельскохозяйственных угодий не поддается упрощенной формализации и строгому нормированию. Неприемлемы появляющиеся в последние годы рецепты с указанием доли пашни (30, 40, 50% для разных зон), поскольку ландшафты в каждой зоне чрезвычайно разнообразны и устойчивость их зависит не только от доли пашни в составе угодий, но еще больше — от ее инфраструктуры, чередования в пространстве полей севооборотов, участков пастбищ, сенокосов, леса и т.п. В данной связи приобретает значение такое понятие, как критические параметры севооборотного массива, в частности, предельно возможная площадь сплошной распашки, при превышении которой существенно возрастает опасность развития дефляции, водной эрозии, обсыхания территории вследствие усиления поверхностного стока и уменьшения грунтового, ослабляется влияние полезной фауны (птиц, энтомофагов и др.). Это относится в основном к лесостепной и степной зонам. Оптимизация структуры угодий в этих зонах будет сопряжена, в первую очередь, с выводом из пашни большей части маргинальных земель (сильно- и среднеэрозионных, сильносолонцовых, литогенных и др.) в состав естественных сенокосов, пастбищ и других угодий. Это создает определенную мозаичность при снижении общей распаханности территории. Данная задача включает в себя залужение и залесение очагов деградации. Далее следует ориентироваться на восстановление лесов (на месте бывших островных, ленточных и др.), воссоздание их в местах, где особо важна их водоохранная, водорегулирующая и в целом природоохранная роль. Такая стратегия наряду с развитием внутрислоевого экологической инфраструктуры (создание водорегулирующих лесных полос, залужение эрозионных ложбин стока, полосное размещение полевых культур и многолетних трав) будет способствовать существенному оздоровлению экологической обстановки и интенсификации земледелия.

Определенная стратегия требуется и в отношении водной составляющей сельхозугодий. Суть ее в упорядочении использования поверхностных вод и разработке нового подхода к регулированию поверхностного стока, использованию и строительству водохранилищ с учетом ландшафтно-геохимических связей во избежание проявлений вторичного гидроморфизма, получивших широкое распространение.

Конкретные решения по структуре угодий будут приниматься также с учетом новой структурной и технологической политики в развитии животноводства.

#### ***8.1.4. Определение организационно-производственной структуры хозяйства, состава, количества и размеров производственных подразделений***

При размещении подразделений и хозяйственных центров проектирование начинается с обоснования организационно-производственной структуры хозяйства, ее увязки с особенностями землевладения и землепользования, расселения, организации производства и территории. Организационно-производственная структура хозяйства — это такое сочетание внутривоспроиз-

ственных производственных подразделений и аппарата управления, которое обеспечивает определенную организацию и управление производством, закрепление и использование земли, других средств производства и трудовых ресурсов. В настоящее время чаще всего встречаются отраслевая, территориальная и комбинированная структуры.

Отраслевая структура сочетает в себе централизованное управление предприятием с функционированием специализированных подразделений (цехов, бригад, звеньев, ферм, организуемых по отраслям — полеводству, кормопроизводству, овощеводству, садоводству, свиноводству и т.д.). Ее целесообразно применять в хозяйствах, имеющих небольшое по площади, компактное землевладение, один основной населенный пункт, хорошую дорожную связь со всеми земельными массивами, высокий уровень специализации и концентрации производства. Такая структура основана на тесной увязке административного и технологического руководства и дает наибольший эффект на предприятиях, обеспеченных квалифицированными кадрами, с высоким уровнем механизации производства. Она характерна для многих овоще-молочных, плодово-ягодных, свиноводческих, молочных хозяйств.

Территориальная структура предполагает сочетание центрального аппарата и комплексных производственных подразделений (отделений, производственных участков, комплексных бригад). Как правило, она бывает двух- или трехступенчатой (например, предприятие — комплексное подразделение — специализированная бригада). Аппарат управления предприятием базируется на центральной усадьбе, комплексных производственных подразделений — на усадьбах производственных участков, специализированных бригад — на фермах, полевых станах или в других производственных центрах. Структура такого типа используется в хозяйствах, занимающих обширную территорию, имеющих несколько населенных пунктов или большие обособленные массивы обрабатываемых земель. Особенно широкое распространение она получила в зерново-скотоводческих и зерновых хозяйствах.

Комбинированная структура сочетает в себе принципы территориальной и отраслевой структуры. Она предусматривает прямое подчинение центральному аппарату управления как комплексных производственных подразделений, так и специализированных бригад (цехов). Ее рекомендуется вводить на предприятиях, развивающихся быстрыми темпами основные отрасли, которые в целях концентрации и улучшения технологий выделяются в самостоятельные подразделения, охватывающие несколько крупных селений или осуществляющие производство на нескольких разобщенных массивах.

После обоснования организационно-производственной структуры хозяйства решают вопрос о формах, количестве и размерах производственных подразделений. В результате аграрных преобразований на предприятиях появилось множество крестьянских хозяйств и подразделений, работающих на коммерческом расчете, аренде, подряде, а также в качестве кооперативов, паевых товариществ, дочерних компаний. При проведении внутривозвращенного землеустройства важно установить, какие производственные подразделения и на каких принципах получили землю, на какой срок она за ними



закреплена, определить площади, местоположение и границы этих земель. В зависимости от территориальной общности, иерархического уровня и способов закрепления земли различают отделения (производственные участки, цехи), бригады, отряды, звенья.

В проекте внутрихозяйственного землеустройства устанавливают количество, размеры и размещение отделений, производственных участков, бригад, цехов, за которыми закрепляется земля.

При определении размеров производственных подразделений по земельной площади учитывают:

формы собственности на землю, землевладения и землепользования, применяемые в хозяйстве;

специализацию производственных подразделений;

плодородие земель хозяйства, их местоположение, конфигурацию и другие особенности;

формы производственных подразделений, размеры трудовых коллективов, уровень фондооснащенности и организации труда;

размеры животноводческих отраслей;

систему расселения в хозяйстве;

оптимальные размеры производственных подразделений, рекомендуемые научно-исследовательскими учреждениями для зоны расположения хозяйства.

Внутрихозяйственные производственные подразделения по их виду и уровню специализации подразделяют на комплексные, занимающиеся производством нескольких видов продукции (например, производством, откормом скота и заготовкой кормов), и специализированные, возделывающие одну-две культуры или обслуживающие одну группу животных.

При обосновании специализации производственных подразделений нужно стремиться к тому, чтобы состав угодий, культур и животных, закрепляемых за подразделением, обеспечивал по возможности равномерную загрузку работников в течение всего года при ограниченном привлечении ресурсов со стороны. Это условие лучше выполняется при организации комплексных подразделений.

Нагрузка пашни (га) на одного механизатора может быть определена путем деления средней занятости работников за полевой период (1281 чел.-ч) на затраты труда на 1 га пашни (чел.-ч) по всем культурам, возделываемым в севообороте. Нормативы затрат труда на 1 га (чел.-ч) определяют по технологическим картам.

Количество производственных подразделений в хозяйстве зависит от их размеров, организационно-производственной структуры предприятия, размера его землевладения (землепользования), плодородия и местоположения земель. При увеличении размеров землевладения, ухудшении его конфигурации, расчлененности и разобщенности угодий количество внутрихозяйственных подразделений увеличивается, а их размеры соответственно уменьшаются.

### *8.1.5. Подбор и размещение сельскохозяйственных культур с использованием ГИС-технологий*

Непосредственное проектирование АЛСЗ, т.е. принятие конкретных решений, начинается с выбора и размещения сельскохозяйственных культур, их сортов и технологий возделывания. Определяющими обстоятельствами в данном отношении являются степень соответствия агроэкологических условий землевладения или землепользования агроэкологическим требованиям сельскохозяйственных культур, имеющих спрос на рынке (прямо через продукцию растениеводства или косвенно через продукцию животноводства), и эффективность их возделывания.

**Выбор культур** для хозяйства и поля осуществляют на основе изучения комплекса взаимосвязанных факторов. Растения могут нормально развиваться только при соответствии экологических условий обитания их биологическим требованиям.

На плодородных почвах выращивают более требовательные высокоурожайные культуры, часто имеющие недостаточно мощную корневую систему (пшеница яровая и озимая, сахарная свекла, ячмень, горох, фасоль, лен, конопля и др.). Менее требовательны к плодородию почвы культуры, отличающиеся хорошо развитой корневой системой или повышенной усвояющей способностью корней (рожь, сорго, овес, нут, чина, пелюшка, люпин желтый и синий, сераделла, гречиха и др.). Они меньше снижают урожайность при выращивании их на смытых, супесчаных и других почвах с пониженным плодородием.

На эродированных почвах сильнее других снижают урожайность сахарная свекла, картофель, подсолнечник, конопля, махорка, пшеница, просо. Их необходимо выращивать на несмытых почвах равнин. Среднетребовательные культуры (ячмень, гречиха, зернобобовые, однолетние травы) допустимо возделывать на склоновых землях средней эродированности. На сильносмытых почвах нужно выращивать малотребовательные культуры (овес, озимую рожь, люцерну желтую, эспарцет песчаный, донники желтый и белый, житняк и др.).

На почвах с щелочной реакцией почвенного раствора высевают люцерну, сахарную свеклу, нут, капусту, с нейтральной или слабокислой — пшеницу, ячмень, кукурузу, зернобобовые, подсолнечник, клевер и на кислых почвах — люпин, сераделлу, турнепс, брюкву, картофель. Рожь, овес, гречиха, просо, тимофеевка сравнительно малотребовательны к реакции почвенного раствора.

На засоленных почвах высевают люцерну желтую, лядвенец рогатый, донник, житняк, нут, ячмень, арбуз, сафлор, рапс, горчицу и сахарную свеклу. Неустойчивы к засолению фасоль, гречиха, кукуруза, клевер луговой, клевер ползучий, лисохвост и др. На тяжелых хорошо гумусированных почвах растения страдают от засоления меньше, чем на малогумусных песчаных. На карбонатных почвах лучше удаются представители семейства бобовых (эспарцет песчаный, донник желтый и белый, люцерна желтая, нут, соя),

мятликовых (овсяница красная, житняк гребневидный, рожь, ячмень, кукуруза), амарант и некоторые виды семейства капустных (вайда красильная, сурепица и др.).

Легкие (песчаные и супесчаные) удобренные почвы можно использовать для возделывания озимой ржи, овса песчаного, сорго, картофеля, турнепса, арбуза, дыни, сераделлы, эспарцета песчаного, люцерны желтой и житняка. Не выносят песчаных почв кукуруза, пшеница, ячмень, горох, сахарная свекла и другие высокотребовательные культуры. Среднесуглинистые почвы больше подходят для овса, проса, сорго, гречихи, ячменя, подсолнечника, сои, фасоли, гороха, картофеля. Тяжелосуглинистые и глинистые структурные почвы предпочтительны для озимой и яровой пшеницы, ячменя, кукурузы, ржи, подсолнечника, кориандра, нута, фасоли, сахарной свеклы, конопли, вики, клевера лугового, донника желтого и белого, люцерны синей.

Оптимальная объемная масса черноземных почв для зерновых колосовых составляет 1,05-1,3 г/см<sup>3</sup>, для картофеля — 0,9-1,05, сахарной свеклы — 1-1,26, кукурузы — 1,05-1,3 г/см<sup>3</sup>. Люцерна, люпин, особенно донник могут нормально развиваться и при большей плотности почвы (1,3-1,4 г/см<sup>3</sup>).

В засушливых и теплообеспеченных районах лучше сеять короткодневные засухоустойчивые (с глубокоразвитой корневой системой или экономно расходующие влагу и имеющие транспирационный коэффициент 250-300) культуры — сорго, просо, кукурузу, нут, чину, люцерну, сахарную свеклу, подсолнечник, житняк, катран, вайду и др., а во влагообеспеченных районах — длиннодневные типичные хлеба, картофель, рапс, гречиху, кормовые бобы, вику, сераделлу и др., у которых транспирационный коэффициент составляет 450-500 и более. Лучше обеспечены влагой растения на северных склонах и в низинах, хуже — в верхней части южных склонов.

Для северных районов Российской Федерации лучше подходят конопля, лен, рыжик, горчица, клевер, рожь, пшеница, ячмень, вика, горох, чечевица, чина, всходы которых устойчивы к холодам и заморозкам (до -8°C), для средней полосы — среднетребовательные к теплу подсолнечник, свекла, картофель, люпин, кормовые бобы, нут и др., а для южных районов — теплолюбивые кукуруза, просо, соя, суданская трава, фасоль, сорго, арбуз, тыква, арахис. Наиболее жаростойки сорго, просо, ячмень, нут и чина.

При подборе культур для залужения пойм следует учитывать их устойчивость к длительному затоплению. Выдерживают ранневесеннее затопление половодьем до 30-40 дней и более канареечник тростниковидный, бекмания обыкновенная, лисохвост луговой, кострец безостый, пырей ползучий и мышиный горошек. Тимофеевка луговая, клевер белый, клевер розовый, люцерна рогатый, люцерна желтая и желтогибридная среднеустойчивы к затоплению (25-30 дней), пырей бескорневищный, овсяница луговая, мятлик луговой слабоустойчивы (до 15 дней), а эспарцет, клевер луговой, люцерна синегогибридная, ежа сборная, житняк гребневидный неустойчивы (4-10 дней). Кратковременное затопление талой водой (от 10-15 до 20 дней) могут выдержать также озимая пшеница и рожь. При летней повышенной температу-

ре многолетние травы выдерживают затопление не более 20-26 ч, зерновые культуры — 5-12 ч.

**Разработка агроэкологических карт.** После обоснования специализации производства с учетом прогнозов конъюнктуры рынка и соответственно объемов продукции растениеводства приступают к разработке карт пригодности земель для возделывания требуемых сельскохозяйственных культур, т.е. агроэкологических карт. Данная работа выполняется на основе электронной карты агроэкологических групп и видов земель путем сопоставления требований растений по всему набору параметров, перечисленных во втором разделе, с агроэкологическими параметрами каждого элементарного участка земель, представленными в банке данных ЭАА (вида земель). Каждому ЭАА, в зависимости от его агроэкологических характеристик, присваиваются категории пригодности для возделывания различных культур в соответствии с табл. 8.1. Данный этап, отличающийся большой трудоемкостью, хорошо поддается автоматизации.

Методом автоматизированной сортировки и выборки ЭАА по категориям пригодности формируются электронные агроэкологические карты пригодности земель для возделывания отдельных культур. На данных картах, помимо категорий пригодности, указываются рекомендуемые сорта и агротехнологии. Образец легенды такой карты приведен в табл. 8.1.

### 8.1. Легенда к агроэкологической карте пригодности земель для возделывания культуры

Цвет	Группа земель	Категория	Ограничивающие факторы	Рекомендуемый уровень интенсификации, агротехнологии	Сорт
------	---------------	-----------	------------------------	--	------

Распечатки агроэкологических карт пригодности земель для возделывания некоторых культур из проекта АЛЗ учхоза ТСХА «Дружба» представлены на цветной вкладке.

## 8.2. Проектирование севооборотов и полевой инфраструктуры

### 8.2.1. Экологические критерии

В земледельческой науке сформирован разносторонний подход к формированию севооборотов, в основе которого лежат следующие критерии: регулирование режима органического вещества почвы и минеральных элементов питания; поддержание удовлетворительного структурного состояния почвы; регулирование водного баланса агроценозов; предотвращение процессов эрозии и дефляции; уменьшение засоренности посевов; регулирование фитосанитарного состояния почвы.

В развитие этих позиций адаптивно-ландшафтный подход позволяет найти экологическую нишу той или иной культуры, подобрать близкие по агроэкологическим требованиям группы культур для определенной категории земель. Такое экологически обусловленное размещение культур наиболее

эффективно в экономическом отношении и в наибольшей мере решает задачи предотвращения деградации агроландшафтов, поскольку учитывается средообразующее влияние культур и технологий их возделывания. Там, где площади земель тех или иных агроэкологических типов не позволяют развернуть севооборот в пространстве, чередование культур осуществляется лишь во времени. Это важно и в связи с изменяющейся конъюнктурой рынка, когда товаропроизводителям приходится менять структуру посевных площадей.

### *8.2.2. Социально-экономические критерии*

Помимо природных факторов, проектирование севооборотов различных типов и размеров определяется социально-экономическими условиями: специализацией производства, формами организации труда, обеспеченностью трудовыми ресурсами, технической оснащенностью, размещением хозяйственных центров, состоянием дорожной сети и др.

Формирование севооборотов — многоплановая задача, связанная с поиском компромиссов между экологическими и социальными требованиями производства. Экологические функции севооборотов часто находятся в противоречии с требованиями специализации производства, когда товаропроизводитель сокращает набор культур, требующих различных технологических комплексов по возделыванию, хранению и переработке и концентрирует их производство в специализированных севооборотах.

Преимущества специализации сельскохозяйственного производства обусловлены уменьшением потребности в технических средствах, использованием наиболее эффективных достижений научно-технического прогресса, современных средств автоматизации, сокращением потребности в специалистах и повышением их профессионального уровня, возможностью совершенствования технологий с целью повышения качества продукции.

Ограничения, налагаемые социальными условиями, еще более сужают свободу выбора. Чем больше видов продукции производит хозяйство, тем сложнее организовать их производство и труднее выдерживать конкуренцию, особенно для малочисленных коллективов.

Современные достижения в области химизации земледелия позволяют в определенной мере сгладить эти противоречия. При оптимальной обеспеченности удобрениями и пестицидами, использовании устойчивых к болезням сортов, биопрепаратов значение культурооборота в отношении регулирования минерального питания растений, борьбы с сорняками, болезнями и вредителями ослабляется, возрастают возможности повторного возделывания культур.

Задача проектировщика заключается в том, чтобы найти компромиссное решение, не переходя, однако, предельные возможности насыщения севооборотов теми или иными культурами, установленные зональными НИИ для различных условий.

Непреодолимым препятствием на пути углубления специализации севооборотов пока остается биологическое утомление вследствие накопления в

почве колинов. Большинство других сдерживающих факторов может быть преодолено различными средствами, вопрос, однако, в степени их затратности и экологической безопасности.

### *8.2.3. Оптимизация структуры пашни и севооборотов*

Перспективы совершенствования структуры пашни и севооборотов, помимо рационального размещения культур и их чередования (рис. 8.1), связаны с оптимизацией доли чистого пара и многолетних трав, расширением посевов бобовых культур, введением пожнивных посевов.

Чистый пар — одна из наиболее противоречивых категорий в земледелии. При всем значении чистого пара ему присущи такие серьезные недостатки, как повышенная эрозийная опасность, сокращение поступления в почву растительных остатков, чрезмерная минерализация органического вещества, потери азота вследствие миграции нитратов за пределы корнеобитаемого слоя, высокий непроизводительный расход влаги. Из-за этих недостатков чистый пар оказывается своего рода данью ради устойчивости производства зерна и некоторых других культур, поскольку его роль связывается с созданием определенной влагообеспеченности посевов, преодолением засоренности, накоплением минерального азота в почве, улучшением фитосанитарной ситуации, снижением напряженности полевых работ в периоды максимальных нагрузок, получением высококачественного зерна. Вследствие такой неоднозначности данная проблема постоянно сопровождается дискуссиями о целесообразности чистого пара и его долевого участия в севооборотах. Решая эту задачу, следует исходить из того, насколько его функции могут быть заменены другими средствами. Если регулирование минерального питания и фитосанитарной ситуации достигается применением удобрений, гербицидов и средств борьбы с сорняками, а производственные пиковые нагрузки снимаются дополнительными производственными ресурсами, то главным критерием чистого пара или замены его занятым становится влагообеспеченность. С этих позиций с учетом имеющихся экспериментальных данных и производственного опыта можно полагать, например, что в лесостепных районах возделывания яровой пшеницы при оптимальной обеспеченности агрохимическими ресурсами и соответствующей культуре земледелия чистый пар может уступать место занятому. Исключение составляют севообороты с озимыми культурами.

В лесостепи европейской части чистый пар имеет страховочное значение при возделывании озимой пшеницы, особенно в звене пар — озимая пшеница — сахарная свекла. При этом доля чистого пара в пашне составляет 5-7%. При низком уровне обеспеченности агрохимическими ресурсами и повышенной засоренности полей она может возрастать до 7-10% и более. В восточных районах страны чистый пар — необходимый предшественник под озимую рожь в связи с коротким теплым периодом. В степной зоне чистый пар рассматривается как необходимое условие устойчивого производства зерна. Доля его в пашне может составлять 17-20% и более.

Культура	Предшественник																			
	озимая пшеница	озимая рожь	яровая пшеница	ячмень	овес	горох	вика	просо	гречиха	подсолнечник	сахарная свекла	картофель	кукуруза на зеленый корм	кукуруза на силос	кукуруза на зерно	бобово-злаковые смеси	клевер, эспарцет	костер	кормовые корнеплоды	черный пар
Озимая пшеница	Д	Д	Нд	Нд	Нд	Ц	Д	Нд	Д	Нд	Нд	Д	Ц	Д	Нд	Ц	Ц	Д	Нд	Ц
Озимая рожь	Д	Д	Нд	Нд	Нд	Ц	Д	Нд	Д	Нд	Нд	Д	Ц	Д	Нд	Ц	Ц	Д	Нд	Ц
Яровая пшеница	Ц	Ц	Нд	Нд	Нд	Ц	Ц	Д	Д	Д	Ц	Ц	Нр	Ц	Д	Ц	Ц	Ц	Ц	Нр
Ячмень	Ц	Ц	Нд	Нд	Л	Нр	Ц	Ц	Ц	Д	Ц	Ц	Нр	Ц	Д	Нр	Нр	Ц	Ц	Нр
Овес	Ц	Ц	Нд	Нд	Нд	Нр	Ц	Ц	Ц	Д	Ц	Ц	Нр	Ц	Д	Нр	Нр	Ц	Ц	Нр
Горох	Ц	Ц	Ц	Ц	Ц	Нд	Нд	Ц	Ц	Д	Д	Д	Нр	Ц	Д	Нр	Нр	Ц	Д	Нр
Вика, чина	Ц	Ц	Ц	Ц	Ц	Нд	Нд	Ц		Нд	Д	Д	Нр	Ц	Д	Нр	Нр	Ц	Д	Нр
Просо	Ц	Ц	Ц	Ц	Ц	Ц	Ц	Нд	Ц	Д	Ц	Ц	Нр	Нд	Д	Ц	Ц	Ц	Ц	Нр
Гречиха	Ц	Ц	Ц	Ц	Ц	Нр	Ц	Д	Д	Нд	Ц	Ц	Нр	Ц	Д	Нр	Нр	Ц	Д	Нр
Подсолнечник	Ц	Ц	Д	Ц	Д	Нр	Нр	Д	Д	Нд	Нд	Ц	Нр	Д	Нд	Нр	Нр	Нр	Нд	Нр
Кукуруза	Ц	Ц	Д	Ц	Ц	Нр	Нр	Д	Нр	Д	Нд	Д	Нр	Ц	Д	Д	Нд	Нд	Д	Нр
Сахарная свекла	Ц	Ц	Д	Д	Нд	Нр	Нр	Д	Д	Нд	Нд	Д	Нр	Нд	Нд	Нр	Нд	Нд	Нд	Нр
Картофель	Ц	Ц	Д	Д	Д	Нр	Нр	Д	Д	Нд	Д	Д	Нр	Д	Нд	Нд	Нд	Нд	Нд	Нр
Бобово-злаковые	Нр	Нр	Ц	Ц	Ц	Нр	Нр	Ц	Ц	Д	Нр	Нр	Нр	Нр	Ц	Нр	Нд	Д	Нр	Нр
Люцерна, эспарцет	Нр	Нр	Ц	Ц	Ц	Нр	Нр	Ц	Ц	Нд	Нр	Нр	Нр	Нр	Ц	Нр	Нр	Д	Д	Нр
Костер	Нр	Нр	Ц	Ц	Ц	Нр	Нр	Ц	Ц	Нд	Д	Д	Нр	Нр	Нд	Нр	Нр	Нд	Д	Нр
Кормовые корнеплоды	Ц	Ц	Д	Д	Д	Нр	Нр	Д	Д	Нд	Нд	Нр	Нр	Д	Д	Нр	Нр	Д	Нд	
Черный пар	Нр	Нр	Ц	Ц	Ц	Нр	Нр	Ц	Нр	Д	Нр	Нр	Нр	Нр	Нр	Нр	Нр	Нр	Нр	Нд

Примечание. Чередование культур: Ц — наиболее целесообразное; Д — допустимое; Нр — нерациональное; Нд — недопустимое.

Рис. 8.1. Предшественники сельскохозяйственных культур

В оптимизации посевных площадей и севооборотов велика и разнообразна роль многолетних трав, изменяющаяся в зависимости от зональных и ландшафтных условий и уровня интенсификации земледелия.

В степной зоне многолетние травы необходимо размещать в почвозащитных севооборотах на эрозионно- и дефляционноопасных землях, на почвах с близким залеганием грунтовых вод и дополнительным поверхностным увлажнением, в севооборотах на орошаемых землях.

В лесостепной и особенно в таежно-лесной зонах роль многолетних трав в пашне существенно возрастает, особенно при низкой обеспеченности ее агрохимическими ресурсами.

#### ***8.2.4. Длительность ротации севооборотов***

При большом наборе возделываемых культур в крупных хозяйствах проектируются многопольные севообороты. При этом минимальная длительность севооборота определяется минимально возможными сроками возвращения на прежнее место подсолнечника. В зависимости от устойчивости сортов к болезням, фитосанитарной ситуации и интенсивности защитных мероприятий эти сроки могут составлять 5-11 лет.

Практика многопольных севооборотов (8-12 полей) имеет давнюю историю и довольно широкое распространение, однако высокая эффективность их проявляется лишь при достаточно однородных условиях агроландшафта. Многопольные севообороты удобны своей пластичностью. Они позволяют в соответствии с изменяющимися потребностями рынка вводить новую культуру, не нарушая принципов плодосмена. В них легче предоставить под отдельные культуры не только одно, но и два поля, избегая дробления полей. Важно, чтобы севооборотные массивы располагались в пределах одного агроэкологического типа земель. Поскольку такие условия складываются нечасто, приходится выделять в пределах полей севооборотов производственные участки, отличающиеся уходом за посевами.

Севообороты для крестьянских хозяйств должны быть более компактными, с короткой ротацией и рассредоточенными сроками возделывания культур и сортов с различным поспеванием.

#### ***8.2.5. Проектирование полей севооборотов и производственных участков***

Проектирование систем севооборотов и сенокосо-, пастбищеоборотов осуществляется применительно к агроэкологическим группам земель с учетом рассмотренных принципов.

Полевые севообороты проектируются в пределах определенных агроэкологических типов земель. Довольно редко севооборотные массивы бывают однородными, когда не возникает проблем с нарезкой полей. Чаще всего на фоне преобладающего агроэкологического типа земель (фонового) имеются включения сопутствующих типов земель различной контрастности, которые пригодны для возделывания данной культуры, но при различных уровнях интенсификации и соответственно разных технологиях. Такие земли выделяются в производственные участки в пределах полей севооборотов. На этих



участках выполняются противоэрозионные, мелиоративные и другие мероприятия, приближающие условия возделывания культур к фоновым агроэкологическим типам. Для высоких агротехнологий в пределах полей севооборотов выделяются производственные участки с высокой агроэкологической однородностью. Выделенные сильноконтрастные типы земель отводятся под участки постоянного залужения.

Размер производственного участка определяется, с одной стороны, требованиями экологической однородности, а с другой – социально-экономическими условиями. С уменьшением размеров участков увеличиваются удельные производственные затраты. В частности, с уменьшением площади производственного участка с 20 до 5 га расход горючего на 1 га условной пашни увеличивается на 12-15%. Уменьшение длины гона при работе агрегатов с 500 м до 150-200 м снижает их производительность на 30-35%.

Проектирование полей севооборотов и производственных участков выполняется на основе агроэкологических карт, сопоставление которых позволяет выявить группы культур с близкими требованиями по условиям возделывания и соответствующие им территории. Это делается путем взаимного наложения агроэкологических карт-слоев. При совпадении контуров одних категорий пригодности для разных культур выделяются типы земель, на которых размещаются соответствующие севообороты.

Вначале решают задачу размещения севооборотов с наиболее требовательными культурами, например, озимой пшеницей, сахарной свеклой, кукурузой, соей на землях первой категории, пригодных для высоких агротехнологий, если позволяет их площадь. Если она невелика, в севооборотный массив вовлекают плакорные земли второй категории, пригодные для этих культур с умеренными ограничениями (микрорельеф, умеренные по контрастности и сложности микрокомбинации почв и др.). Тогда возникает проблема пространственной дифференциации агротехнологий, которая решается выделением производственных участков в пределах севооборотных полей. Эти участки могут включать в себя контуры солонцовых, переувлажненных, переуплотненных, эрозионноопасных и других почв и микрокомбинаций, для которых проектируются локальные осушительные, противоэрозионные и другие мелиоративные мероприятия. В зависимости от мелиоративного состояния полей и производственных участков выбирается уровень интенсификации агротехнологий.

В случае неустраняемых лимитирующих факторов практикуется адапционный подход. В частности, на полях с локально выраженным западным микрорельефом выделяются наиболее однородные плоские производственные участки под интенсивные технологии возделывания озимой пшеницы, очень чувствительной к вымоканию в замкнутых микропонижениях, еще более высоки агроэкологические требования к производственным участкам, выделяемым под точные агротехнологии (табл. 8.2).

## 8.2. Возможности применения технологий возделывания озимой пшеницы различного уровня интенсификации на землях разных категорий пригодности

Категории земель	Агротехнологии			
	экстенсивные	нормальные	интенсивные	высокоинтенсивные
I	П	П	П	П (ОП)
II-1	П	П	ПМ	ПМ
II-2	П (Э)	ПЭ	ПМЭ	ОПМЭ
III-1	ОП	ПМ	ПМ	ПМ
III-2	П	ПМ	ПМ	ОПМ
III-3	П (э)	ОПЭ	ПМЭ	ОПМЭ
IV	МП	НП	НП	НП
V	ПМ	ПМ	ПМ	ОПМ
VI	Н	Н	Н	Н

**Примечание.** Условные обозначения пригодности использования земель:

П — пригодные без ограничений; ОП — ограниченно пригодные; ПМ — пригодные после мелиораций; ОПМ — ограниченно пригодные после мелиораций; ПЭ — пригодные с использованием противоэрозионных мероприятий; ПМЭ — пригодные в контурно-мелиоративной системе; П (Э) — пригодные с риском проявления эрозии; МП — малопродуктивные; Н — непригодные.

Исчерпав возможности размещения наиболее прихотливых культур, проектируют севооборотные массивы для менее требовательных культур соответственно на менее благополучных землях. В числе плакорных земель такими могут быть, например, земли легкого гранулометрического состава, для которых можно составить севообороты с участием озимой ржи, картофеля, проса, люпина и т.п.

Проектирование использования, эрозионных земель осуществляется с учетом нормативов допустимого смыва почвы, а значит, затрат на его предотвращение, которые возрастают по мере усложнения ландшафта.

В отличие от массивов плакорных земель, эрозионные земли характеризуются большой неоднородностью, что сильно осложняет проектирование полей севооборотов. Соответственно уменьшаются размеры полей, увеличивается количество производственных участков, сокращается набор культур, возрастает разнообразие технологий их возделывания по агроэкологическим условиям при ограниченных возможностях интенсификации. Это показано на примере среднеэрозионных земель (категория III-3) в табл. 8.3. Здесь организация севооборотов будет иметь совершенно разные решения в зависимости от уровня интенсификации производства. При экстенсивной и нормальной агротехнологиях исключается возделывание пропашных культур. В этом случае целесообразно проектировать севооборот типа горох — озимая пшеница — просо (гречиха) — ячмень. Далекое не всегда его удастся разместить на сплошном земельном массиве, чаще всего поля будут разобщены в пространстве, перемежаясь с другими группами земель. На контурах с более спокойным рельефом нередко имеется возможность выделить производственные участки для интенсивных агротехнологий.

### 8.3. Ведомость категорий земель по пригодности возделывания под определенные группы культур

Код типа земель	Коды ЭАА, входящих в тип земель	Состав	Ограничивающие факторы	Куль-туры	Агротехнологии				Организа-ция терри-тории
					Э	Н	И	В	
1(2)		Пятнистости	Водная	Горох	П(Э)	ПЭ	ПМЭ	ПМЭ	Кон-турно-парал-лель-ная
3.3		и комплексы	эрозия	Озимая	П(Э)	ПЭ	ПМЭ	ОПМЭ	
3.3		черноземов	средняя	пшени-					
		обыкновен-	плоскост-	ца					
		ных глини-	стая, силь-	Сахар-	Н	Н	ПМЭ	ОПМЭ	
		стых с черно-	ная ли-	ная					
		земами смы-	нейная по	свекла					
		тыми и луго-	ложбинам,	Ячмень	П(Э)	ПЭ	ПМЭ	ПМЭ	
		вато-	запазды-	Просо	П(Э)	ПЭ	ПМЭ	ПМЭ	
		черноземны-	вание сро-						
		ми почвами	ков						
		на склонах 3-	послева-						
		5° с ложбин-	ния почв						
		ным микро-	по дни-						
		рельефом	щам лож-						
			бин на 3-6						
			дней						

**Примечание.** Код типа земель представляется в виде дроби, в числителе которой указывается порядковый его номер, в скобках — номер агроэкологической группы земель, в знаменателе — индекс категории земель в соответствии с группировкой их видов.

При более интенсивном уровне интенсификации возможен севооборот типа горох — озимая пшеница — сахарная свекла — ячмень при условии контурного размещения посевов в ландшафтных полосах, защищенных от эрозии валами, канавами и другими гидротехническими и лесомелиоративными мероприятиями. На отдельных производственных участках возможны высокие агротехнологии. Вопрос, однако, в экономическом обосновании такого уровня интенсификации. Экономические расчеты в таких случаях определяют выбор альтернативных решений в виде ограничения интенсификации или, наоборот, построения сложных контурно-мелиоративных систем земледелия.

Еще более сложную задачу представляет проектирование севооборотов на переувлажненных землях. Здесь приходится учитывать необычайное многообразие структур почвенного покрова и почв, сильно различающихся по своим свойствам. Присутствие в пределах севооборотных полей контрастных комбинаций почв резко снижает эффективность их использования, о чем свидетельствует печальный опыт известных кампаний по осушению этих земель. Необходимо особо точное проектирование производственных участков с заданными параметрами мелиорации почв и агротехнологий. При этом

следует избегать включения в поля севооборотов мозаик вследствие неустойчивой их контрастности, а также ташетов с близким подстиланием супесчаных почв глинами. После планировки таких полей в процессе гидротехнических мелиораций ташеты часто превращаются в мозаики.

При проектировании полевых севооборотов на солонцовых комплексах следует ориентироваться в основном на так называемые малосолонцовые земли, т.е. комплексы черноземов с солонцами 10-30%. Поля и производственные участки в южной лесостепи и степной зоне могут быть довольно большими. При их организации учитывают необходимость выборочной мелиорации солонцовых пятен, затрудняющих эффективность использования фоновых почв. Из-за солонцовых пятен снижается не только урожайность, но и качество продукции вследствие неравномерности роста и развития растений, возрастают экономические издержки, ограничиваются возможности применения интенсивных агротехнологий. Производственные участки создаются на контурах с повышенной концентрацией солонцовых пятен, особенно при таком пестром их расположении, когда приходится ориентироваться на сплошное гипсование участка.

В сложных ландшафтах, где выделение однородных по агроэкологическим условиям участков невозможно и приходится включать различные контрастные комбинации почв, агротехнологии выбираются по худшему компоненту.

Нередко приходится выделять внесевооборотные участки, на которых предусматривается чередование культур во времени. Выбор культур определяется текущей конъюнктурой рынка, это обеспечивает маневренность производства наряду с относительно стабильным производством растениеводческой продукции в севооборотах.

Помимо почвенно-ландшафтных условий формирования полей и производственных участков, часто немаловажное значение имеют эколого-биологические критерии. Например, размеры производственных участков под гречиху, люцерну на семена в большой мере определяются условиями их опыления, а следовательно, близостью и количеством естественных биоценозов с соответствующими энтомофагами, а также возможностью организации микрозаказников, пчелиных пазек и т.п.

Использование ГИС-технологий при проектировании севооборотов существенно облегчает учет и прогнозирование очагов деградации почв и ландшафтов, опасность заболачивания, вторичного засоления, эрозии, дефляции, оползней и других неблагоприятных процессов. Их предотвращение достигается в первую очередь за счет рационального размещения полей и производственных участков, оптимизации их размеров, конфигурации и обоснования агротехнологий.

Системы использования полей и производственных участков отражаются на плане внутрихозяйственного землеустройства и в ведомости производственных участков. Каждому полю и производственному участку присваивается номер, обозначаются его площадь, агроэкологический тип земель, рекомендуемый агрокомплекс и агротехнологии.

Распечатка схемы полей севооборотов и производственных участков из проекта АЛЗ учхоза ТСХА «Дружба» представлена на цветной вкладке.

### 8.2.6. Паспортизация полей и производственных участков

При устройстве территории севооборотов проводят паспортизацию полей и рабочих участков с агроэкологической и производственной оценкой земель. Агроэкологическая оценка земель выполняется по материалам базовой карты агроэкологических групп земель и элементарных ареалов агроландшафта и тематических электронных карт-слоев (форм и элементов мезорельефа, экспликации склонов, микрорельефа, микроклимата, почвообразующих пород, эрозии, солонцеватости, засоленности, кислотности, заболоченности, обеспеченности подвижными элементами питания, загрязненности тяжелыми металлами, радионуклидами и другими токсикантами). Основные данные, отбираемые из этих карт с указанием номеров контуров, отмечаемых в границах полей и производственных участков, сводятся в табл. 8.4 по прилагаемой форме. Помимо агроэкологических сведений, в этой таблице отражаются основные производственные характеристики, в особенности потенциальная урожайность основных культур, размеры полей и участков, сведения о мелиоративных мероприятиях, ограничения в использовании земель и др. Данная информация имеет важное значение для контроля за использованием земель, дифференциации цены земли, земельного налога и арендной платы за землю. Детализация агроэкологических и производственных характеристик полей и участков и их динамика отражаются в книге истории полей.

#### 8.4. Сводные данные паспортизации поля (№ севооборота, № площади, га) 2004 г.

Показатели	Номер производственного участка			
	1	2	3	4
Площадь, га				
Расстояние от производственного центра, км				
Агроэкологическая группа земель				
Порядковый номер контура ЭАА				
Индекс ЭАА				
Категория пригодности (I-VI)				
Сумма активных температур				
Коэффициент увлажнения по Иванову				
Форма и элемент мезорельефа				
Уклон местности, град				
Экспозиция склона				
Длина склона				
Почва				
Почвообразующая порода				
Гранулометрический состав почвы				
Мощность гумусового горизонта				

Продолжение табл. 8.4

Показатели	Номер производственного участка			
	1	2	3	4
Мощность пахотного слоя, см				
Содержание гумуса, %				
pH				
Валовое содержание фосфора ( $P_2O_5$ ), мг/кг				
Валовое содержание калия ( $K_2O$ ), мг/кг				
Подвижный фосфор ( $P_2O_5$ ), мг/кг				
Подвижный калий ( $K_2O$ ), мг/кг				
Загрязненность, мг/кг				
Мышьяк				
Медь				
Хром				
Цинк				
Никель				
Свинец				
Марганец				
Кадмий				
Кобальт				
Бериллий				
Ванадий				
Молибден				
Стронций				
Ртуть				
Литий				
Мощность дозы радиоактивного излучения, мкр/г				
Пестициды, мг/кг				
Опасность эрозии				
Опасность дефляции				
Мелиоративное состояние				
Длина осушительной дренажной сети				
Способ орошения				
Наличие противоэрозионных гидротехнических сооружений				
Площадь лесных полос				
Расстояние до лесных участков				
Потенциальная урожайность (среднеклиматически обеспеченная) озимой пшеницы, ячменя				
Наличие сервитутов				
Особый режим использования				

### 8.3. Особенности проектирования системы обработки почвы в севооборотах

Выбор оптимальной системы обработки почвы лежит в широком диапазоне всевозможных решений от традиционной системы вспашки до нулевой обработки через множество вариантов безотвальных, плоскорезных, отвальных обработок и их комбинаций при различных уровнях минимизации. Этот выбор определяется экологическим разнообразием условий, требованиями сельскохозяйственных культур и уровнем интенсификации производства, в частности, обеспеченностью агрохимическими ресурсами.

Для принятия решения необходимо отчетливо представлять функции почвообработки.

**Функции механической обработки почвы.** В различных природных условиях они имеют весьма неодинаковое значение, а часть их могут выполнять другие агротехнические и агрохимические приемы. Рассмотрим основные функции почвообработки в различных условиях.

1. *Оптимизация плотности почвы и структурного состояния.* На почвах, равновесная плотность которых близка к оптимальной для возделывания тех или иных культур, рыхлительная функция почвообработки сокращается. Становится возможной нулевая обработка, если другие функции почвообработки заменяются соответствующими средствами. Более детально о возможности отмены или сокращения числа и глубины механических обработок можно судить по наличию в почве водопрочных агрегатов размером более 0,25 мм. Детальные шкалы в этом отношении пока не разработаны, однако известно, что при содержании водопрочных агрегатов более 40% в суглинистых почвах возможности минимизации обработки почвы резко возрастают. К таким почвам относится большая часть черноземов и темно-серых лесных почв, окультуренные серые лесные и дерново-подзолистые и др. На уплотняющихся почвах (солонцовых, кислых, заболоченных и т.п.) предпосылки для минимизации почвообработки могут быть созданы путем химических, агротехнических и других мелиораций. Особую роль в данном отношении играет обогащение почвы органическим веществом.

2. *Регулирование водного баланса почв и ландшафтов.* Роль обработки в данном отношении заключается в обеспечении перевода осадков в почвогрунтовую толщу, сокращении поверхностного стока и уменьшении физического испарения с поверхности почвы, особенно в условиях проявления засух. Эта задача связана с первой и дополняется мульчированием поверхности почвы, противозерозионной организацией территории, лесными и другими мелиорациями.

На уплотняющихся почвах традиционная вспашка в различных вариантах (с почвоуглублением, лункованием, гребневанием и др.) в определенной мере решает задачи уменьшения поверхностного стока. Однако серьезным недостатком вспашки являются запыление поверхности, особенно на почвах с повышенной дисперсностью, подверженность смыву, размыву, дефляции. Более благополучны в этом смысле безотвальные обработки с сохранением

на поверхности пожнивных остатков и соломы, которые сдерживают развитие эрозии и дефляции, сокращают физическое испарение, способствуют поддержке снега и соответственно уменьшению промерзания почвы. Глубина мульчирующих обработок зависит от количества осадков, уклона, водопроницаемости почвы. Минимизация обработки почвы на склонах, особенно крутых, усиливает сток, хотя плоскостная эрозия ослабляется. При этом энергия поверхностного стока с плоскости склона переносится на берега гидрографической сети, в результате усиливается рост оврагов. По мере усложнения ландшафтов усиливается роль глубоких рыхлений. В целом необходим дифференцированный подход к глубине обработки на различных элементах рельефа, так же, как к высоте оставляемой стерни.

Глубокое рыхление необходимо на почвах с переуплотненным подпахотным слоем, особенно под пропашные и другие требовательные культуры, на почвах, подверженных временному поверхностному переувлажнению.

Нулевая или близкие к ней обработки эффективны в условиях более спокойного рельефа, более дефицитного водного режима и относительно благополучных в отношении фильтрационной способности почв, которая еще более усиливается за счет активизации биологического саморыхления.

Применение минимальных и нулевых обработок способствует сокращению испарения с поверхности почвы за счет уменьшения аэрации пахотного слоя и мульчирующего эффекта растительных остатков при достаточном их количестве. Благодаря мульче эффективнее используется конденсационная влага.

Соломенная мульча оказывает благоприятное влияние на тепловой режим почвы в южных районах, снижая температуру почвы благодаря увеличению альбедо.

*3. Предотвращение эрозии и дефляции почвы.* Функция защиты почв от водной эрозии целиком связана с регулированием поверхностного стока, водопроницаемостью и структурным состоянием почв, т.е. с рассмотренными функциями. В защите почвы от дефляции главная задача — обеспечение на поверхности определенного количества растительных остатков. Мульчирующие обработки в основном решают задачу защиты почвы от дефляции. Все другие известные противоэрозионные мероприятия имеют вспомогательное значение. Исходя из экологического императива, плоскорезная обработка должна доминировать в дефляционно-опасных районах, а ее недостатки должны быть компенсированы соответствующими мерами.

Роль мульчирующих обработок в предотвращении водной эрозии далеко неисчерпывающая, во всяком случае менее значительная, чем в случае дефляции. Тем не менее в умеренно-эрозионных ландшафтах она может иметь определяющее значение. Проблема заключается в трудностях освоения мульчирующих обработок, в преодолении их недостатков, наиболее активно проявляющихся в гумидных районах.

*4. Регулирование режима органического вещества и биогенных элементов, размещение удобрений и мелиорантов в пахотном слое.* Интенсивность минерализации органического вещества зависит от характера и частоты механи-



ческой обработки почвы. Наиболее активно этот процесс происходит при использовании почвы в системе вспашки. В экстенсивном земледелии вспашка является важным средством, способствующим высвобождению биогенных элементов из органического вещества, которое, в частности, служит главным источником азота. С этим связана традиционная забота о повышении биологической активности почвы, устранении дифференциации пахотного слоя, которая происходит в результате «прижимания» микрофлоры к поверхностным слоям почвы. Перемешивание почвы способствует инфицированию всего пахотного слоя и соответственно усилению процессов минерализации органического вещества во всем объеме почвы на фоне повышенной аэрации.

Безотвальная обработка наряду с предотвращением эрозионных потерь гумуса обеспечивает также уменьшение его биологических потерь. Дальнейшая минимизация обработки почвы еще более ослабляет процессы минерализации органического вещества. Соответственно уменьшается накопление минерального азота. В почвах степной зоны благодаря этому сокращаются потери нитратов в паровых полях вследствие их нисходящей миграции. На более увлажненных почвах, особенно в лесостепной и таежной зонах, при переходе на мульчирующие обработки снижается урожайность сельскохозяйственных культур из-за усиливающегося дефицита азота. Внесение азотных удобрений в этих условиях становится условием эффективного освоения безотвальных и тем более минимальных обработок.

При мульчирующих обработках отмечается повышение содержания подвижных форм элементов, особенно фосфатов, в верхней части пахотного слоя. Такая дифференциация его по агрохимическим показателям, усиливаясь со временем, особенно при поверхностном применении фосфорных удобрений, приводит к недобору урожая по сравнению со вспашкой, ибо при локализации питательных веществ в поверхностном слое снижается их позиционная доступность растениям, особенно в засушливые периоды. Данный факт рассматривается многими авторами как повод для периодического оборота пласта. Однако у этой точки зрения есть альтернатива (особенно в условиях высокой опасности дефляции) — внесение удобрений в среднюю и нижнюю части пахотного слоя комбинированными безотвальными орудиями.

Сложнее обстоит дело с внесением органических удобрений. По всем правилам они должны запахиваться плугом. Существуют однако попытки обоснования более высокой эффективности навоза при использовании его в качестве мульчи. При этом утверждается, что потери азота при разложении навоза полностью компенсируются за счет усиления фиксации азота из атмосферы. Преимущества навоза-мульчи объясняются уменьшением расхода влаги через испарение, ускорением прогревания почвы весной и предохранением ее от перегревания в жаркую погоду. Почва под навозом имеет большую воздухо- и водопроницаемость, хорошо поглощает ливневые осадки, сильно сокращается поверхностный сток. Данная позиция вызывает много вопросов и требует дифференцированного для различных условий изучения.

Она полностью противоречит, например, сложившимся методам окультуривания дерново-подзолистых почв, при которых под влиянием органических удобрений происходит улучшение структурного состояния пахотного слоя на всю его глубину и т.д.

Вспашка нужна для заделки химических мелиорантов, за некоторыми исключениями. Нередко возникает необходимость поверхностного внесения извести при подкислении почв в результате применения минимальной обработки, особенно при использовании азотных удобрений. Даже почвы с высокой буферностью, в том числе черноземы, при длительной минимизации обработки с поверхности подкисляются.

*5. Регулирование фитосанитарных условий.* До появления пестицидов обработка почвы наряду с севооборотом несла основные функции по борьбе с сорняками, болезнями и вредителями. При этом особую роль играет оборот пласта. Система вспашки наиболее эффективна для подавления вредных организмов. Замена ее бесплужной обработкой в большинстве случаев ухудшает фитосанитарную ситуацию. Повсеместно усиливается засоренность посевов при минимизации обработки. В гумидных районах весьма существенно возрастает развитие болезнетворных организмов, что является одной из главных причин «господства» вспашки в Германии, несмотря на рекомендации Г. Канта. Поэтому освоение мульчирующей обработки в эрозионно-опасных условиях, где она необходима в первую очередь, сопровождалось применением пестицидов, особенно гербицидов. Такое пестицидное сопровождение минимизации почвообработки противоречит задачам ее биологизации. Избыточное применение пестицидов подавляет мезофауну, в результате не достигается главная задача — биологическое саморыхление почвы. При ближайшем рассмотрении противоречивость данной ситуации не представляется безвыходной, учитывая совершенствование химических средств защиты растений и еще в большей степени нереализованные возможности современных технологий. Преодоление засоренности посевов в значительной мере может достигаться за счет создания благоприятных условий для прорастания семян сорняков в ранневесенний и осенний периоды и последующего уничтожения их механическими способами, особенно в районах с достаточно длительным вегетационным периодом. В сочетании с рациональным чередованием культур в севообороте, оптимальной долей чистого или занятого пара, применением промежуточных культур, своевременностью выполнения полевых работ, исключающей, в частности, обсеменение сорной растительности в осенний период, данная задача во многих случаях может быть решена без гербицидов или при очень ограниченном их применении.

*6. Создание оптимальных условий для посева и получения дружных всходов.* Эта функция почвообработки, значение которой часто недооценивается, приобретает особо важное значение при использовании высоких агротехнологий, которые предъявляют жесткие требования к получению дружных однородных всходов. В системе вспашки данная задача не представляет больших трудностей, хотя нередко требуется применение планировщиков и фрез для достижения необходимых параметров поверхности пашни и припосевно-

го слоя. В системе мульчирующих обработок в данном отношении возникают определенные трудности. Послеуборочные остатки являются существенным механическим препятствием для качественной заделки семян и получения дружных всходов, что сопровождается ослаблением кущения, изреживанием посевов озимых культур. Кроме того, в процессе разложения послеуборочных остатков образуется целый ряд вредных для растений веществ, таких как уксусная и коричная кислоты, фенолы и другие соединения. Некоторые из них токсичны не только для растений, но и для многих полезных микроорганизмов, в том числе связанных с мобилизацией питательных веществ почвы и послеуборочных остатков. При наличии большого количества послеуборочных остатков необходимы почвообрабатывающие орудия с большим клиренсом, а также специальные и приспособленные сеялки.

В условиях недостаточной теплообеспеченности мульча может задерживать появление всходов и созревание посевов из-за снижения температуры поверхностного слоя почвы в связи с повышенным альбедо.

В системе мульчирующей обработки важно обеспечить сохранение мульчи после посева. Известные образцы отечественных сеялок и комбинированных агрегатов не избавлены в достаточной степени от смешивания растительных остатков с почвой. Лучшие мировые образцы современных сеялок могут осуществлять прямой посев при любом количестве растительных остатков на поверхности, минимально разрушая мульчирующий покров только по следу прохода сошников. Растительные остатки в процессе посева изолируются от семян чистой почвой.

*7. Энергосбережение и экономичность.* Наряду с почвозащитной направленностью и стремлением к биологизации земледелия современные задачи повышения эффективности почвообработки включают в себя энергосбережение, снижение затратности и экономию трудовых ресурсов. Указанным требованиям отвечает минимизация обработки почвы. Достоинствами минимальных, особенно нулевых обработок, в данном отношении являются экономия горючего, сокращение затрат, проведение работ в сжатые сроки, высвобождение времени у товаропроизводителей. Эти преимущества, однако, в значительной мере нивелируются увеличением затрат на пестициды и дорогостоящие машины, особенно для нулевой обработки. Выбор оптимального решения связан с экономическим и энергетическим анализами технологий при экологическом императиве.

Важнейшим направлением минимизации почвообработки в том же аспекте является совмещение технологических операций. В стране имеется солидный опыт использования комбинированных агрегатов и машин, позволяющих за один проход выполнять несколько операций. Экономический эффект их применения состоит в сглаживании так называемых пиков потребности в энергетических средствах и трудовых ресурсах, а это сокращает затраты материальных и трудовых ресурсов на возделывание сельскохозяйственных культур.

В гумидных районах применение комбинированных агрегатов важно для снижения уплотнения почвы, в засушливых — для устранения разрыва во

времени между отдельными видами полевых работ, благодаря этому удается более эффективно бороться с ранневесенней засухой и дефляцией.

Перечисленные функции почвообработки, соотнесенные с различными природными условиями (климатическими, геоморфологическими, литологическими, гидрологическими, почвенными) и агроэкологическими требованиями культур и осмысленные с учетом местного опыта, могут служить ориентиром при альтернативном рассмотрении возможных вариантов обработки почвы.

**Классификация систем обработки почвы.** Исходя из анализа довольно обширной информации по стране с учетом мирового опыта, представляется возможным предложить классификацию почвообработки, включающую в себя системы, подсистемы и приемы обработки почвы в севообороте.

Выделяются следующие системы: отвальная, мульчирующая, комбинированная, нулевая, гребне-рядовая.

*Отвальная система обработки почвы* в севообороте осуществляется с помощью отвальных орудий с полным или частичным оборачиванием ее слоев.

Данная система подразделяется на подсистемы: разноглубинную и минимальную. Отвальная разноглубинная система обработки почвы может включать в себя в зависимости от культур в севообороте и других условий в качестве основной обработки глубокую отвальную обработку (согласно ГОСТ 16265-80 — на глубину более 24 см), обычную обработку (18-24 см), а также мелкую (8-16 см) и поверхностную (до 8 см), если они чередуются с более глубокими.

Отвальная минимальная система обработки ограничивается применением поверхностной или мелкой обработки почвы. Более глубокие обработки используются в исключительных случаях.

Набор приемов обработки в отвальной системе: вспашка (обработка почвы плугом, обеспечивающая крошение, рыхление и оборачивание обрабатываемого слоя почвы не менее чем на 135°, ГОСТ 16265-80); культурная вспашка (плугом с предплужником); дискование почвы (обработка дисковыми орудиями, обеспечивающая крошение, частичное перемешивание почвы и уничтожение сорняков); гребнистая вспашка (вспашка поперек склона с поделкой гребней плугом с одним удлиненным отвалом); двухъярусная обработка (обработка почвы с оборачиванием верхней части пахотного слоя и одновременным рыхлением нижней части или взаимным перемешиванием верхнего и нижнего слоев); мелиоративная вспашка плантажными и трехъярусными плугами; боронование (обработка почвы зубовой бороной, обеспечивающая крошение, рыхление и выравнивание поверхности почвы, а также частичное уничтожение проростков и всходов сорняков); фрезерование (обработка почвы фрезой, обеспечивающая ее рыхление, крошение и тщательное перемешивание); прикатывание.

В настоящее время большая часть пашни, за исключением восточных степных районов, обрабатывается в отвальной разноглубинной системе с усиливающейся тенденцией минимизации.

*Мульчирующая система обработки почвы* в севообороте осуществляется с помощью безотвальных орудий, сохраняющих на поверхности почвы пожнивные остатки. По возможности мульчирующий эффект усиливается разбрасыванием измельченной соломы в процессе уборки урожая.

Эта система разделяется на три подсистемы: глубокую, разноглубинную и минимальную. Мульчирующая глубокая система обработки почвы предполагает применение систематической глубокой безотвальной обработки (глубже 24 см). Она применяется на солонцах, солонцеватых и других уплотняющихся почвах, а также в сложных эрозионных ландшафтах для уменьшения поверхностного стока и предотвращения эрозии. Чаще всего она выполняется стойками СибИМЭ, получившими наиболее широкое распространение в Сибири и Зауралье.

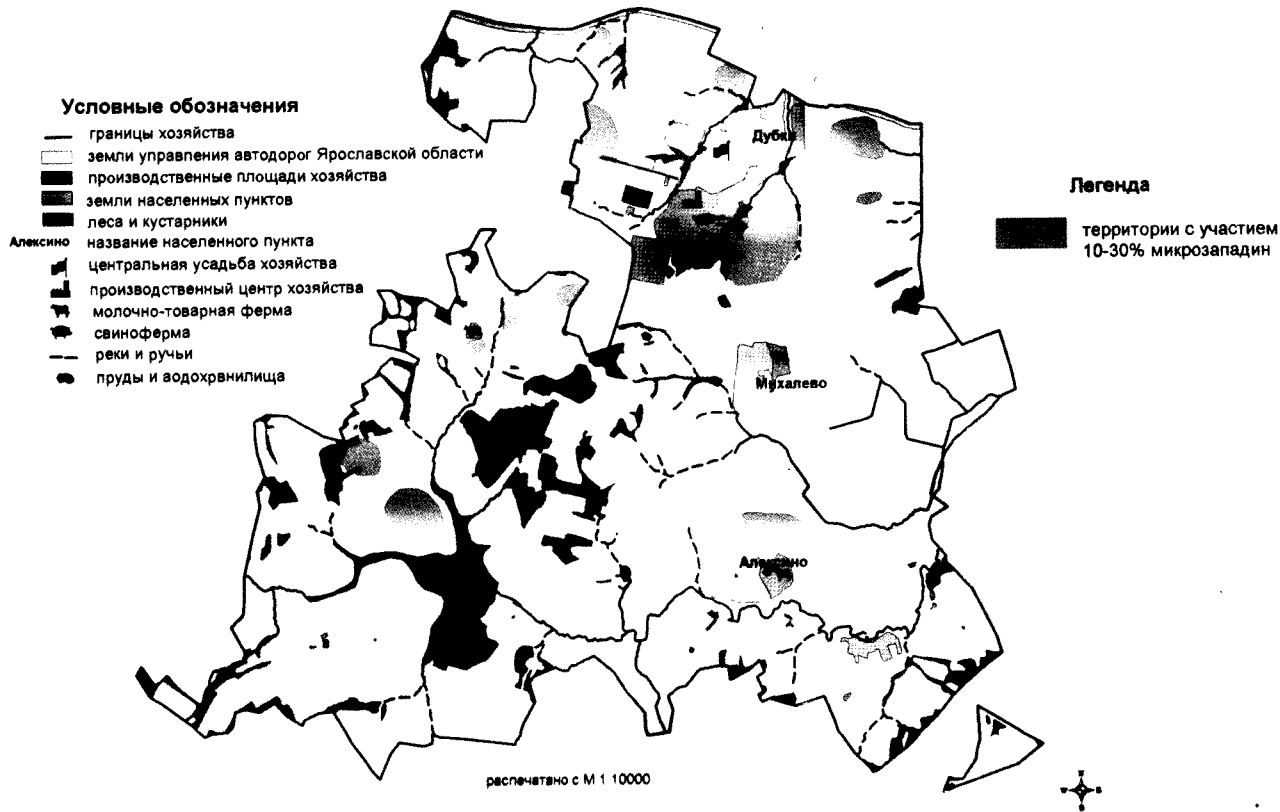
Мульчирующая разноглубинная система обработки почвы предусматривает чередование мелкой и глубокой плоскорезных и других безотвальных обработок на различную глубину в зависимости от культуры в севообороте и состояния почвы.

Разноглубинная плоскорезная система обработки почвы послужила основой почвозащитной системы земледелия, разработанной под руководством А. И. Бараева для дефляционно-опасных районов с тяжелыми по гранулометрическому составу почвами.

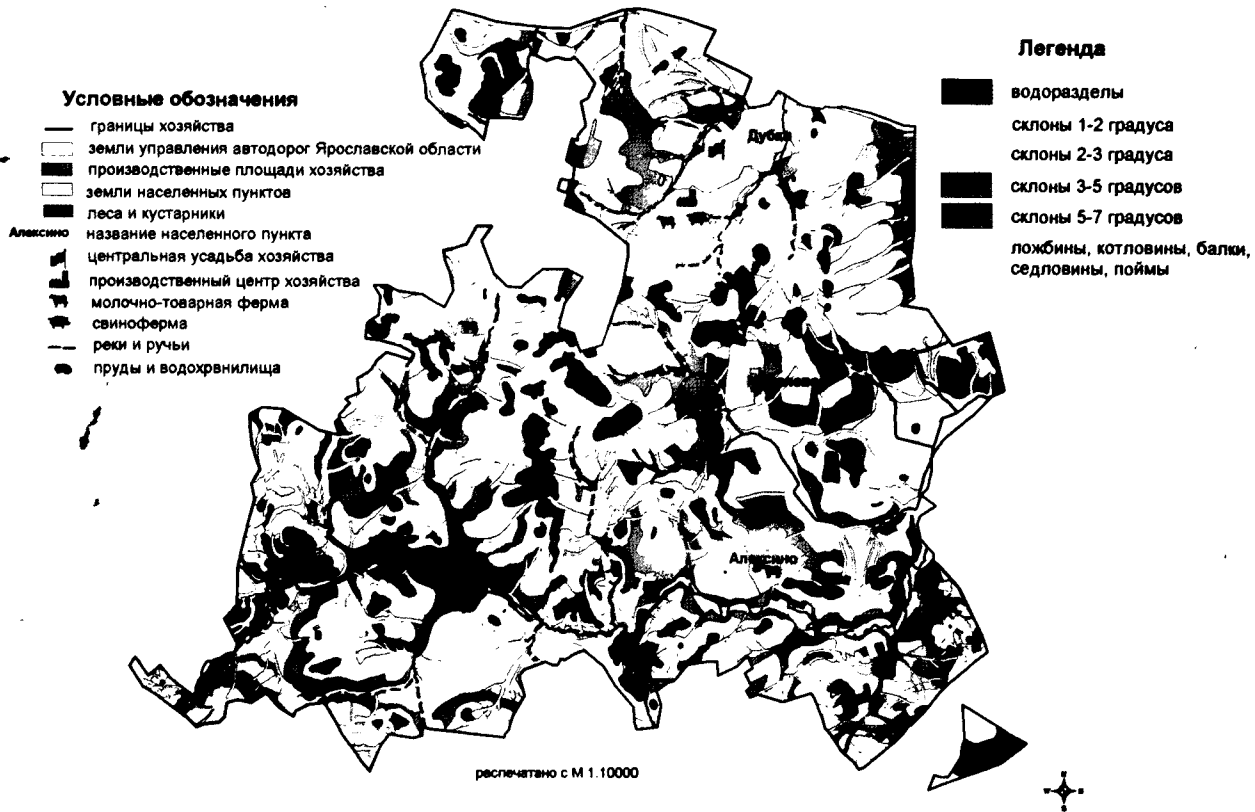
Приемы обработки в этой системе первоначально включали в себя плоскорезную обработку культиватором-плоскорезом, глубокое рыхление культиватором-глубокорыхлителем, обработку штанговым противозерозионным культиватором. В дальнейшем, по мере дифференциации данной системы обработки почвы, дополнительно появились чизелевание, обработка стойками СибИМЭ, обработка параплау, щелевание. Применение параплау особенно эффективно на плотных пересохших почвах, чизелей — на полях чистых от корнеотпрысковых сорняков, стоек СибИМЭ — на влажных почвах, склонах повышенной крутизны.

В мировой практике все большее внимание уделяется чизелеванию. Его рассматривают как эффективный прием рыхления уплотненных слоев почвы, образующихся при обработке плоскорезами и разрушении плужной подошвы. Высокие почвозащитные показатели при чизелевании обеспечиваются в результате сохранения на поверхности основной массы послеуборочных остатков и резкого ослабления поверхностного стока. Чизелевание эффективно и как прием влагонакопления, особенно при влажной осени. После чизельной обработки с осени не происходит сплошного замерзания почвы, что обеспечивает благоприятные условия для впитывания талых вод и уменьшение их стока, особенно если она проводится в возможно более поздние сроки на склонах.

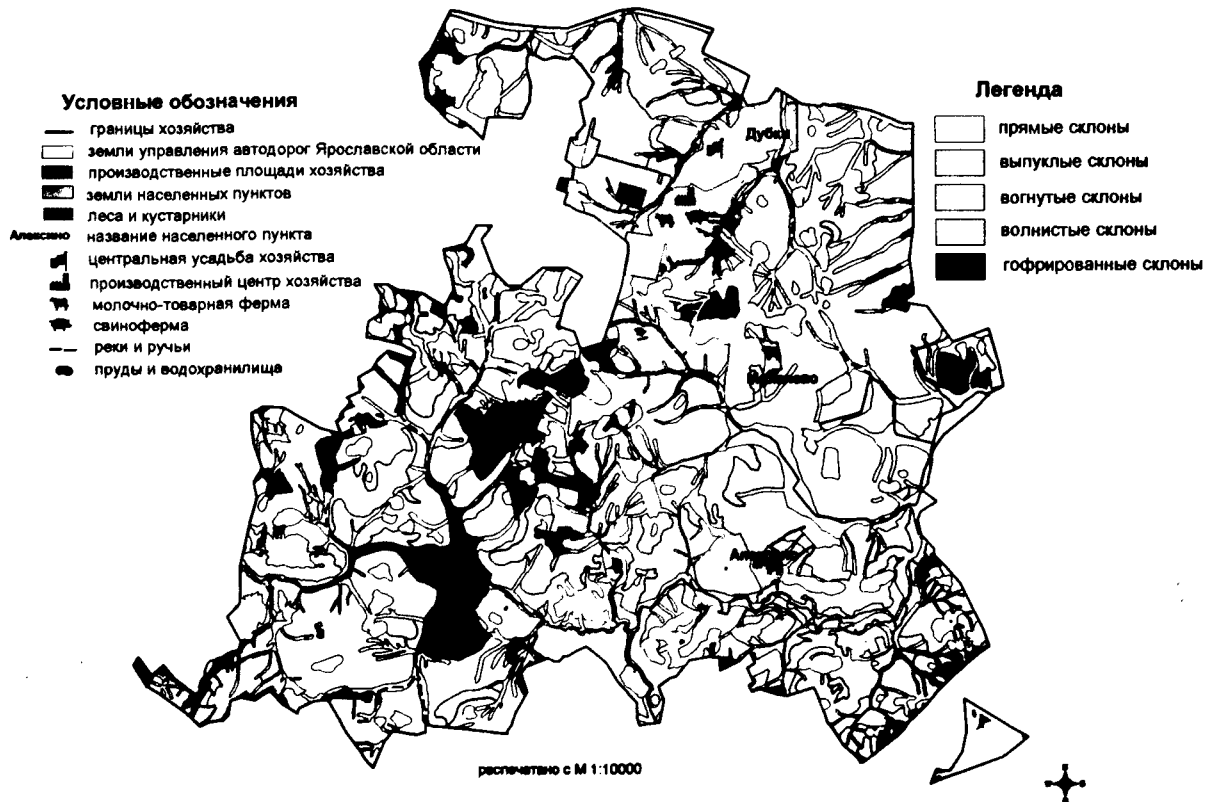
В отдельные годы при сильном пересыхании тяжелосуглинистых и глинистых почв осеннюю обработку различными рыхлителями следует исключать во избежание образования глыб.



1. Территории с западным микрорельефом, учхоз МСХА "Дружба" Ярославской области

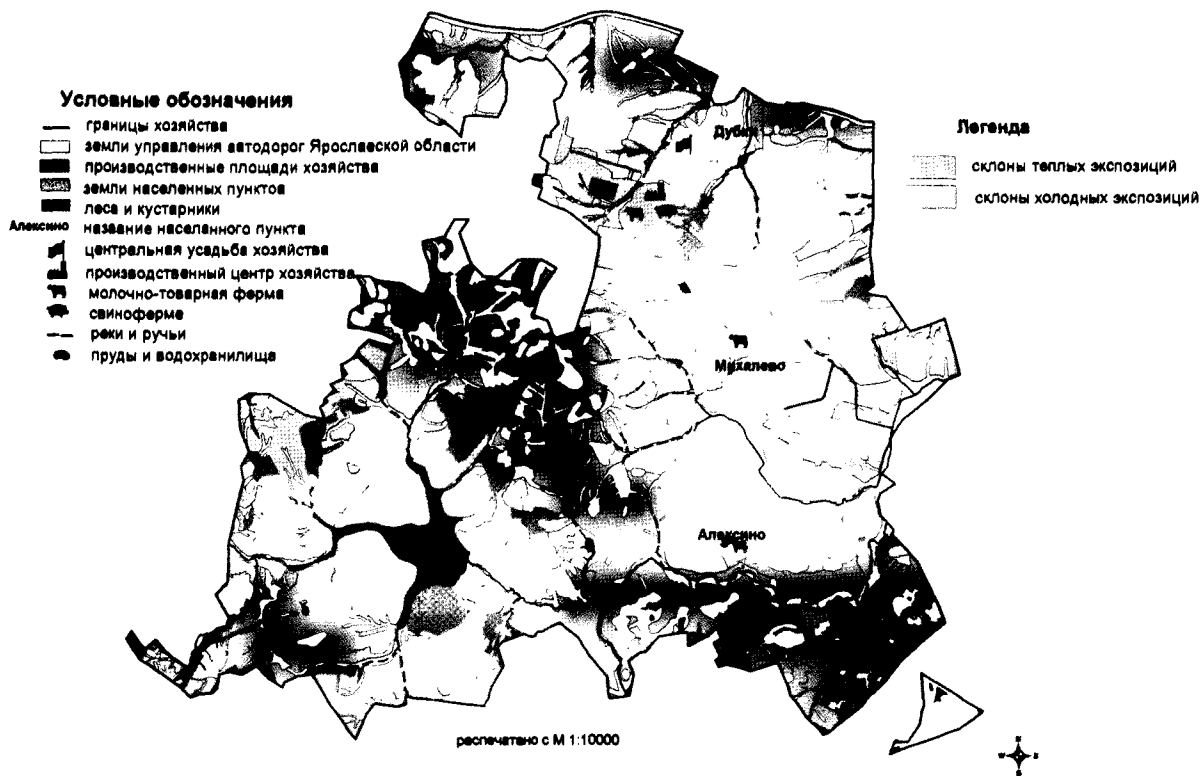


2. Карта распределения склонов по уклонам учхоза МСХА "Дружба" Ярославской области



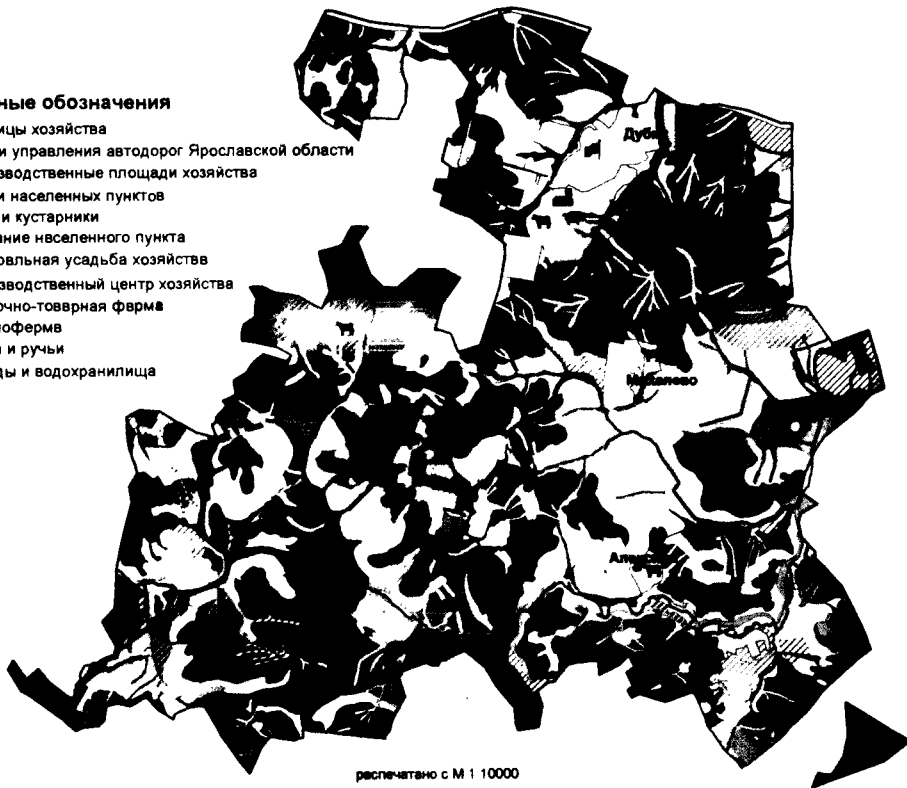
3. Карта распределения склонов по формам на землях учхоза МСХА "Дружба" Ярославской области





4. Карта распределения склонов по экспозициям на землях учхоза МСХА "Дружба" Ярославской области

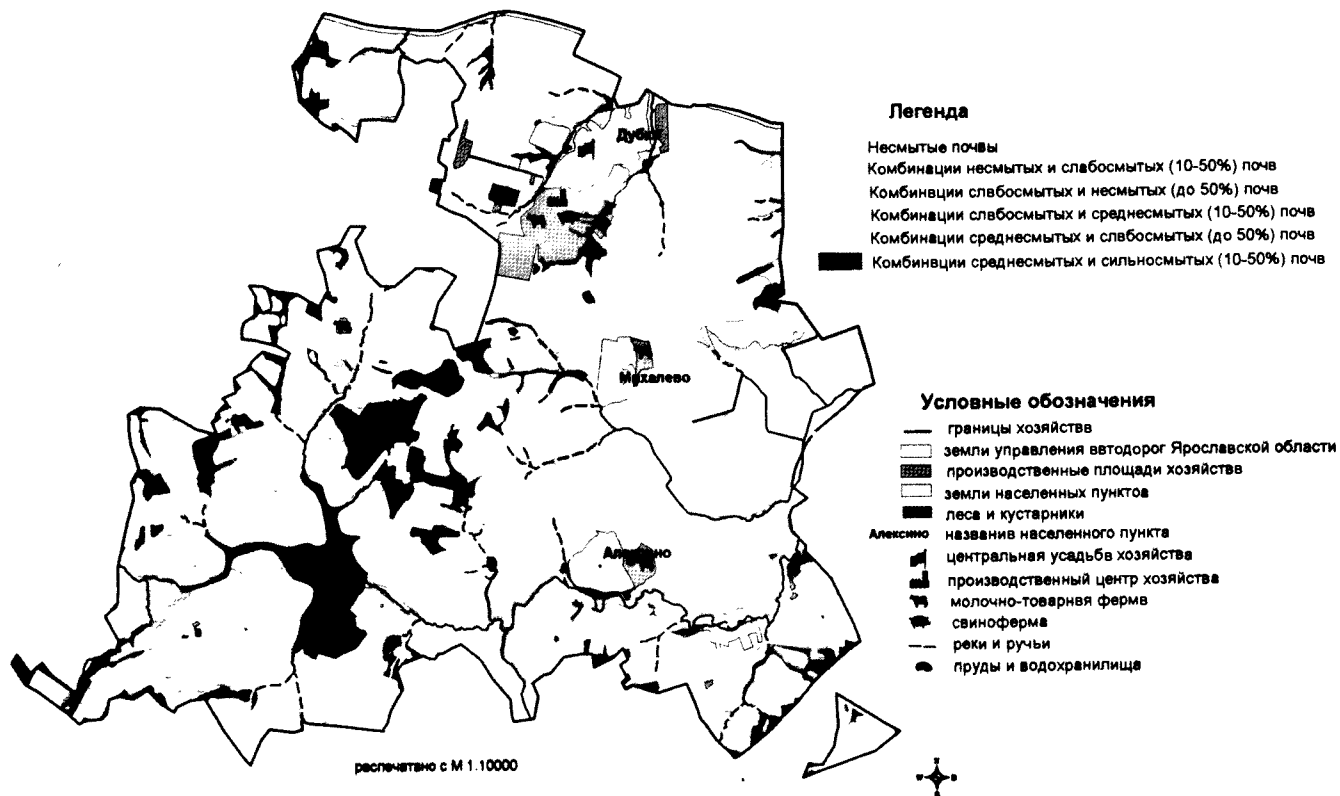
- Условные обозначения**
- границы хозяйства
  - ▨ земли управления автодорог Ярославской области
  - ▩ производственные площади хозяйства
  - земли населенных пунктов
  - леса и кустарники
  - Алексиево название населенного пункта
  - ▧ центральная усадьба хозяйств
  - ▧ производственный центр хозяйства
  - ▧ молочно-товарная ферма
  - ▧ свиноферма
  - реки и ручьи
  - пруды и водохранилища



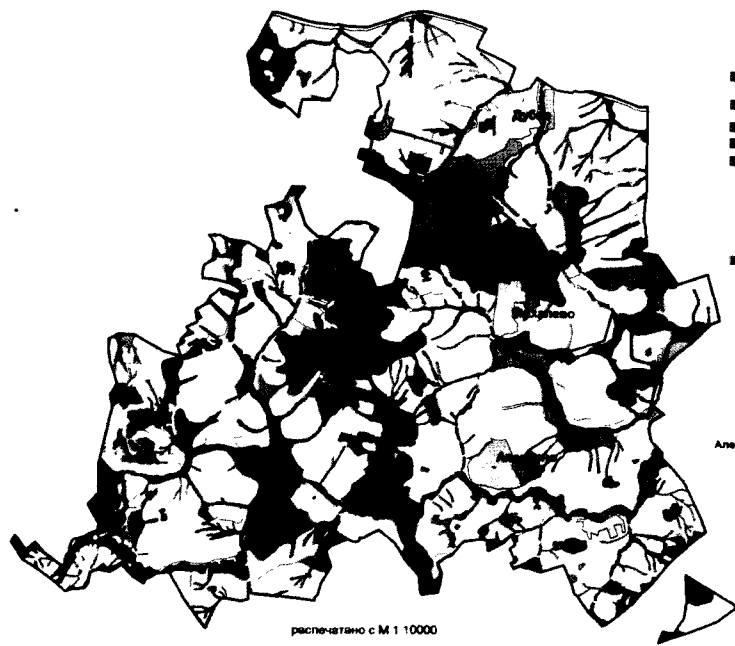
5. Карта структур почвенного покрова учхоза МСХА "Дружба" Ярославской области

ЦВЕТ	ИНДЕКС
	Л2*сП
	Л2*+Л2**(25)сП, Л2*+Л2**(50)сП, Л2*+Л2н**(25)сП
	Л2*+Л2н**(25)сП, Л2*+Л2н**(50)сП, Л2*+Л2н*(25)сП
	Л2*+Л2*(25)сП, Л2*+Л2н*(25)+Л2*(25)сП, Л2*+Л2н**(25)+Л2*(25)сП
	Л2*+Л2*(50)сП
	Л2*+Л2*(50)сП, Л2*+Л2*(25)+Л2н**(25)сП
	Л2*+Л2*(25)сП, Л2*+Л2н**(25)сП
	Л2*сП
	Л2*+Л2!!(25)сП, Л2*+Л2!!(25)+Л2*(25)сП
	Л2*+Л2!!(50)сП
	Л2!!+Л2!(50)сП
	Л2!!сП
	Л2!!+Л2!!!(25)сП
	Л2!!+Л2!!!(50)сП
	Л2*+Л2г*(25)+Л2*(25)сП, Л2*+Л2*(25)+Л2н**(25)сП
	Л2*+Л2г*(50)сП, Л2!+Л2г*(50)сП
	Л2*+Л2г*(25)сП, Л2*+Л2**н(25)сП, Л2*+Л2нн**(25)+Л2ннн**(25)сП
	Л2*+Л2!!(25)+Л2г*(25)сП, Л2*+Л2!!(25)+Л2ннн**(25)сП
	Л2!!сП+Ад(25)+ДГ(25)сА/Д
	Л2г*+Л2*(25)сП, Л2г*+Л2!(50)сП, Л2г*+Л2!(50)сП, Л2н**+Л2*(50)сП
	Л2г*+Л2*(50)сП
	Л2*+Л2г*(25)сП, Л2*+Л2нн**(25)сП, Л2нн**+Л2*(25)+Л2ннн**(25)сП
	Л2*+Л2г*(50)сП, Л2*+Л2нн**(50)сП, Л2*+Л2г*(25)+Л2нн*(25)сП
	Л2г*+Л2*(50)сП, Л2г*-**+Л2нн**(50)сП, Л2г*+Л2*(25)+Л2нн**(25)сП
	Л2г*+Л2*(25)сП
	Л2г*сП
	Л2г*+Л2нн**(25)сП, Л2г*+Л2нн**(50)сП, Л2г*+Л2нн**(25)+Л2*(25)сП
	Л2г*+Л2г*(25)сП, Л2г*+Л2г*(25)+Л2*(25)сП, Л2г*+Л2г*(25)+Л2нн**(25)сП
	Л2г*+Л2г*(50)сП
	Л2г*-**+Л2г*-**(50)сП, Л2г*+Л2г*(25)сП
	Л2г*+ДГ(25)сП, Л2г*+ДГ(50)сП
	ДГ+Л2г*-**(50)сП, ДГн+Л2г*(50)сП
	ДГнсА/Д
	ДГ+Бнтг(25)+Л2г*(25)сП
	Л2г*сП+Бнтг(50), ДГсП+Бнтг(50)
	ДГсП+Бнтг(50), ДГс+Бнтг(50)А/Д
	Бнтг+ДГ(25)сП, Бнтг+ДГ(50)сП
	Бнтг
	Ад+Ал(25)сА
	Ал**+Алб(50)лА
	АбнгА

## 6. Легенда к карте структур почвенного покрова



7. Карта эродированных почв учхоза МСХА "Дружба"  
Ярославской области



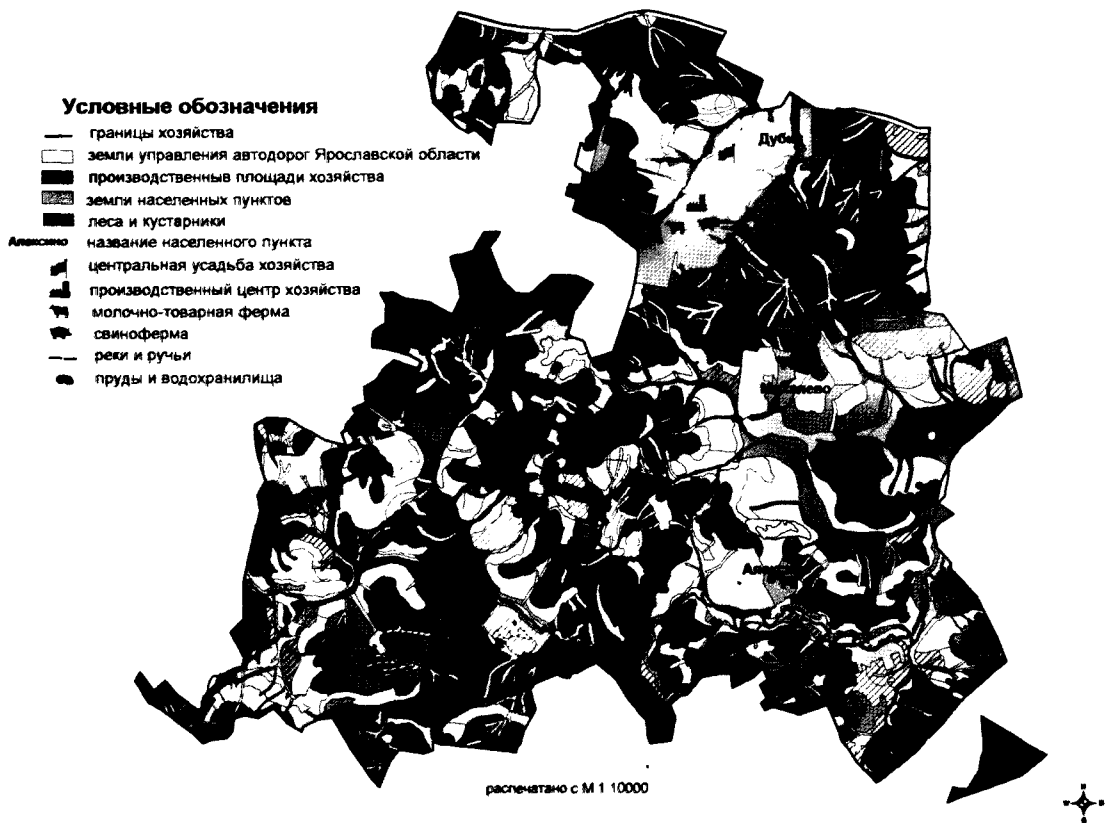
#### Легенда

- Серые лесные почвы без признаков переувлажнения
- Комбинации серых лесных и серых лесных глееватых (до 25%) почв
- Комбинации серых лесных и серых лесных глееватых (25-50%) почв
- Комбинации серых лесных глееватых и серых лесных (до 50%) почв
- в таких комбинациях аллювиальных дерновых и аллювиальных луговых (10-25%) почв
- Серые лесные глееватые почвы
- Комбинации серых лесных глееватых и серых лесных глеевых (до 50%) почв
- Комбинации серых лесных глеевых и серых лесных глееватых (до 50%) почв
- Серые лесные глеевые почвы, а также комбинации серых лесных глеевых почв и дерново-глеевых почв
- Комбинации дерново-глеевых почв и болотных низинных торфяно-глеевых (до 50%) почв, а также комбинации аллювиальных луговых и аллювиальных лугово-болотных (25-50%) почв
- Болотные низинные торфяно-глеевые почвы, аллювиальные болотные иловато-глеевые почвы, а также комбинации болотных низинных торфяно-глеевых почв и дерново-глеевых (до 50%) почв

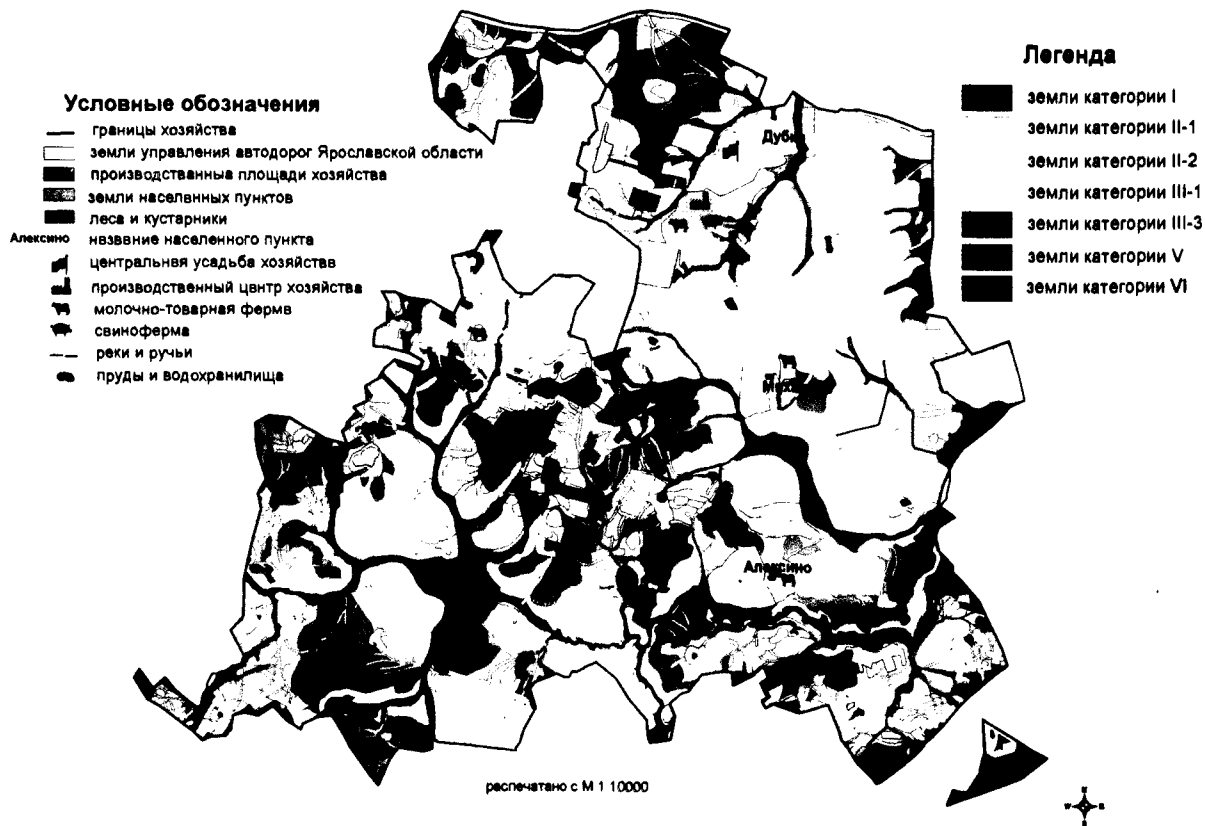
#### Условные обозначения

- границы хозяйства
- земля управления автодорог Ярославской области
- ▨ производственные площади хозяйства
- ▤ земли населенных пунктов
- леса и кустарники
- Алексинское название населенного пункта
- центральная усадьба хозяйства
- производственный центр хозяйства
- молочно-товарная ферма
- свиноферма
- реки и ручьи
- пруды и водохранилища

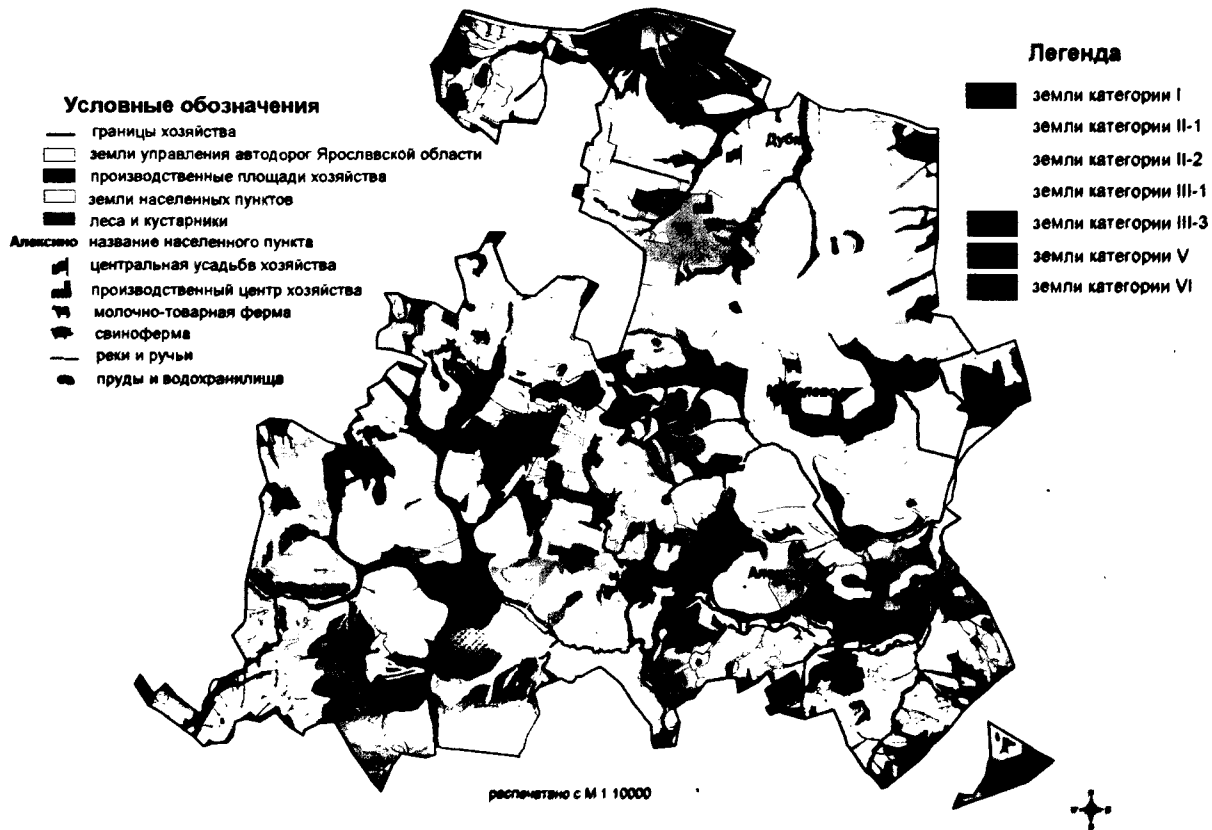
8. Карта полугидроморфных и гидроморфных почв учхоза МСХА "Дружба" Ярославской области



9. Карта агроэкологических видов земель учхоза МСХА "Дружба" Ярославской области

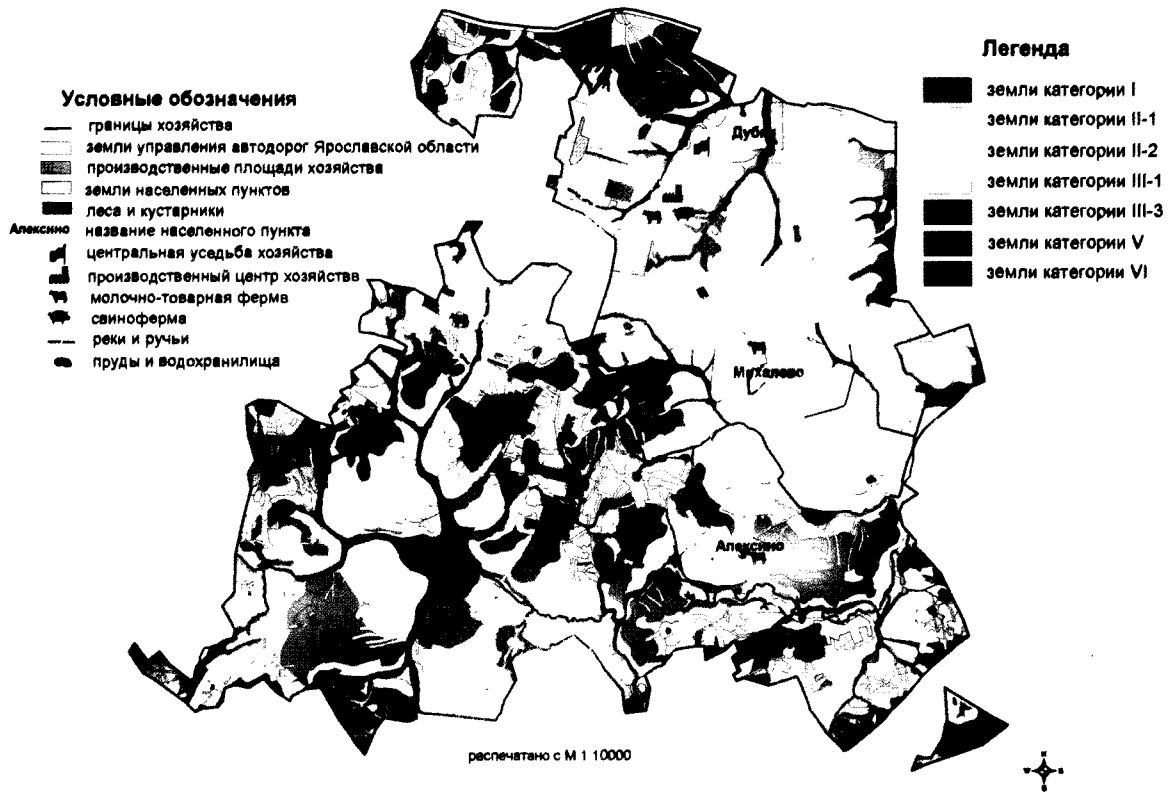


10. Агроэкологическая карта возделывания озимой пшеницы учхоза МСХА "Дружба" Ярославской области

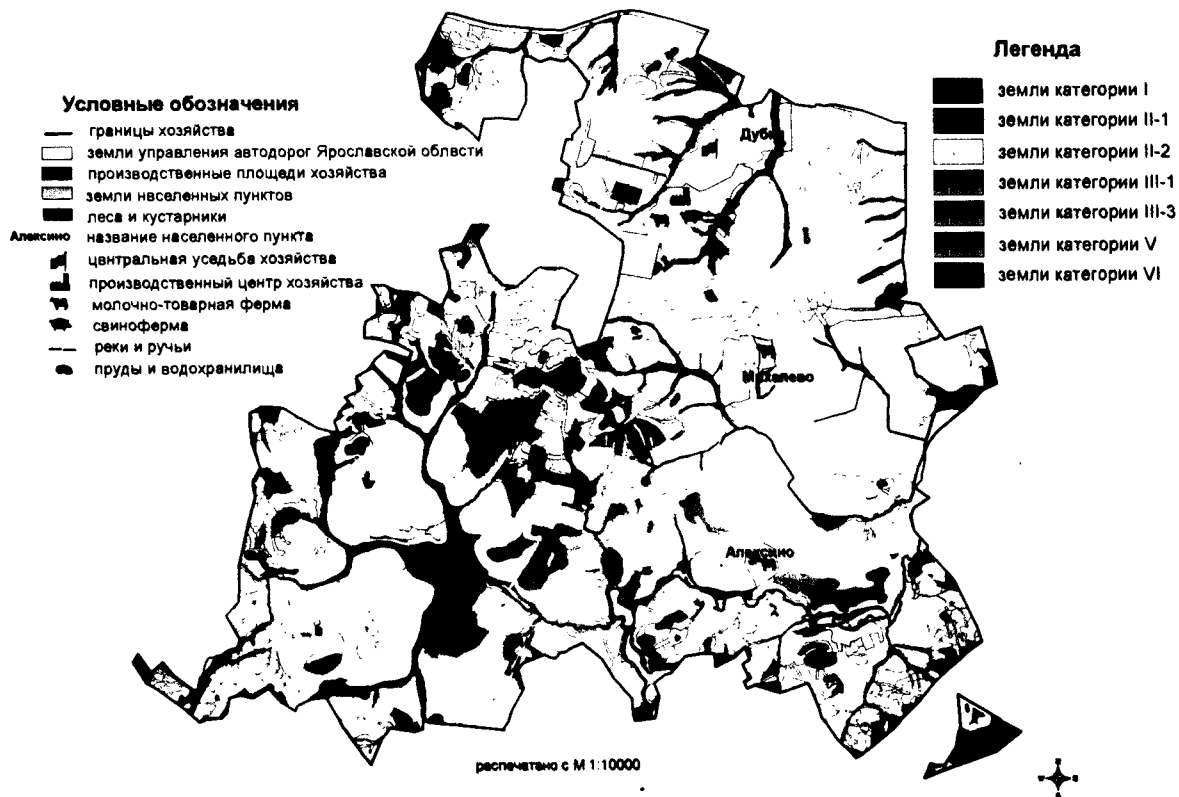


11. Агроэкологическая карта возделывания картофеля на землях учхоза МСХА "Дружба" Ярославской области

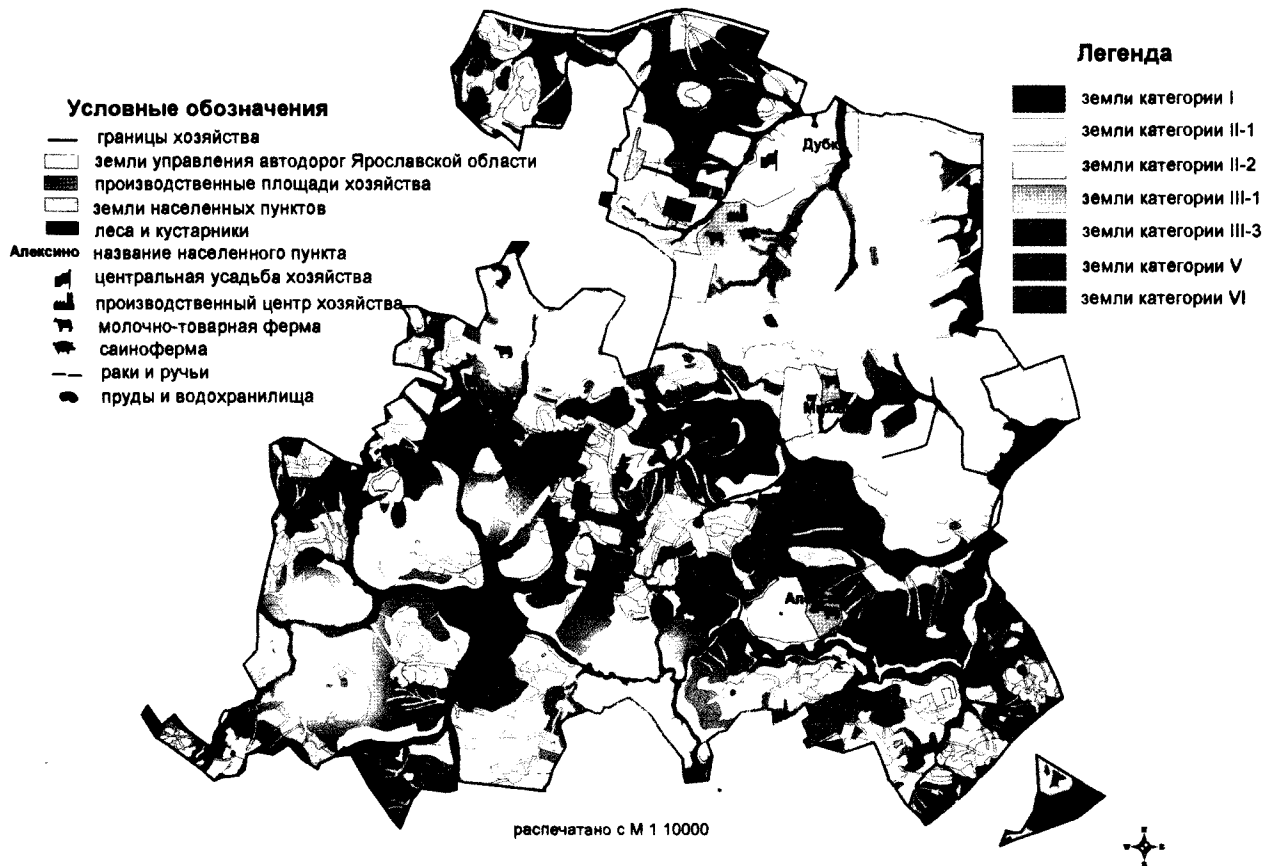




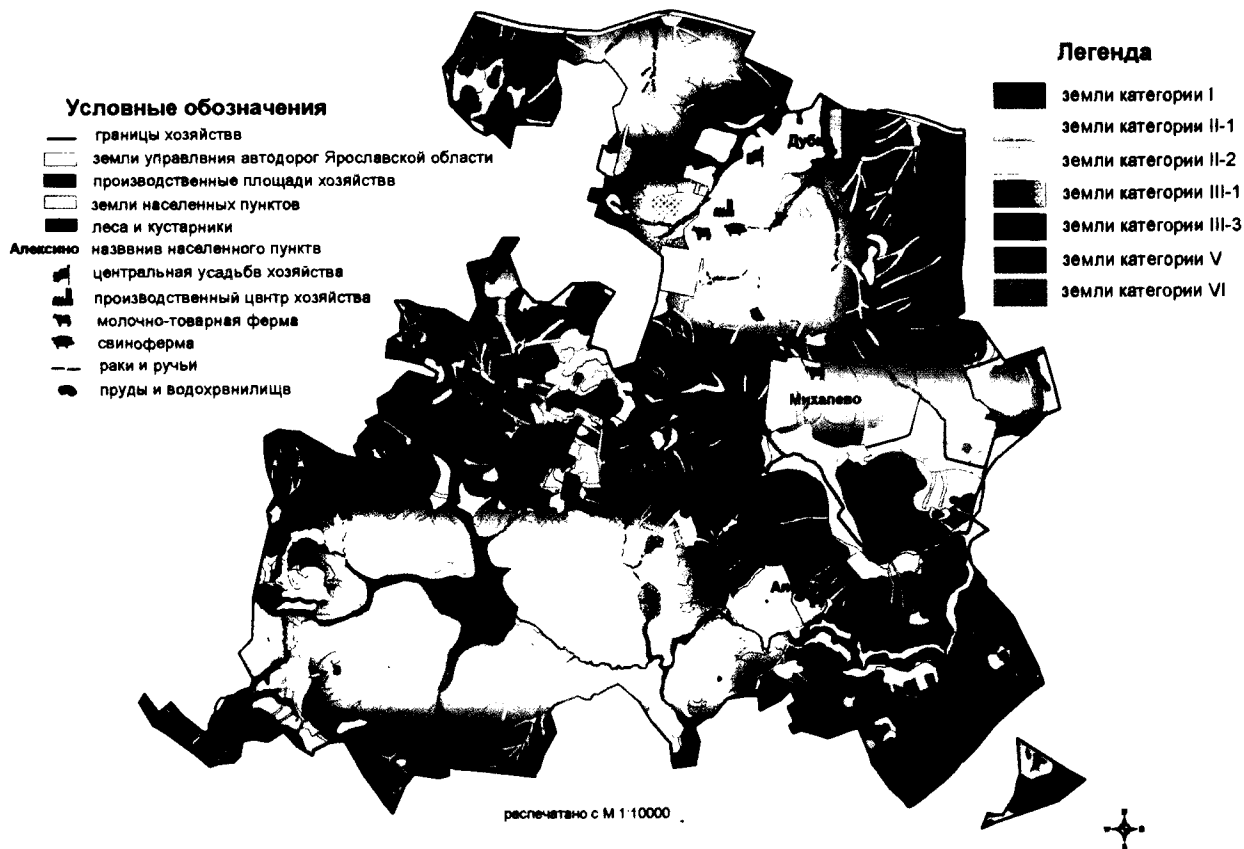
12. Агроэкологическая карта возделывания ячменя на землях учхоза МСХА "Дружба" Ярославской области



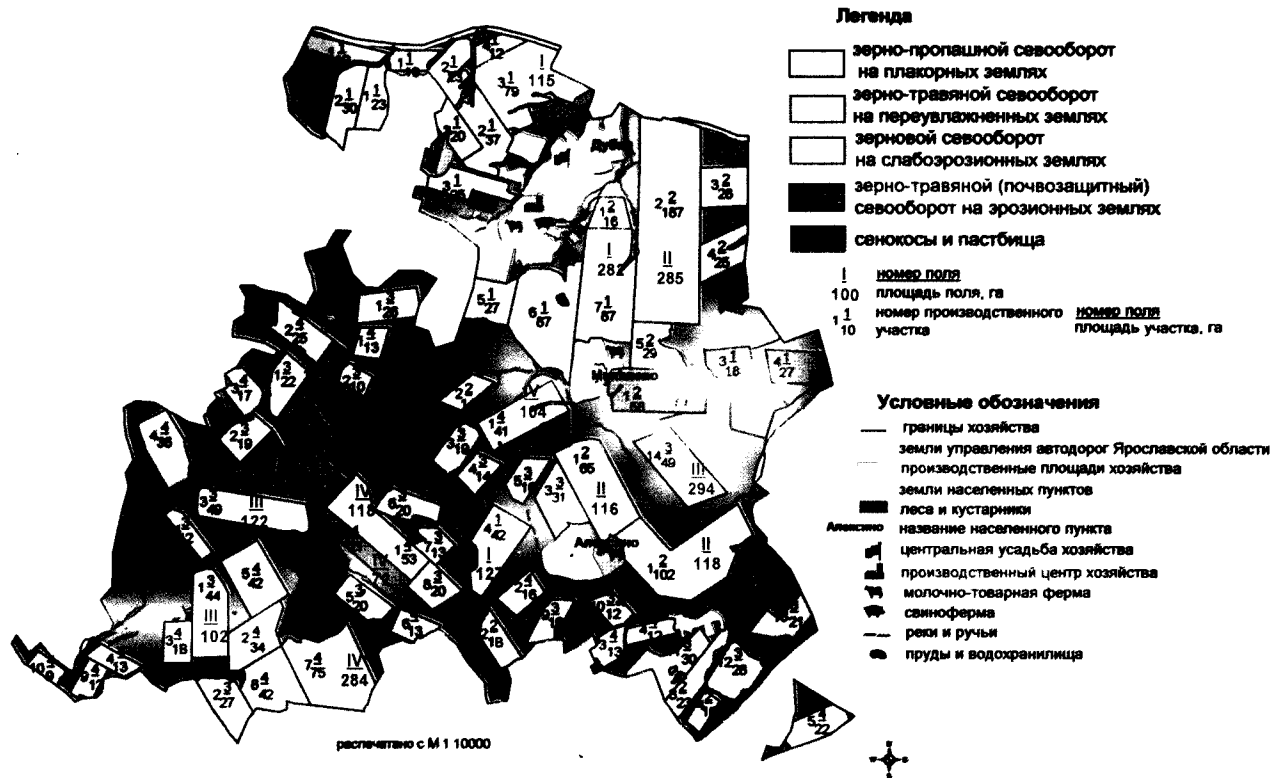
13. Агроэкологическая карта возделывания кукурузы на силос на землях учхоза МСХА "Дружба" Ярославской области



14. Агрэколагічная карта возделывания озимой ржи на землях учхоза МСХА "Дружба" Ярославской области



15. Агроэкологическая карта возделывания многолетних трав на землях учхоза МСХА "Дружба" Ярославской области



16. Карта полей севооборотов и производственных участков уххоза МСХА "Дружба" Ярославской области

Мульчирующая минимальная система обработки почвы базируется на мелкой плоскорезной обработке. Она нашла широкое распространение на легких по гранулометрическому составу почвах восточных районов страны.

Ранневесеннее боронование в мульчирующей системе обработки почвы производится игольчатыми боронами, посев — специальными противоэрозийными (стерневыми) сеялками.

*Комбинированная система обработки почвы* включает в себя множество вариантов, сочетающих отвальные обработки с безотвальными на различную глубину в соответствии с экологическими условиями и требованиями культур. Ее можно разделить на три подсистемы: глубокую, разноглубинную и минимальную. В данной системе используются все приемы, составляющие первые две системы.

Различные варианты комбинированной обработки почвы возникли первоначально при попытках продвижения плоскорезной обработки в лесостепные эрозийные ландшафты Сибири и Зауралья. В условиях повышенного увлажнения сильнее проявлялись недостатки плоскорезных обработок, которые трудно было компенсировать в условиях дефицита азотных удобрений и пестицидов. Поэтому возникали различные комбинации плоскорезной обработки и вспашки. Они в известной мере сдерживают эрозийные процессы. Однако в годы прерывания мульчирующей обработки резко возрастает опасность эрозии.

По мере продвижения безотвальных обработок в различные зоны и регионы стали возникать всевозможные комбинации с использованием достоинств того или иного приема. Например, при окультуривании дерново-подзолистых и особенно болотно-подзолистых почв оказалось весьма эффективным периодическое применение глубокого рыхления.

Главным направлением совершенствования комбинированных систем обработки почвы в районах умеренного проявления эрозии или ее отсутствия является сокращение глубины и частоты обработки и совмещение технологических операций по соображениям энергосбережения и экономичности.

*Нулевая система обработки почвы.* При этой системе почва остается без механической обработки. Так называемый прямой посев проводят специальными сеялками, а для борьбы с сорняками, болезнями и вредителями используют пестициды. Согласно данным полевых экспериментов в зональных НИИ эта система имеет большие перспективы, однако существенного практического применения пока не получила. Она требует высокой квалификации специалистов и повышенной обеспеченности агрохимическими ресурсами.

*Гребне-грядовая система обработки почвы,* включающая в себя нарезку гребней и (или) гряд, имеет важное значение в условиях холодного и влажного климата. Наибольшее распространение она получила в районах Дальнего Востока с муссонным климатом.

## 8.4. Проектирование систем удобрения сельскохозяйственных культур и химических мелиораций

### 8.4.1. Задачи и принципы проектирования систем удобрения

Задача решается в двух направлениях:

регулирование круговорота веществ в агроландшафтах, оптимизация элементов земледелия системно зависимых от применения удобрений;

управление продукционным процессом сельскохозяйственных культур в агроценозах.

Вторая часть задачи выполняется при проектировании агротехнологий, первая — при формировании АЛСЗ в рамках проекта внутривладельческого землеустройства. В идеале такое проектирование должно осуществляться на основе моделей земледелия при различных уровнях обеспеченности агрохимическими ресурсами, которые разрабатываются зональными НИИ по результатам многофакторных полевых экспериментов. При отсутствии целевых экспериментальных исследований обобщаются данные различных научных и производственных опытов, материалы хозяйственной деятельности, экстраполируется опыт смежных областей, на основе этого разрабатываются алгоритмы, устанавливающие характер изменения структуры пашни, севооборотов, доли чистого пара, многолетних трав, системы обработки почвы, сроков посева и норм высева в зависимости от обеспеченности агрохимическими ресурсами.

В проектах АЛСЗ осуществляется ландшафтный подход к распределению и использованию удобрений с учетом рельефа (в особенности склонов различной крутизны, формы, длины, экспозиции), структуры почвенного покрова, смывости почв. Актуальна задача разработки соответствующих нормативов видов, доз, форм, сроков и способов) применения удобрений с учетом различных характеристик ландшафтов и особенно условий геохимического стока и аккумуляции биогенных элементов.

При формировании систем удобрения в первую очередь решаются задачи, связанные с осуществлением почвозащитных мероприятий, в их числе — применение различных способов противоэрозионной обработки почвы, включая оставление на поверхности пожнивных остатков, введение промежуточных посевов, в том числе сидератов. При оставлении соломы в целях усиления защиты почвы от эрозии дефицит азота под возделываемыми на таких участках культурами, как правило, еще более возрастает, что требует повышения доз азотных удобрений.

Сокращение чистых паров в эрозионных ландшафтах лесостепи также затруднительно без дополнительных затрат удобрений и пестицидов. Определенный уровень химизации необходим и для поддержания противодефляционной системы земледелия в степной зоне, особенно при минимизации обработки почвы.

Следует, однако, определить экономически и экологически целесообразные уровни интенсификации использования эрозионных ландшафтов различной сложности, отдавая приоритет более интенсивному использованию

лучших земель. Применение интенсивных и высокоинтенсивных технологий возделывания зерновых, особенно технических культур, на плакорных землях позволяет вывести из активного оборота эродирующие и другие неблагоприятные земли. Этот путь целесообразен как в экономическом, так и в экологическом отношении. Нарращивание продуктивности эрозийных земель чрезвычайно затратно, поскольку оно требует мелиоративных мер по регулированию стока. При этом не исключается риск проявления эрозии, усиливается опасность загрязнения аккумулятивных ландшафтов антропогенными компонентами геохимического стока.

Особое место в системе удобрений принадлежит органическим удобрениям, поскольку с их применением связаны не только регулирование круговорота биогенных элементов и питания растений, но и оптимизация режима органического вещества почв. При этом важно ориентироваться не на схоластические расчеты баланса гумуса, а на поддержание в почве такого количества лабильного органического вещества, которое обеспечивает благоприятное структурное состояние почвы и оптимальную биологическую активность. Для этого следует руководствоваться региональными моделями режима органического вещества в севооборотах под различными культурами с учетом поступления его с растительными остатками, использования соломы, пожнивных посевов, сидеральных культур, навоза. Применение последнего следует планировать, используя модель круговорота органического вещества и биогенных элементов в системе луг — ферма — поле.

Чрезвычайно важно пополнение органического вещества в зернопаропропашных севооборотах при высокой доле пропашных культур. Под интенсивные технологии возделывания сельскохозяйственных культур на плакорных землях в таких севооборотах обязательно применение навоза или других органических удобрений.

Весьма важное значение в системе удобрения принадлежит и химическим мелиорантам, так как при квалифицированном применении их достигается оптимальный уровень реакции и степени насыщенности почв основаниями, симбиотической и несимбиотической фиксации азота и общей биологической активности большинства населяющих почву полезных микроорганизмов, беспозвоночных, насекомых, животных и растений, улучшается водный, воздушный, тепловой и пищевой режимы почв. Применение мелиорантов необходимо не только на кислых и щелочных почвах, но и на нейтральных и близких к таковым малобufferных и малоемких почвах, особенно при интенсивных технологиях возделывания культур при возрастании насыщенности посевов минеральными удобрениями, вызывающими значительное подкисление почв.

Наконец, невозможно переоценить в системе удобрений роль оптимальных доз и сочетаний различных видов и форм мелиорантов, органических и минеральных макро- и микроудобрений, а также сроков и способов их применения под каждой культурой принятого чередования в севообороте в конкретных природно-экономических условиях.



Принципиальные подходы к системе удобрения каждого севооборота и внесевооборотного участка имеют ряд общих обязательных требований:

определение возможных уровней продуктивности сельскохозяйственных культур с учетом погодных, почвенно-агрохимических, организационно-экономических условий хозяйствования;

наличие результатов почвенно-агрохимического обследования всех полей и участков (карты, картограммы, паспорта полей) для обоснования необходимости и очередности устранения лимитирующих факторов для достижения определенных уровней продуктивности возделываемых культур;

определение возможностей накопления органических удобрений (навоз, компост, сидераты, промежуточные посевы, солома и т.д.), распределение их по имеющимся севооборотам и внесевооборотным участкам с учетом расположения, материально-технического обеспечения и структуры посевных площадей;

обоснование оптимальных доз и мест внесения в принятом чередовании культур уточненных объемов и видов органических удобрений;

определение необходимости и обоснование оптимальных доз, видов и мест внесения в принятом чередовании культур химических мелиорантов.

Важным критерием обоснованности системы удобрения севооборота наряду с агрономической и экономической эффективностью является баланс питательных элементов, количественные показатели которого обеспечивают прогноз возможных изменений обеспеченности почв питательными (и сопутствующими) элементами и, следовательно, экологической ситуации. Требования к балансу питательных элементов в каждом севообороте (агроландшафте) должны быть дифференцированы в зависимости от уровня продуктивности культур, почвенно-климатических условий и желаемого изменения регулируемых показателей плодородия почв.

Баланс азота в каждом агроландшафте теоретически должен быть нулевым (уравновешенным), хотя практически достичь этого чрезвычайно трудно, так как процессы азотфиксации, аммонификации, нитрификации, денитрификации и подвижность нитратов в почвах протекают неоднозначно в зависимости от множества факторов природного и антропогенного характера.

Баланс фосфора должен быть нулевым, если обеспеченность почвы его подвижными формами оптимально соответствует биологическим требованиям возделываемых культур. На более бедных почвах баланс фосфора может быть в разной степени положительным, а на более богатых — в разной степени отрицательным.

Баланс калия должен быть таким же, как и фосфора, но с учетом известных факторов резкой мобилизации почвенных запасов калия при внесении удобрений и мелиорантов, нулевым он может быть уже тогда, когда обеспеченность почвы обменными формами калия на один класс ниже оптимальных требований культур к обеспеченности этим элементом. Баланс кальция (а нередко и магния) поддерживается в оптимальном состоянии в каждом агроландшафте при квалифицированном применении соответствующих химических мелиорантов. Баланс микроэлементов в каждом конкретном случае

поддерживается в оптимальном состоянии при квалифицированном применении их с учетом потребностей в них возделываемых культур, обеспеченности ими почв и планируемого уровня продуктивности культур.

Оптимальные дозы минеральных удобрений определяют с помощью различных методов, изложенных в учебниках (245) и рекомендациях.

Система удобрения ежегодно корректируется в годовых планах применения удобрений и мелиорантов с указанием доз, форм, сроков и способов их внесения под каждую культуру с учетом различий в плодородии отдельных полей и участков, фактического размещения культур по полям, погодных условий прошедшего года (через фактические урожаи предшественников), организационно-хозяйственных условий и конъюнктуры рынка.

#### 8.4.2. Применение органических удобрений

Использование органических удобрений в хозяйствах осуществляется на основе системы применения удобрений в севообороте, которая включает в себя определение потребности в удобрениях, выход навоза, место внесения удобрений в севообороте, дозы, сроки и способы их внесения.

Выход навоза в хозяйстве зависит от вида и технологии содержания животных, обеспеченности кормами, количества подстилки, способа навозоудаления, продолжительности стойлового периода.

Расчет выхода навоза на ферме проводится по формулам:

в стойловый период

$$M_{нс} = n(M_э \cdot K_k + M_n) \cdot T_c \cdot 0,85, \quad (8.1)$$

в пастбищный период

$$M_{пп} = n(M_э \cdot K_k + M_n) \cdot T_n \cdot K_n \cdot 0,75, \quad (8.2)$$

где  $n$  — поголовье животных;

$M_э$  — норма выхода экскрементов от животного в сутки, кг;

$K_k$  — поправочный коэффициент на обеспеченность кормами;

$M_n$  — масса подстилки на одну голову в сутки, кг;

$T_c$  — продолжительность стойлового периода, дни;

$T_n$  — продолжительность пастбищного периода, дни;

0,85; 0,75 — поправочные коэффициенты, учитывающие естественную убыль навоза в стойловый и пастбищный периоды;

$K_n$  — поправочный коэффициент, учитывающий время нахождения животных в стойлах или выгульных дворах в летний период (0,85 — при кормлении животных на выгульно-кормовых дворах, 0,5 — при размещении животных в стойлах, 0,33 — в летних лагерях).

Суточный выход экскрементов от одного животного определяется в соответствии с Нормами технологического проектирования систем удаления и подготовки к использованию навоза и помета НТП 17-99 (табл. 8.5, 8.6.). Указанные нормы выхода экскрементов обеспечиваются при условии полноценного и сбалансированного кормления животных. Если обеспеченность кормами ниже нормативной, рекомендуется применять поправочные коэффициенты к выходу экскрементов (табл. 8.7).

## 8.5. Суточный выход экскрементов у крупного рогатого скота (НТП 17-99)

Группа животных	Выход экскрементов от одного животного в сутки, кг	Расчетная влажность, %
Быки-производители	40	86,0
Коровы	55	88,4
Телята:		
до 3 мес.	4,5	91,8
3-6 мес.	7,5	87,4
Телята на откорме:		
до 4 мес.	7,5	87,4
4-6 мес.	14	87,2
Молодняк:		
6-12 мес.	14	87,2
6-12 мес. и нетели	27	86,7
Молодняк на откорме:		
6-12 мес.	26	86,2
старше 12 мес.	35	84,9

## 8.6. Суточный выход экскрементов у свиней (НТП 17-99)

Группа животных	Выход экскрементов от одного животного в сутки, кг	Расчетная влажность, %
Хряки	11,1	89,4
Свиноматки:		
холостые	8,8	90,0
супоросные	10,0	91,0
подсосные	15,3	90,1
Поросята (возраст, дни):		
26-42	0,4	90,0
43-60	0,7	86,0
61-106	1,8	86,1
Свиньи на откорме:		
до 70 кг	5,0	87,0
более 70 кг	6,5	87,5

## 8.7. Поправочные коэффициенты к нормативам выхода экскрементов в зависимости от обеспеченности кормами

Обеспеченность одной условной головы скота кормами (с учетом пастбищных кормов), ц корм. ед.	Коэффициент
28-30	0,65
30-35	0,74
35-40	0,82
40-45	0,93
45-50	1,00
Более 50	1,05

Выход навоза от одной овцы или козы составляет при продолжительности стойлового периода 220-240 дней 1 т, 200-220 дней — 0,9, 180-200 дней — 0,7, менее 180 дней — 0,5, от одной лошади — соответственно 7,5, 6, 5 т и менее.

Выход птичьего помета определяется по формуле

$$M_{\text{пт}} = n(M_{\text{э}} + M_{\text{п}}) T_{\text{с}} K_{\text{у}}, \quad (8.3)$$

где  $n$  — поголовье птицы, головы;

$M_{\text{э}}$  — масса помета от одной птицы в сутки, кг;

$M_{\text{п}}$  — масса подстилки на одну птицу в сутки, кг;

$T_{\text{с}}$  — продолжительность содержания, сутки;

$K_{\text{у}}$  — поправочный коэффициент, учитывающий усушку помета (0,7 — при клеточном содержании птицы и 0,50-0,65 — при напольном).

Нормативы выхода помета от одной птицы представлены в табл. 8.8.

### 8.8. Суточный выход помета у птиц (НТП 17-99)

Виды и возрастная группа птиц	Выход помета от одной птицы в сутки, кг	Расчетная влажность помета, %
<i>Взрослая птица</i>		
Куры:		
яичные родительского стада	0,189	71-73
яичные промышленного стада	0,175	71-73
мясные родительского стада	0,276	71-73
Индейки	0,450	64-66
Утки	0,423	80-82
Гуси	0,594	80-82
<i>Молодняк ремонтный</i>		
Куры яичные (возраст, недели):		
1-4	0,024	66-74
5-9	0,097	66-74
10-12	0,176	66-74
Куры мясные (возраст, недели):		
1-8	0,140	66-74
9-18	0,184	66-74
19-26	0,288	66-74
Индейки (возраст, недели):		
1-17	0,378	70-72
18-33	0,480	70-72
Гуси (возраст, недели):		
1-3	0,330	76-78
4-9	0,480	76-78
10-30	0,495	76-78
31-34	0,495	76-78

Продолжение табл. 8.8

Виды и возрастная группа птиц	Выход помета от одной птицы в сутки, кг	Расчетная влажность помета, %
Утки (возраст, недели):		
1-7	0,230	76-78
8-21	0,210	76-78
22-26	0,234	76-78
8-21 (тяжелый кросс)	0,234	76-78
22-28 (тяжелый кросс)	0,253	76-78
<i>Молодняк на мясо</i>		
Цыплята-бройлеры (возраст, недели):		
1-8 (в клетках)	0,135	66-74
1-9 (на полу)	0,158	66-74
Индейки (возраст, недели):		
1-8	0,175	70-72
9-16	0,364	70-72
9-23	0,420	70-72
Гуси (возраст, недели):		
1-3	0,352	76-78
4-9	0,480	76-78
Утки в возрасте 1-8 недель	0,230	76-78

При гидравлических способах навозоудаления получают бесподстилочный жидкий навоз (помет), выход которого зависит от степени разбавления водой. В этом случае расчет выхода жидкого навоза (помета) проводится по формуле

$$M_{\text{ЖН}} = \frac{n \cdot M_{\text{Э}} \cdot K_{\text{к}} (100 - W_{\text{Э}}) \cdot T_{\text{С}}}{100 - W_{\text{Н}}}, \quad (8.4)$$

где  $W_{\text{Э}}$  — влажность экскрементов, %;

$W_{\text{Н}}$  — влажность жидкого навоза (помета), %;

$T_{\text{С}}$  — продолжительность содержания животных, сутки.

Ориентировочный выход жидкого навоза на животноводческих комплексах представлен в табл. 8.9.

Оплата урожаем 1 т подстилочного навоза в зависимости от почвенно-климатических условий, дозы внесения и сочетания с минеральными удобрениями составляет 0,4-1,5 ц з.е.

Учитывая, что эффективность использования органических удобрений значительно повышается в пропашных севооборотах, в первую очередь их вносят под картофель, овощи, кукурузу, сахарную и кормовую свеклу.

## 8.9. Выход жидкого навоза на животноводческих комплексах

Тип и размер комплекса	Объем жидкого навоза		Влажность, %	Содержание в навозе, %		
	за сутки, м <sup>3</sup>	за год, тыс. м <sup>3</sup>		азот	фосфор	калий
<i>Свиноводческие комплексы</i>						
Откорм 12 тыс. голов	111,8	40,8	95,8	0,21	0,09	0,11
Выращивание и откорм 12 тыс. голов	187,4	68,4	96,4	0,18	0,06	0,09
Откорм 24 тыс. голов	223,6	81,0	95,8	0,21	0,09	0,10
Выращивание 24 тыс.	374,9	136,8	96,4	0,23	0,07	0,09
Производство и выращивание 24 тыс. поросят	151,3	55,2	93,8	0,13	0,05	0,07
Выращивание и откорм 54 тыс. голов	1300	474,6	98,3	0,08	0,04	0,04
Выращивание и откорм 108 тыс. голов	2600	949,0	98,3	0,08	0,04	0,04
<i>Комплексы по производству говядины и молока</i>						
Выращивание нетелей, тыс. ското-мест:						
3	84	30,6	93	0,22	0,14	0,22
6	168	648	93	0,22	0,14	0,22
Производство говядины, тыс.голов:						
3	123	44,9	93	0,22	0,14	0,22
5	205	74,8	93	0,22	0,14	0,22
10	410	149,7	93	0,22	0,14	0,22
Производство молока от 1200 коров	93,8	34,2	90	0,29	0,18	0,28

В связи с большими затратами на транспортировку и внесение органических удобрений пропашные севообороты, характеризующиеся большой потребностью в органических удобрениях, размещают, как правило, вблизи ферм и комплексов, где сосредоточено основное поголовье животных. В зернотравяных или зернопаровых севооборотах, размещенных на удаленных полях, поддержание оптимального режима органического вещества может осуществляться за счет пожнивно-корневых остатков культур и использования на удобрение соломы и сидератов в сочетании с минеральными удобрениями.

Дозы внесения органических удобрений устанавливаются с учетом вида возделываемых культур, планируемой урожайности, обеспеченности хозяйства органическими удобрениями и содержания в них питательных веществ,

расстояния перевозки удобрений, экологических условий. Ориентировочные дозы внесения подстилочного навоза КРС приведены в табл. 8.10.

**8.10. Примерные дозы внесения подстилочного навоза КРС под сельскохозяйственные культуры, т/га**

Почвы	Овощи, корнеплоды	Картофель	Кукуруза, подсолнечник	Сахарная свекла	Озимые зерновые	Периодичность внесения, годы
Дерново-подзолистые песчаные и супесчаные	60-80	50-60	50-60	-	40-50	3-4
Дерново-подзолистые суглинистые и глинистые	50-60	40-50	40-50	-	40-50	4-5
Серые лесные	40-60	40-50	30-50	40-60	30-40	4-5
Черноземы выщелоченные, обыкновенные, типичные	40-50	30-40	30-35	30-40	30-40	4-5
Черноземы южные, каштановые	30-40	30-40	20-30	30-40	20-30	5

Дозы остальных видов органических удобрений можно рассчитать, исходя из их удобрительной ценности по отношению к подстилочному навозу. Поправочные коэффициенты к дозам внесения подстилочного навоза КРС составляют для подстилочного навоза свиней 1,1, овец — 0,8, лошадей — 0,9, птичьего помета сухого — 0,2, птичьего помета подстилочного — 0,3, торфопометного компоста — 0,7, полужидкого навоза — 1,8, полужидкого помета — 0,7, жидкого навоза — 5, жидкого помета — 2.

Бесподстилочный жидкий навоз и помет не рекомендуется вносить под овощи, лучше всего их использовать под кормовые культуры (кукуруза на силос, однолетние и многолетние травы и др.). Площадь сельскохозяйственных угодий, необходимая для утилизации бесподстилочного навоза, ориентировочно устанавливается по азоту: без орошения — не более N200 кг/га, при орошении — не более N300 кг/га.

Важнейшими органическими удобрениями, особенно в условиях недостатка навоза, являются солома и сидераты. При урожайности зерновых 20-30 ц/га с соломой в почву может быть возвращено 10-15 кг азота, 5-8 кг фосфора, 20-35 кг калия. В связи с широким соотношением С:N недостаток азота в злаковой соломе необходимо компенсировать внесением азотных удобрений, доза которых рассчитывается по формуле

$$D_N = (K \cdot N \cdot 0,04 - N) 10 \cdot M, \quad (8.5)$$

где  $D_N$  — доза азотных удобрений, кг/га;

$K$  — соотношение С: N в соломе;

$N$  — содержание азота в соломе, %;

$M$  — количество запахиваемой соломы, т/га.

В среднем на 1 т соломы злаковых культур необходимо вносить 10 кг азота.

Сидераты являются неисчерпаемым, постоянно возобновляемым источником органического вещества и элементов минерального питания. Культуры, возделываемые в сидеральных парах, должны быть преимущественно из семейства бобовых, обладать высокой азотфиксирующей способностью и обеспечивать максимальное накопление сидеральной массы ко времени посева озимых. Для пожнивных и поукосных посевов сидеральных культур важными факторами являются холодо-, морозостойкость и высокие темпы накопления вегетативной массы.

Наиболее обширной зоной, где сидераты дают хорошие результаты, является южнотаежно-лесная с дерново-подзолистыми почвами, бедными гумусом и подвижными элементами питания. В этой зоне роль сидератов в окультуривании песчаных и супесчаных почв особенно велика. На территориях, расположенных южнее линии Санкт-Петербург — Тверь — Иваново — Нижний Новгород — Казань — Уфа, после уборки озимых и ранних яровых зерновых культур возможны пожнивные посевы сидератов.

В Центральном Нечерноземье после уборки озимых зерновых культур поживный период длится более 60 дней, в течение которых выпадает 150 мм осадков и более, а сумма биологически активных температур достигает 800-1000°C, что составляет 30-40% агроклиматических ресурсов всего теплого времени года. Этого количества тепла и влаги достаточно для выращивания в повторных (пожнивных и поукосных) посевах таких быстрорастущих, устойчивых к заморозкам культур, как горчица белая, озимый и яровой рапс, редька масличная, фацелия. В пожнивных посевах они дают по 150-200 ц/га зеленой массы.

На Северном Кавказе сидеральные культуры возделываются в повторных посевах на эродированных и орошаемых землях для улучшения агрофизических свойств и обогащения их органическим веществом, защиты почвы от смыва и выдувания. Для этих целей используются озимый рапс, озимая сурепица, зимующий и яровой горох, люпин, злаковые культуры в чистом виде и в смеси с бобовыми.

В Сибири сидераты успешно возделываются в самостоятельных посевах — многолетний и однолетний люпин на дерново-подзолистых почвах, донник — на солонцеватых. Возможны здесь и повторные посевы горчицы белой, других культур с коротким вегетационным периодом на корм и зеленое удобрение.

В районах Дальнего Востока, отличающихся достаточным количеством тепла и влаги, особенно во второй половине лета и осенью, в качестве сидеральных культур целесообразно выращивание люпина многолетнего и однолетнего, сои, клевера.

К основным сидеральным культурам, возделывание которых возможно во многих природно-экономических зонах, относятся из семейства бобовых — многолетний и однолетний люпин, донник, горох кормовой, вика яровая, се-



раделла, из других семейств — редька масличная, сурепица, рапс, фацелия, амарант, перко. В табл. 8.11 приводится их биологическая характеристика.

### 8.11. Биологическая характеристика сидеральных культур

Культура	Период от посева до максимальной продуктивности надземной массы, дни	Потребность в тепле — сумма активных температур, °С	Показатель засухоустойчивости культуры
Донник белый	85-95	1200-1400	Очень засухоустойчивая
Донник желтый	85-95	1200-1400	То же
Люпин многолетний	95-105	1400-1600	Слабозасухоустойчивая
Люпин однолетний	70-80	900-1100	То же
Сераделла	80-90	1100-1300	-«-
Горох кормовой	75-85	900-1200	-«-
Бобы кормовые	75-85	900-1200	-«-
Горчица белая	50-60	700-800	-«-
Сурепица яровая	40-50	600-750	-«-
Перко	85-95	1200-1400	-«-
Рапс яровой	50-60	750-850	-«-
Фацелия	55-65	700-800	-«-
Редька масличная	45-55	650-800	Среднезасухоустойчивая
Амарант	70-85	850-1200	То же
Вика яровая	80-90	1100-1300	Влаголюбивая

### 8.4.3. Известкование кислых почв

Известкование является необходимым приемом повышения плодородия кислых дерново-подзолистых, серых лесных почв. Известь оказывает многостороннее действие на почву. Она устраняет кислотность почвы, уменьшает содержание подвижного алюминия, улучшает микробиологическую деятельность в почве (аммонификацию, нитрификацию, активность симбиотических и свободноживущих в почве азотфиксирующих микроорганизмов), повышает насыщенность почв основаниями и буферность, улучшает физические свойства почв, их водный и воздушный режимы, способствует переводу труднодоступных для растений фосфатов алюминия и железа в более доступные фосфаты кальция и магния.

Реакция почвенного раствора изменяется в результате выноса кальция и магния урожаем, их вымывания за пределы корнеобитаемого слоя, подкисления физиологически кислыми удобрениями, выпадения кислых дождей («вторичная кислотность», вызванная загрязнением атмосферы промышленными выбросами).

Потери кальция из корнеобитаемого слоя с инфильтрационными водами в среднем составляет 100-200 кг/га. Потери кальция и магния возрастают на лёгких почвах. Необходима постоянная компенсация отчуждаемого кальция повторным известкованием. Основной путь устранения избыточной кислотности — применение оптимальных доз извести с рекомендуемой периодичностью.

Потери кальция и магния из почвы вследствие вымывания приведены в табл. 8.12, вынос с урожаем разных культур — в табл. 8.13.

### 8.12. Потери кальция и магния из почвы в год, кг/га

Место исследования	Почва	Вымывание из почвы	
		CaCO <sub>3</sub>	MgCO <sub>3</sub>
Московская область	Дерново-подзолистая супесчаная	75-580	-
Ленинградская область	Дерново-подзолистая супесчаная	580	67
Республика Беларусь	Дерново-подзолистая супесчаная	208	50
	Дерново-глееватая тяжелосуглинистая	408	88
Литовская Республика	Дерново-подзолистая легкосуглинистая	576	147
	Дерново-подзолистая песчаная на тяжёлом суглинке	646	92

### 8.13. Вынос кальция и магния с урожаем сельскохозяйственных культур с 1 т продукции, кг

Культура	Продукция	CaCO <sub>3</sub>	MgO <sub>3</sub>	Сумма карбонатов
Рожь озимая	Зерно + солома	8,8	6,0	14,8
Пшеница озимая	- « -	6,3	6,5	12,8
Ячмень яровой	- « -	7,7	6,3	14,0
Овес	- « -	9,7	7,2	16,9
Гречиха	- « -	18,0	8,5	16,5
Горох	- « -	31,5	10,0	41,5
Лен-долгунец	Семена + солома	17,1	16,4	33,5
Сахарная свекла	Корнеплоды	2,9	1,3	4,3
Картофель	Клубни	0,5	1,5	2,0
Кормовые корнеплоды	Корнеплоды	0,5	1,0	1,5
Кормовой люпин	Зеленая масса	2,9	1,5	4,4
Клевер красный	Сено	42,2	19,0	61,2
Люцерна	- « -	45,5	7,8	53,3
Травы:				
многолетние	- « -	27,0	12,5	39,5
однолетние	- « -	30,0	10,6	40,6
Капуста	Кочаны	1,3	0,8	2,1
Луговые травы:				
бобово-злаковые	Сено	17,1	10,2	27,3
злаковые	- « -	7,2	5,0	12,2

Из произвесткованных почв вынос кальция и магния на 10-20% больше, чем из неизвесткованных. Например, при урожайности сена клевера красного 5 т/га из почвы выносятся 211 кг/га CaCO<sub>3</sub> и 95 кг/га MgCO<sub>3</sub>.

Избыточная кислотность почвы нарушает нормальный ход ферментативных процессов, углеводный и белковый обмен в растениях, затрудняет образование белка при увеличении содержания небелкового азота. По отношению к кислотности почвы и известкованию основные сельскохозяйственные культуры объединены в четыре группы (табл. 8.14.).

Потребность почвы в известковании с достаточной для практических целей точностью может быть определена по обменной кислотности: при рН<sub>КС</sub> менее 4,5 потребность в известковании сильная, при 4,6-5 — средняя, 5,1-5,5 — слабая, более 5,5 — отсутствует. Значительно точнее нуждаемость в известковании может быть установлена при учете насыщенности почв основаниями и гранулометрического состава (табл. 8.15). При известковании, кроме свойств почвы, учитывают особенности культур (табл. 8.14).

#### 8.14. Группировка сельскохозяйственных культур по отношению к кислотности почв

Группа культур, оптимальный рН <sub>КС</sub>	Группы культур				
	зерновые и зернобобовые	технические	овощные, корнеклубнеплоды, силосные	травы	плодово-ягодные
I группа, рН 5,8-6,5: наиболее чувствительные к повышенной кислотности	-	Сахарная свекла	Свекла кормовая и столовая, капуста белокочанная, лук, чеснок, сельдерей	Клевер красный, люцерна, донник, райграс, костер, ежа сборная	Смородина
II группа, рН 5,3-6: чувствительные к повышенной кислотности	Пшеница озимая и яровая, ячмень, горох, пелюшка	-	Кукуруза, брюква, турнепс, огурцы, салат, капуста цветная, кормовая	Вика, лисохвост, овсяница луговая, мятлики	Яблоня, слива, вишня
III группа а) рН 4,5-6: менее чувствительные к повышенной кислотности б) рН 4,8-5,7: трудно переносящие избыток кальция	Овес, рожь, гречиха	-	-	Тимофеевка	-
IV группа, рН 4,5-6: переносящие повышенную кислотность	-	Лен	Морковь, томаты, подсолнечник	-	Малина, земляника, крыжовник, груша
	-	-	Щавель, картофель, люпин	Сераделла	-

В севооборотах с большим насыщением картофелем, льном слабонуждающиеся почвы не известкуют. В севооборотах с чувствительными к ки-

слотности культурам в первую очередь необходимо известковать почвы не только сильнонуждающиеся в известковании, но и средненуждающиеся.

### 8.15. Нуждаемость почв в известковании в зависимости от гранулометрического состава, величины рН и степени насыщенности почв основаниями V

Гранулометрический состав	Нуждаемость в известковании							
	сильная		средняя		слабая		отсутствует	
	pH <sub>KCL</sub>	V, %	pH <sub>KCL</sub>	V, %	pH <sub>KCL</sub>	V, %	pH <sub>KCL</sub>	V, %
Тяжело и среднесуглинистая	<5	<45	5-5,5	45-60	5,5-6	60-70	>6	>70
	<4,5	<50	4,5-5	50-65	5-5,5	65-75	>5,5	>75
	<4	<55	4,0-4,5	55-70	4,5-5	70-80	>5	>80
Легкосуглинистая	<5	<35	5-5,5	35-55	5,5-6	55-65	>6	>65
	<4,5	<40	4,5-5	40-60	5-5,5	60-70	>5,5	>70
	<4	<55	4-4,5	45-55	4,5-5	65-75	>5	>75
Супесчаная и песчаная	<5,0	<30	5-5,5	30-45	5,5-6	45-55	>6	>55
	<4,5	<35	4,5-5	35-50	5-5,5	50-60	>5,5	>60
	<4	<40	4-4,5	40-55	4,5-5	55-65	>5	>65
Заболоченная торфянистая и торфяно-болотная почва	<3,5	<35	3,5-4,2	35-55	4,2-4,8	55-65	>4,8	>65

Различают основное и повторное (поддерживающее) известкование.

Основное известкование обеспечивает заданную или оптимальную реакцию почвы. Количество извести, необходимое для доведения реакции кислых почв до значения рН солевой вытяжки более 5,5, называют полной дозой.

Ориентировочные дозы извести можно определить по величине рН<sub>KCl</sub>. Для дерново-подзолистых почв, содержащих не более 3% органического вещества, рекомендуемые дозы извести показаны в табл. 8.16.

### 8.16. Дозы извести в зависимости от рН солевой вытяжки и гранулометрического состава почв, т/га

Гранулометрический состав	рН <sub>KCl</sub>					
	4,5 и менее	4,6	4,8	5	5,2	5,4-5,5
Супесчаные и легкосуглинистые	Более 4	3,5	3	2,5	2	1-2
Средне- и тяжелосуглинистые	Более 6	5,5	5	4,5	4	3,5-4

Точно полную дозу извести можно установить по величине гидролитической кислотности:

$$C = 0,05 H_r d_v h \text{ (т/га)}, \quad (8.6)$$

где  $H_r$  — гидролитическая кислотность, мг-экв/100 г почвы;

$d_v$  — плотность мелиорируемого слоя, г/см<sup>3</sup>;

$h$  — мощность мелиорируемого слоя, см.

Дозу конкретных известковых удобрений (Д) вычисляют с учетом содержания в них суммы нейтрализующих кислотность веществ (в расчете на

$\text{CaCO}_3$ ), количества крупных частиц (более 1 мм), практически не участвующих в нейтрализации почвенной кислотности и влажности материала, по формуле

$$D = \frac{\text{доза CaCO}_3 \text{ (т/га)} \times 100 \times 100}{\% \text{CaCO}_3 \times (100 - \% \text{частиц})} \times \frac{100}{100 - \% \text{влажности}}, \quad (8.7)$$

где %  $\text{CaCO}_3$  — содержание  $\text{CaCO}_3$  в известковых удобрениях;

% частиц — доля частиц мелиоранта размером более 1 мм.

Устанавливая дозу извести для конкретных условий, необходимо учитывать гранулометрический состав почвы и особенности культур севооборота. На тяжелых почвах и под культуры очень чувствительные к повышенной кислотности (свекла, кукуруза, клевер, люцерна, капуста и др.) лучше вносить полную дозу извести, рассчитанную по гидролитической кислотности. На более легких малобufferных почвах и для культур, менее чувствительных к кислотности (картофель, люпин и др.), дозу извести уменьшают на 1/2-1/3.

Реакция почвенного раствора и твердой фазы почвы не является постоянной. Она изменяется под влиянием образующихся в почве кислот, в результате биологических, химических и физико-химических процессов, выноса кальция и магния с урожаем, их вымывания за пределы корнеобитаемого слоя, подкисления физиологически кислыми удобрениями, потерь на эродированных почвах, а также выпадения кислых дождей вследствие загрязнения атмосферы промышленными выбросами.

Повторное (поддерживающее) известкование проводят для поддержания заданной или достигнутой реакции почвы.

Повторное известкование проводится через 7-10 лет, если первое известкование проводилось полными дозами (5-8 т/га). Если первое известкование проводилось заниженными дозами, то повторное осуществляется через 3-5 лет. Дозы повторного известкования устанавливают по той же таблице, что и первого. Повторное известкование проводят до тех пор, пока не будет достигнуто оптимальное значение рН почвы. Кроме повторного (периодического) известкования, целесообразно применять *нейтрализованные известью минеральные удобрения*. В настоящее время количество  $\text{CaCO}_3$  (т), которое расходуется на нейтрализацию 1 т минеральных удобрений, принято считать следующим (данные ВИУА): аммиачная селитра — 0,75, мочевины — 0,8; сульфат аммония — 1,25, хлористый аммоний — 1,40, безводный аммиак — 1,50, калийные удобрения — 0,16, суперфосфат — 0,20, аммиачная вода — 0,50.

Вредное действие кислотности на растения на торфяных почвах сказывается при очень низких значениях рН. Принятая группировка торфяных почв по степени нуждаемости в известковании показана в табл. 8.17, а рекомендуемые дозы извести, дифференцированные по массе пахотных горизонтов, — в табл. 8.18.

Для дерново-подзолистых почв рассчитаны нормы расхода извести, необходимые для сдвига реакции до оптимального уровня pH (табл. 8.19).

### 8.17. Группировка торфяных почв по степени нуждаемости в известковании [40]

Нуждаемость в известковании	pHккл	Степень насыщенности основаниями, %
Сильная	Менее 3,5	Менее 35
Средняя	3,5-4,2	35-55
Слабая	4,2-4,8	55-65
Отсутствует	Более 4,8	Более 65

### 8.18. Потребность торфяных почв в известковании, т/га [40]

pHккл	Гидролитическая кислотность, ммоль (м-экв)/100 г почвы	Степень насыщенности основаниями, %	Нормы CaCO <sub>3</sub> при массе пахотного слоя мощностью 20 см	
			<500 т/га	>500 т/га
<3,90	>100	<25	10-12	12-6
3,90-4,30	100-60	25-50	4-6	6-8
4,31-4,70	60-40	50-65	2,5-4	3,5-5
4,71-5,00	40-30	65-75	1-2	2-3
>5	<3	>75	Не нуждаются	

### 8.19. Нормы расхода извести, необходимые для сдвига реакции до оптимального уровня pH, на дерново-подзолистых почвах [171]

Исходное значение pH	Оптимальное значение pH	Разница pH между оптимальным и исходным значениями	Норма расхода CaCO <sub>3</sub> , т/га	
			на 0,1 pH	на разницу pH
<i>Пашня</i>				
4,5	5,9	1,6	0,77	12,3
4,6-5,0	5,9	1,1	0,93	10,2
5,1-5,5	5,9	0,6	1,15	6,9
<i>Сенокосы и пастбища</i>				
4,2	5,6	1,3	0,75	9,8
4,6-5,0	5,6	0,8	0,93	7,4
5,1-5,5	5,6	0,3	1,15	3,4
<i>Многолетние насаждения</i>				
4,3	5,8	1,5	0,75	11,2
4,6-5,0	5,8	1,0	0,93	9,3
5,1-5,5	5,8	0,5	1,15	5,7

## 8.5. Фитосанитарная оптимизация агроценозов

### 8.5.1. Основные вредители и болезни сельскохозяйственных культур

Общее фитосанитарное состояние агроландшафтов определяется как совокупность частных показателей отдельных функциональных земельных участков по уровню распространения вредных и полезных организмов.

Среди вредителей широкое распространение получили виды многоядных вредных организмов, питающихся растениями различных ботанических групп, и специализированные виды, повреждающие лишь отдельные группы растений. В группу многоядных отнесены вредители, которые быстро размножаются на бросовых землях или на пашне при низкой культуре земледелия. К группе многоядных вредителей относятся: луговой мотылек, стадные и нестадные саранчовые, мышевидные грызуны и суслики (на посевах озимых зерновых, в лесополосах), обыкновенная полевка (на посевах озимых, многолетних трав и в посадках плодовых), водяная полевка (на лугах, покосах, пастбищах), грызущие и подгрызающие совки, проволочники, кукурузный стеблевой мотылек. Специализированные вредные организмы приурочены к конкретным растениям (группам растений определенных семейств).

*Зерновые и зернобобовые.* Перечень экономически значимых специализированных вредителей и возбудителей болезней растений представлен видами, указанными в табл. 8.20.

#### 8.20. Специализированные вредители и возбудители болезней зерновых и зернобобовых культур, способные нанести экономически значимый ущерб в агроландшафтах

Культура	Вредители	Болезни
Пшеница	Клоп вредная черепашка, хлебные клопики, блошки, тли, цикадки, трипсы, пьявицы, хлебная жужелица, хлебные жуки, злаковые мухи, зерновая совка, вредители запасов, клещи	Пыльная, твердая, карликовая головня; стеблевая, бурая, желтая ржавчина; плесневение и гниль семян; обыкновенная, гельминтоспориозные и фузариозные корневые гнили; фузариозная снежная плесень; мучнистая роса; темно-бурая пятнистость; офиоблез; фузариоз колоса; септориоз; церкоспореллез
Ячмень	Пьявица, хлебные блошки, злаковые мухи, проволочники, тли, трипсы, стеблевые пилльщики, шведская муха	Ложная пыльная, каменная и черная головня, гельминтоспориозная и фузариозная корневые гнили, церкоспореллез, темно-бурая пятнистость, ринхоспориоз, сетчатая пятнистость, фузариозы, мучнистая роса, ржавчина
Рожь	Пьявица, злаковые мухи, тли, трипсы	Церкоспореллез, мучнистая роса, кладоспориоз, альтернариоз, ржавчина бурая, стеблевая, септориоз, снежная плесень, фузариозная корневая гниль, стеблевая головня, ринхоспориоз, офиоблез, фузариоз колоса, ломкость стеблей
Овес	Злаковые мухи, тли	Пыльная, покрытая головня, фузариозная корневая гниль, корончатая ржавчина, красно-бурая пятнистость
Просо	Комарики, тли	Фузариозная и гельминтоспориозная корневые гнили, головня метелок, твердая и пыльная головня
Кукуруза	Южный серый долгоносик, кукурузный мотылек, проволочники, тля листовая, цикадки	Плесневение семян, пузырчатая головня

Продолжение табл. 8. 20

Культура	Вредители	Болезни
Рис	Тли, комарики, прибрежная муха, щитень, эстерия, рисовый афеленхоид (нематода)	Фузариозная корневая гниль, пирикуляриоз
Зернобобовые	Гороховая плодоярка, гороховая зерновка, клубеньковые долгоносики, бобовая огневка, тли, совки, гороховый комарик, трипсы	Фузариозная корневая гниль, фузариоз гороха, плесневение семян, аскохитоз, серая гниль

По отношению к зерновым колосовым культурам особо опасными, вызывающими чрезвычайные ситуации, являются клоп вредная черепашка и фузариоз колоса. В годы массового размножения и распространения клопа черепашки при повреждении им зерна и ухудшении хлебопекарных качеств из разряда продовольственного в кормовое переводится свыше 5 млн т зерна. В годы эпифитотий при поражении посевов фузариозом из-за загрязнения микотоксинами становится непригодным для пищевых и кормовых целей до 4-5 млн т зерна.

В результате распространения вредителей в агроландшафтах потенциальные потери зернового производства в России оцениваются ежегодно на уровне 27,4 млн т зерновых единиц (з.ед.), возбудителей болезней – 34,9 млн т з.ед.

*Технические культуры.* Специализированные вредные организмы технических культур в агроландшафтах представлены в табл. 8.21.

#### 8.21. Специализированные вредители и болезни технических культур, способные нанести экономически ощутимый ущерб в агроландшафтах

Культура	Вредители	Болезни
Сахарная свекла	Восточный, восточный полосатый и другие долгоносики, свекловичная листовая тля, свекловичная минирующая муха, свекловичная моль, свекловичные блошки, подгрызающие совки, луговой мотылек, цикадки, крошка, щитоноски, мертвоеды, свекловичная нематода	Церкоспороз, корнеед всходов, мучнистая роса, ржавчина, рамуляриоз, фомоз, при хранении (кагатная гниль, плесневение корнеплодов, фузариоз, фомоз, ооспороз, серебристая парша, ризоктониоз)
Лен	Блошки, плодоярки, льняной и другие трипсы, совка-гамма	Антракноз, крапчатость, бактериоз, пасмо
Конопля	Блошки, листовертки, кукурузный мотылек	
Кенаф	Клопы, тли	
Подсолнечник	Луговой мотылек, клопы, тли	Белая гниль, пероноспороз, фомосис
Соя	Паутинный и другие клещи, тли, листоеды, луговой мотылек, соевая плодоярка	Фузариозы, бактериальный ожог, септориоз, бактериоз, оливковая пятнистость



Продолжение табл. 8. 21

Культура	Вредители	Болезни
Рапс	Рапсовый цветоед, крестоцветные блошки, клопы, белянки, тли, блошки	Корневые гнили, пероноспороз, альтернариоз
Мак масличный	Корневой скрытохоботник, скрытохоботник коробчатый, тли, листовертки, галлицы, клещи, луговой мотылек, медляк	Фузариозная корневая гниль.
Табак, махорка	Тли, трипсы	Черная корневая гниль табака
Хмель	Паутинный и другие клещи, тли, скосарь люцерновый	Ложная мучнистая роса

*Картофель и овощные культуры.* По уровню потерь урожая от вредных организмов в ландшафтах картофелеводство и овощеводство занимают первое место. Ежегодные потенциальные потери картофелеводства от вредителей оцениваются 6,52 млн т з.ед., от болезней – 15 млн т з.ед., овощных культур соответственно 4,1 и 6,2 млн т з.ед. (табл. 8.22).

#### 8.22. Специализированные вредные организмы картофеля и овощных культур, способные нанести ощутимый ущерб в агроландшафтах

Культура	Вредители	Болезни
Картофель	Колорадский жук, картофельная моль, картофельная коровка, тли, проволочники, стеблевая нематода	Фитофтороз, ризоктониоз, фузариозное и вертицеллезное увядание, черная ножка, альтернариоз, бурая пятнистость листьев, рак картофеля, фузариозная сухая гниль, мокрая гниль клубней, фомоз, ооспороз
Капуста	Хреновый листоед, капустная и репная белянки, капустная моль, огневки, капустная совка	Черная ножка, полегание растений, сосудистый бактериоз, серая гниль, капустная кила
Морковь	Морковная муха, листоблошки	Фомоз, белая, серая и сухая гнили, бурая пятнистость, септориоз, церкоспороз, альтернариоз
Лук	Луковая муха	Пероноспороз лука, белая гниль донца и плесневение чеснока
Огурцы	Паутинный клещ, табачный, западный цветочный трипсы, тепличная ростковая муха, белокрылка, тли, галловая нематода (теплицы)	Фузариозная, ризоктониозная и питиозная корневые гнили, фузариозное увядание, бактериоз, мучнистая роса, пероноспороз, бурая угловатая пятнистость, белая гниль, фузариоз, аскохитоз, "черная ножка" корнеед, черная корневая гниль, белая и серая гнили
Томаты	Белокрылка, паутинный клещ, персиковая, бахчевая тли, табачный, западный цветочный трипсы, колорадский жук, подгрызающие совки, галловая нематода (теплицы)	Фузариозная, ризоктониозная, питиозная корневые гнили, бактериальное увядание, белая и серая гнили, антракноз, аскохитоз, фузариозное увядание, макроспориоз, бурая пятнистость листьев, фитофтороз, альтернариоз, мучнистая роса

Продолжение табл. 8. 22

Культура	Вредители	Болезни
Арбуз, дыня, кабачки	Подгрызающие совки, дынная муха, клещи, тли, бахчевая коровка	Пероноспороз, мучнистая роса, антракноз, аскохитоз

*Плодовые, ягодные культуры и виноград.* В плодоводстве, как и в картофелеводстве и овощеводстве, основные площади культур находятся в личных подсобных хозяйствах. Вредные организмы, распространенные в агроценозах плодовых культур, представлены в табл. 8.23.

### 8.23. Специализированные вредители и болезни растений в посадках плодовых, ягодных культур и винограда, способные нанести ощутимый экономический ущерб

Культура	Вредители	Болезни
Яблоня	Кольчатый и другие шелкопряды, краснокрылый трубкаверт, моль-малютка, тли, медяница, жуки, долгоносики, стеклянница яблонная, щитовки, паутинный и красный плодовой клещ, клещ Шлехтендаля, розанная, всеядная, сетчатая, ивовая, кривоусовая листовертки, бурополосовая пяденица, яблонная и плодовая моли, американская белая бабочка, златогузка, листовертки, боярышница, яблонная плодожорка, совки, древесница въедливая	Мониллиальный ожог цветков и листьев, цитоспороз, млечный блеск, черный рак, филлостикоз, пятнистость конитириозная, ржавчина парша, мучнистая роса, сажистый гриб "мухосед", черноракковая пятнистость, другие пятнистости листьев, мониллиоз
Груша	Клещи, тли, толстоножки, плодожорки, листовертки, пилильщики, щитовки, ложнощитовки, грушевая медяница, восточная плодожорка	Мучнистая роса, парша, ржавчина груш, филлостикоз, пятнистость конитириозная, ржавчина, пятнистость черно-раковая, монилиоз, "млечный блеск", черный рак, цитоспороз, мониллиальный ожог цветков и листьев
Вишня, черешня	Тли, долгоносики, плодожорки, пилильщики, вишневая муха, шелкопряды, моли, листоеды, пяденицы, щитовки	Кластероспориоз, курчавость листьев, коккомикоз, монилиоз, мониллиальный ожог
Слива	Сливовая плодожорка, клещи, тли, пилильщики, долгоносики	Кластероспориоз, курчавость листьев, коккомикоз, монилиоз, мониллиальный ожог
Персик	Клещи, тли, восточная плодожорка	Курчавость, кластероспориоз, парша
Смородина	Тли, моль, листовая и побеговая галлицы, листовертки, медяницы, пилильщики, щитовки, ложнощитовки, клещ Шлехтендаля	Антракноз, американская мучнистая роса, септориоз, ржавчина
Крыжовник	Паутинный клещ, листовая галлица, листовертки, крыжовниковая огневка, крыжовниковый пилильщик	Американская мучнистая роса, ржавчина, антракноз, септориоз

Продолжение табл. 8.23

Культура	Вредители	Болезни
Малина	Малиновый жук, малинная почковая моль, малинно-земляничный долгоносик, клещи, тли, цикадки, листовертки, галлицы, пилильщики, клещи	Пурпурная пятнистость, серая гниль
Земляника	Белокрылка, малинно-земляничный долгоносик, пилильщики, клещи, крапивно-лиственной долгоносик, земляничный листоед, земляничная листовертка, земляничный пилильщик, шелковистый пилильщик	Мучнистая роса, вертициллезное увядание, кожистая фитофторозная гниль плодов, серая гниль
Виноград	Гроздевая листовертка, мучнистый и другие червецы, листовая филлоксеры, филлоксеры, паутиновый клещ, ложнощитовки	Ильдю, оидиум, черная пятнистость, краснуха, антракноз, серая гниль, черная гниль
Цитрусовые	Белокрылки, червецы, ложнощитовки, щитовки	Парша, мальсекко, антракноз, бактериальный некроз, гнили плодов

Потенциальные потери урожая от вредителей в посадках плодовых культур оцениваются в пересчете на зерно в 2,2 млн т з.ед. и от возбудителей болезней 2,1 млн т з.ед.

*Кормовые культуры.* Наиболее низкий уровень фитосанитарного состояния наблюдается на посевах кормовых культур на пашне и естественных кормовых угодьях. Перечень наиболее опасных вредителей и болезней представлен в табл. 8.24.

#### 8.24. Специализированные вредители и возбудители болезней на посевах кормовых культур, способные нанести ощутимый экономический ущерб

Культура	Вредители	Болезни
Люцерна	Луговой мотылек, совки, огневки, галлицы, долгоносики, фитонимус и другие клопы, тли, толстоножки	Бурая пятнистость, пероноспороз
Эспарцет	Клопы, тли, толстоножки, долгоносики, луговой мотылек, совки, огневки, галлицы	Рамуляриоз, септориоз, мучнистая роса
Клевер	Долгоносики, клопы, листогрызущие совки	Фузариозная корневая гниль, аскохитоз, бурая пятнистость, рак
Люпин	Стеблевая минирующая муха, тли	Аскохитоз, фузариоз, антракноз, серая гниль, фомопсис, плесневение семян
Кормовые многолетние злаковые травы	Колосовые мухи тимофеевки	Плесневение семян, аскохитоз, гельминтоспориоз, фузариоз, спорынья

При значительных площадях кормовых культур в структуре агроландшафтов в абсолютном выражении велики потенциальные потери урожая от вредителей – 4 млн т и от болезней – 2,4 млн т в пересчете на зерно.

### 8.5.2. Наиболее вредоносные виды сорных растений

Сорный компонент агроландшафтов представлен 120 экономически значимыми видами. Наиболее опасными (10 видов) в посевах озимых зерновых являются: вьюнок полевой *Convolvulus arvensis*, бодяк полевой *Cirsium arvense*, осот полевой *Sonchus arvensis*, марь белая *Chenopodium album*, сурепка обыкновенная *Barbarea vulgaris*, виды щириц *Amaranthus* spp., ромашка непахучая *Matricaria inodora*, виды щетинников *Setaria* spp., овсюг обыкновенный *Avena fatua*, просо куриное *Echinochloa crus-galli*; в посевах яровых зерновых – осот полевой *Sonchus arvensis*, бодяк полевой *Cirsium arvense*, вьюнок полевой *Convolvulus arvensis*, овсюг обыкновенный *Avena fatua*, просо куриное *Echinochloa crus-galli*, виды щетинников *Setaria* spp., марь белая *Chenopodium album*, виды щириц *Amaranthus* spp., сурепка обыкновенная *Barbarea vulgaris*, ромашка непахучая *Matricaria inodora*; в посевах кукурузы – вьюнок полевой *Convolvulus arvensis*, бодяк полевой *Sonchus arvensis*, виды щириц *Amaranthus* spp., марь белая *Chenopodium album*, сурепка обыкновенная *Barbarea vulgaris*, виды щетинников *Setaria* spp., просо куриное *Echinochloa crus-galli*, овсюг обыкновенный *Avena fatua*, гумай *Sorghum halepense*, пырей ползучий *Agropyron repens*; в посевах сахарной свеклы – марь белая *Chenopodium album*, виды щириц *Amaranthus* spp., сурепка обыкновенная *Barbarea vulgaris*, бодяк полевой *Cirsium arvensis*, осот полевой *Sonchus arvensis*, вьюнок полевой *Convolvulus arvensis*, просо куриное *Echinochloa crus-galli*, виды щетинников *Setaria* spp., овсюг обыкновенный *Avena fatua*, пырей ползучий *Agropyron repens*; в посадках картофеля – марь белая *Chenopodium album*, осот полевой *Sonchus arvensis*, бодяк полевой *Cirsium arvensis*, пырей ползучий *Agropyron repens*, редька дикая *Raphanus raphanistrum*, мокрица средняя *Stellaria media*, виды пикульника *Galeopsis* spp., виды щириц *Amaranthus* spp., просо куриное *Echinochloa crus-galli*, подмаренник цепкий *Galium aparine*.

Ежегодные потенциальные потери урожая сельскохозяйственных культур от сорных растений оцениваются в 39,3 млн т з.ед. Общие среднегодовые потери урожая от вредителей болезней и сорняков составляют в среднем 101,6 млн з. ед. ежегодно.

В связи с высокими потерями урожая от вредных организмов защитные мероприятия представляют одно из важнейших направлений повышения продуктивности агроландшафтов.

### 8.5.3. Экономическая оценка вредоносности и целесообразности применения защитных мероприятий

В качестве экономического критерия целесообразности проведения защитных мероприятий предлагается рассматривать уровень распространения вредных организмов, превышающий экономический порог их вредоносности.

Экономические пороги вредоносности (ЭПВ) позволяют оценивать уровни распространения вредителей, возбудителей болезней и сорняков на конкретных полях и участках в связи с определением целесообразности прове-

дения защитных мероприятий. Все участки с численностью вредных организмов, превышающей экономический порог вредоносности, подлежат воздействию защитных мероприятий. Разработка и использование экономических порогов вредоносности, подобно системе учета и оценки численности вредных организмов, – обязательный элемент системы управления фитосанитарным состоянием агроландшафтов.

Экономические пороги вредоносности рассчитываются для каждого конкретного агроценоза в агроландшафте. Порядок расчета ЭПВ следующий.

На первом этапе определяется величина дополнительного урожая (ДУ), окупающая затраты на применение регулирующих мероприятий (например, гербицидов), ц/га по формуле

$$ДУ = З/Ц, \quad (8.8)$$

где  $З$  – затраты на применение гербицидов, руб.;

$Ц$  – цена 1 ц урожая (плановая или фактическая реализационная с конкретного поля), руб/ц.

На втором этапе вычисляется экономический порог вредоносности сорняков (ЭПВ) по формуле

$$ЭПВ = ДУ/в, \quad (8.9)$$

где  $в$  – коэффициент потерь урожая (ц/га) в расчете на один сорняк на  $1 м^2$ . Коэффициент потерь урожая на один вредный организм (балл распространения) может выражаться в абсолютных цифрах (кг урожая/га/ особь на  $1 м^2$ ) или в относительных – в % потерь на один сорняк на  $1 м^2$  от планируемого (на этапе планирования защитных мероприятий) или фактического урожая конкретного поля (в период проведения защитного мероприятия и оценки эффективности защитного мероприятия).

Расчетные показатели коэффициентов потерь обычно разрабатываются научно-исследовательскими учреждениями, носят зональный характер. Для примерных расчетов разработаны общие показатели экономических порогов вредоносности, публикуемые в справочной литературе по культурам и вредным организмам.

Для иллюстрации приводятся исходные данные вредоносности сорных растений в виде показателей потерь урожая зерновых культур (в табл. 8.25).

### 8.25. Коэффициенты потерь урожая зерновых колосовых культур от сорняков

Сорняк	Снижение урожая (%) в расчете	
	на один сорняк/м <sup>2</sup>	на 1% проективного покрытия почвы
Горец вьюнковый	1,79	0,54
Мокрица	0,69	1,19
Пикульник	1,47	1,09
Подмаренник цепкий	1,16	0,69
Редька дикая	1,85	0,98
Ромашка	3,13	1,56
Костер	0,26	0,70
Метлица	3,13	1,56
Овсяг	0,26	0,61

Приведенные данные показывают потери урожая (в %) для двух методов учета уровня распространения сорных растений: по числу сорных растений и проективному покрытию. При известных затратах на проведение обработок гербицидами на уровне 700 руб/га на посевах озимой пшеницы с планируемой урожайностью 30 ц/га, засоренной ромашкой непахучей, экономический порог вредоносности сорняка составляет:  $(750 \text{ руб/га} : 250 \text{ руб/ц}) : (30 \text{ ц/га} \times 1,47 \%) = 3 \text{ ц/га} : 0,44 \text{ ц/га} / 1 \text{ сорняк/м}^2 = 6,8 \text{ растений ромашки непахучей/м}^2$ . Экономический порог вредоносности при преобладании в посевах озимой пшеницы ромашки непахучей составляет 7 растений/м<sup>2</sup>.

При смешанном типе засоренности несколькими видами сорняков ЭПВ определяется как средневзвешенный показатель с учетом коэффициентов потерь урожая от конкретных видов сорняков и доли фактического количества каждого вида сорняков в агроценозе, т.е. процент потерь на один средневзвешенный сорняк/м<sup>2</sup>.

Экономический порог целесообразности защитных мероприятий (ЭПЦ) для конкретных хозяйственных условий, учитывающий не только окупаемость, но и прибыльность защитного мероприятия (например, на уровне средней прибыли растениеводства или в конкретном случае зернового производства или другой наперед заданной величины показателя прибыли) рассчитывается с учетом четырех коэффициентов. Эти коэффициенты учитывают хозяйственную производственно-экономическую деятельность, корректирующую ЭПВ в связи с прибыльностью мероприятия:

К1 – коэффициент затрат на уборку дополнительного урожая (на уровне расходов на уборку урожая в общей сумме затрат на производство зерна) порядка 20-30% соответственно;

К2 – коэффициент накладных расходов (с учетом процента накладных расходов от прямых затрат по конкретной культуре в хозяйстве, обычно 15-30%);

К3 – коэффициент экологичности защитных мероприятий, учитывающий, например, опасность применения пестицидов в связи с возможным отрицательным влиянием их на полезную фауну, флору и здоровье человека, принимаемый по показателю дополнительных затрат на их предотвращение: контроль выполнения работ, дополнительные мероприятия по защите пчел, мониторингу загрязнения, предотвращению опасности и т.д.) – порядка 10-30%;

К4 – коэффициент прибыльности (наперед заданная прибыль – средняя по культуре в хозяйстве, конкретная по культуре на поле, обрабатываемом гербицидами, обеспечивающая расширенное воспроизводство (обычно не ниже 40%).

Тогда ЭПЦ (экономический порог целесообразности активных защитных мероприятий) = ЭПВ  $\times$  (К1 + К2 + К3  $\times$  К4) %; в конкретном примере с ромашкой непахучей на посевах озимой пшеницы (по максимальным показателям) составит:

$6,8 \text{ растений/м}^2 + 6,8 \text{ растений/м}^2 \times (30\% + 30\% + 30\% + 40\%) = 6,8 + 6,8 \times 1,3 (130/100\%) = 6,8 + 8,8 = 15,6 \text{ растений/м}^2$ .

Пороговые уровни целесообразности применения химических средств защиты растений, как показывает обобщение отечественного и зарубежного опыта, соответствуют высокому и среднему уровням распространения вредных организмов в агроландшафтах.

#### ***8.5.4. Принципы формирования и возможности экологизации систем защиты растений***

Защита растений от вредителей, болезней и сорняков в системах земледелия является важным звеном в ограничении действия факторов, лимитирующих продуктивность сельскохозяйственных культур и качество получаемой продукции.

Современная концепция защиты растений, имея своей целью обеспечение урожая требуемого качества при снижении затрат на его производство и уменьшении отрицательных действий на окружающую среду, связывает в единое целое использование иммунных сортов, адаптированных агротехнических приемов возделывания, методов биологической борьбы с вредными организмами и сводит применение химических средств защиты растений к минимуму.

Эта стратегия определяет необходимость системного подхода и связывает экологические требования защиты внешней среды с экономическими целями растениеводства. На базе знаний о взаимосвязях между почвенно-климатическими условиями места выращивания, требованиями культурных растений к ним, агротехническими приемами, вредными и полезными организмами такой подход наиболее полно реализуется в рамках адаптивно-ландшафтного земледелия.

Основой систем защиты растений от вредителей, болезней и сорняков должны служить, прежде всего, организационно-хозяйственные и агротехнические приемы, способствующие оптимизации фитосанитарной ситуации в посевах, которые при необходимости снижения вредоносности вредных видов могут дополняться различными биологическими и химическими методами. Для принятия решений о проведении таких мероприятий проводятся мониторинг и прогноз состояния посевов на основе использования порогов вредоносности. Последние зависят от многих факторов, поэтому принятию решений о необходимости определенных мер борьбы способствует разработка компьютерных моделей.

Использование химических средств регламентируется экономической эффективностью, что значительно ограничивает объемы их применения. С целью экологизации защиты растений следует использовать селективные, щадящие полезную фауну, химические пестициды. Дифференцированное внесение пестицидов в соответствии с неравномерным распределением вредных организмов в агроценозах – это следующий этап в развитии природоохранных технологий. Применение средств с узким спектром действия расширяет шансы биологических препаратов. Для подавления вредителей, особенно на овощных культурах, можно использовать микробные инсектициды (на основе патогенных бактерий или вирусов), которые вызывают не только

гибель насекомых, но и снижают их устойчивость к паразитам, хищникам и другим патогенам. Для обработки семян и посадочного материала, а также растений по вегетации в некоторых случаях целесообразно применять препараты на основе микробов – антагонистов фитопатогенов, различные биологически активные вещества природного происхождения, которые успешно конкурируют с химическими фунгицидами. Так, в настоящее время для обработки семян пшеницы широко используются препараты на основе псевдомонад, которые выделяют антибиотики, ингибирующие развитие фитопатогенов, а также вещества тритерпенового ряда, выделенные из лапок пихты сибирской.

Используя ловчие культуры, также можно значительно снизить объемы и площади применения инсектицидов. Как показали исследования СибНИИЗХим, ловчая культура семейства капустовых с более коротким вегетационным периодом в сравнении с рапсом способствует локализации и концентрации насекомых – фитофагов. После заселения ловчей культуры насекомыми ее обрабатывают инсектицидом для предотвращения расселения вредителей на рапс. При соблюдении всех технологических требований ловчие культуры, занимающие около 10% площади основного посева, вполне надежно защищают рапс от заселения и повреждения его насекомыми-фитофагами, при этом расход инсектицида уменьшается на 90%. Для использования в качестве ловчих культур пригодны сурепица и горчица сарептская. Преимуществом первой является возможность одновременного проведения всех технологических операций при посеве. Существенно и то, что эти культуры трудно скрещиваются между собой даже при принудительном опылении, вследствие чего сурепицу можно выращивать до созревания и уборки на маслосемена. Однако ее использование обеспечивает защиту рапса только от рапсового цветоеда. С помощью горчицы можно защитить посев основной культуры от комплекса специализированных вредителей. Недостатками горчицы как ловчей культуры являются необходимость более раннего сева, что несколько осложняет технологические операции по подготовке почвы и посеву основной культуры, а также необходимость ее скашивания до наступления фазы цветения у рапса с целью предотвращения переопыления.

Выращивание устойчивых сортов в настоящее время рассматривается как основополагающий метод борьбы с болезнями и вредителями, поскольку он прекрасно сочетается с другими способами защиты растений. При наличии сорта с групповой или комплексной устойчивостью и положительной оценки по критерию ЭПВ оказывается возможным, соблюдая лишь сортовую агротехнику и дополнительно ничего не предпринимая, выйти на желаемый результат, получив защищенный агроценоз. Известно достаточно много сортов пшеницы и других культур, обладающих генетической устойчивостью к конкретным возбудителям болезней или вредителям.

В то же время необходимо учитывать, что сортовая устойчивость не обеспечивает абсолютной защиты. Здесь возможно такое же давление отбора, как и при применении пестицидов, если оно достаточно сильно, то быстро появляется определенный биотип, способный выжить на устойчивом сорте.



Обычно за три-пять лет сорт теряет устойчивость, что определяет необходимость постоянной селекции на устойчивость к вредным организмам. Для преодоления этого в системе агроценоза, особенно в полевом кормопроизводстве, необходимо формировать полисортовые (сорты с различным типом устойчивости) или поливидовые посева. Кроме того, для повышения устойчивости растений к вредным организмам целесообразно использовать индукторы иммунитета, а также природные или синтетические регуляторы роста растений.

Все мероприятия по защите растений следует проводить таким образом, чтобы сохранить многообразие и стабильность агроэкосистем для усиления механизмов саморегуляции природной биоты путем создания оптимальных условий с целью активизации полезных организмов и неблагоприятной обстановки – для вредных. Эти проблемы можно решить лишь с помощью долгосрочной агроэкологической регуляции соотношения вредных и полезных видов в системе рационального природо- и землепользования. Особую роль здесь играет повышение экологической значимости биотопов, примыкающих к сельхозугодьям – лесополос, микрорезервуаров, живых изгородей и т.д., в том числе посев аттрактивных и фуражных культур для дополнительного привлечения энтомоокарифагов. За счет изъятия неперспективных пахотных земель можно создавать биотопы разнообразных видов полезных диких животных и растений, в том числе за счет интродукции и акклиматизации полезных видов из других местообитаний. Но какую долю площади они должны занимать, какой минимальный размер и какую структуру должны иметь такие биотопы, об этом мнения пока сильно расходятся и наши знания еще недостаточны для обоснованных рекомендаций. Но свою экологическую функцию такие биотопы выполняют только в том случае, если они защищены от сноса пестицидов.

### **8.5.5. Применение биопрепаратов**

В России, как и во всем мире, возрастающее внимание уделяется разработке экологически безопасных альтернатив агрохимикатам. В системе биоценологических связей находят свое место инсектицидные, акарицидные, рентицидные и фунгицидные биопрепараты, созданные на основе микроорганизмов с соответствующими хозяйственно ценными свойствами. Технологии производства и применения таких биопрепаратов интенсивно разрабатываются в отечественных институтах и при соблюдении рекомендаций разработчиков они в состоянии стать в определенной мере альтернативой пестицидам химического синтеза, превосходя последние по экологическим, экономическим и социальным показателям. Так, если длительность разработки инсектицидного препарата составляет в среднем 10 лет (как для химического, так и микробиологического), то уже по окупаемости затрат химическое СЗР характеризуется величиной 2,5-5 раз, а микробиологическое (МСЗР) – до 30 раз. Селективность действия химического СЗР незначительная, тогда как МСЗР – высокая. Напротив, риск выработки резистентности к химическому инсектициду высокий, а к микробиологическому он практически от-

сутствует. И, наконец, вредные побочные явления (сюда в первую очередь относятся загрязнения сельскохозяйственной продукции и агроландшафтов) многообразны в случае химических СЗР и незначительны (либо вовсе отсутствуют) у МСЗР. Проблема заключается в дефиците таких биопрепаратов как по объемам применения, так и ассортименту, хотя служба защиты растений остро нуждается в таких средствах.

Эффективное применение биопестицидов против вредителей обусловлено взаимоотношениями между растением, вредителем-фитофагом и патогеном последнего. Очевидно, что применение микробиологического препарата будет удачным в случаях подбора наиболее вирулентного для данного объекта штамма-продуцента и выбора наиболее уязвимой, чувствительной фазы развития вредителя. В каждом конкретном случае эти общие соображения специфически преломляются в соответствующих рекомендациях практике. Так, для снижения вредоносности насекомых фитофагов (листогрызущие чешуекрылые, колорадский жук и др.) рекомендуется применение различных биопрепаратов энтомоцидного действия на основе *Bacillus thuringiensis* (ВТ) в период преобладания личинок младших возрастов (как наиболее восприимчивых к энтомотоксическому и энтомопатогенному действию ВТ). Рекомендуется повторение такой обработки через семь-восемь суток для подавления личинок, отрождающихся из яйцекладок более поздних сроков откладки. Такого рода конкретизация рекомендаций, учитывающая экологические особенности, вредоносность и фенологию вредителя с поправкой на условия данного сезона, абсолютно необходима для успешного использования биопрепаратов. Предлагая рекомендации по применению биопрепаратов против того или иного вредителя (или их комплекса), необходимо исходить из механизма действия данного микробного средства, которое определяется не только видом штамма-продуцента, но и тем, что входит в состав действующего начала препарата. Это могут быть живые микроорганизмы (споры, конидии и др.), токсические метаболиты или сочетание всех этих факторов энтомоцидного действия. Так, при наличии у *Bacillus thuringiensis* спор, дельта-эндотоксина, а у некоторых разновидностей и термостабильного экзотоксина при конструировании биопрепаратов путем их комбинации из одного и того же штамма ВТ можно получить семь разных препаратов, каждый из которых будет иметь свой механизм действия и соответственно свой спектр активности.

Иллюстрацией возможностей биопрепаратов альтернативных пестицидам различного назначения являются разработки ГНУ ВНИИ сельскохозяйственной микробиологии. Преобладающая часть из нижеследующего перечня создана с использованием энтомопатогенной бактерии *Bacillus thuringiensis*. На ее основе во всем мире разрабатывается наибольшее количество наименований инсектицидных биопрепаратов, поскольку ВТ характеризуется высоким биоразнообразием свойств, а ее различные разновидности имеют разный спектр действия. Так, битоксибациллин (БТБ) высокоэффективен против многих (около 70 видов) вредных насекомых. Преимущественно это листогрызущие чешуекрылые (совки, моли, белянки, шелкопряды, златогузка,

американская белая бабочка), а также колорадский жук, паутинные клещи и др. Ранее в СССР выпуск БТБ достигал нескольких тысяч тонн в год и сильно сократился с общим падением конъюнктуры и реорганизацией крупнотоннажного производства биопрепаратов. Новая разработка ВНИИСХМ Бацикол – биоинсектицид избирательного действия, ориентирована на применение в борьбе с жесткокрылыми вредителями-фитофагами: колорадским жуком и другими листоедами (в том числе с крестоцветными блошками), долгоносиками, пядицей и др. Все это опасные массовые вредители таких важнейших культур, как картофель, крестоцветные овощные, зерновые, ягодники. Бактокулицид, также созданный во ВНИИСХМ на основе ВТ, эффективен против кровососущих двукрылых – комаров и мошек, имеющих значительное эпидемиологическое и ветеринарное значение, а в сфере защиты растений может использоваться для защиты риса от рисового комарика и промышленной культуры грибов – от шампиньонных комариков сциарид.

К другим препаратам ВНИИСХМ относится Бактороденцид – препарат селективного действия для борьбы с мышевидными грызунами, безопасный для человека и нецелевых объектов, и Актинин – препарат на основе стрептомицета, высокоэффективный против паутинных клещей, тлей, а также колорадского жука.

Все перечисленные биопрепараты являются экологически безопасными, безвредными для теплокровных животных и относятся к четвертому классу опасности. В ряде научных учреждений созданы биосредства на основе энтомопатогенных грибов и их токсинов инсектицидного действия, энтомопатогенных вирусов. В последнее время в фокус внимания науки и практики защиты растений попали также и актиномицеты инсекто-акарицидного действия. Аналогичные тенденции наблюдаются и в других странах.

Наличествующий в мире перечень биопрепаратов способен подавить многих опасных массовых вредителей сельскохозяйственных растений, представленных насекомыми, клещами и грызунами. Освоение этих препаратов в должных объемах могло бы существенно улучшить экологическую обстановку в АПК и способствовать улучшению качества урожая и его сохранению. Однако отечественный и мировой ассортимент МСЗР охватывает далеко не весь перечень вредных объектов, имеющих первоочередное экономическое значение, поэтому приоритетными задачами разработчиков биосредств для защиты растений являются расширение ассортимента биопрепаратов, увеличение объемов их применения и совершенствование их качества. Одним из направлений повышения роли биопрепаратов в АПК России стала разработка микробных препаратов с комплексным действием, основанным на множественности биологических функций микроорганизмов. В ходе разработки нового биопрепарата Бацикола, о котором уже упоминалось, было обнаружено, что помимо энтомоцидного действия он обладает фунгицидным эффектом, распространяющимся на важные в практическом отношении фитопатогенные грибы. Установлено, что Бацикол подавлял развитие возбудителей серой гнили *Botrytis cinerea*, а также некоторых представителей р.р. *Fusarium*, *Helminthosporium*, *Alternaria* и др. В различной степени это же явление

было установлено и для других препаратов энтомоцидного действия на основе *Bacillus thuringiensis*. Обнаружение комплексного действия биопрепаратов позволяет расширить область использования микробных препаратов, рационализировать технологии их применения и тем самым снизить потребление пестицидов химического синтеза.

Внедрение биопрепаратов в АПК России и расширение их использования тормозятся рядом объективных и субъективных причин. На пути внедрения в практику защиты растений экологически безопасных и безвредных для человека биосредств стоит во многом несовершенная коммерциализированная система государственной регистрации. Для ее полного прохождения и внесения препарата в Список разрешенных к применению СЗР разработчик должен заплатить сумму, не реальную для современного финансирования научных учреждений Россельхозакадемии.

В условиях спада активности крупнотоннажного микробиологического производства представляется необходимым развитие региональной системы производства и применения биопрепаратов в малотоннажном формате. Такая инфраструктура, ориентированная на местную специфику сельскохозяйственного производства и региональные потребности в биопрепаратах в России, функционирует и насчитывает десятки биологических лабораторий разного уровня, но объемы выпуска и ассортимент их продукции все еще не в состоянии преодолеть острый дефицит в биопрепаратах для АПК. ВНИИ сельскохозяйственной микробиологии разрабатывает широкий ассортимент фитозащитных, а также почвудобрильных и других биопрепаратов в расчете на региональные малотоннажные предприятия по их выпуску и применению, ведет селекцию штаммов-продуцентов для снабжения местных биологических лабораторий, осуществляет все формы научного сопровождения по разработке и внедрению биопрепаратов для региональных предприятий, включая стажировки специалистов биологических лабораторий во ВНИИСХМ.

Аналогичные работы проводятся во ВНИИ защиты растений, ВНИИ прикладной микробиологии, ВНИИ фитопатологии, ВНИИ биометода и в других учреждениях.

Нет сомнения, что биологические СЗР, включая биопрепараты, при всех их многочисленных преимуществах в аспекте охраны природы не смогут полностью вытеснить химический метод. Однако в целом ряде сфер аграрного сектора применение биосредств признается преимущественным. Сюда относятся курортные и водоохранные зоны, сырьевые зоны детского и диетического питания, защищенный грунт.

Наглядным примером беспестицидных технологий служит применение биопрепаратов для защиты крестоцветных культур от вредителей. В первый год возделывания капусты при высадке рассады в грунт применяется Бацикол против крестоцветных блошек (комплекс видов *p. Phyllotreta*). При необходимости на том же участке в конце вегетации применяют Битоксибациллин против листогрызущих чешуекрылых (беянки капустная и репная, совка), поскольку в период выборочного сбора урожая применение инсектицидов нежелательно. На капусте второго года возделывания (семенники) мож-

но использовать Бацикол против рапсового цветоеда. На такой высокорентабельной культуре, как горчица, которая является высокоаттрактивной для вредителей эффективно применение Бацикола как против крестоцветных блошек, так и против восточного горчичного листоеда (с эффективностью свыше 90%), при этом отмечено действие этого препарата также и на снижение численности крестоцветных клопов (эффективность свыше 70%).

Укрепление крупнотоннажного и регионального малотоннажного направлений производства и применения микробных средств защиты растений (без противопоставления одного другому), в тесном контакте с научными учреждениями-разработчиками биопрепаратов, будет способствовать экологизации сельского хозяйства России.

### **8.5.6. Проектирование систем защиты растений**

Проектирование систем защиты осуществляется на основе определения видового состава вредных организмов в рамках агроэкологической группы земель и их потенциальной вредоносности, которая устанавливается с помощью долгосрочного и краткосрочного прогнозов. Эти показатели определяются как почвенно-климатическими условиями, так и набором возделываемых культур. В зависимости от преобладающих видов вредителей, болезней и сорняков подбираются сорта сельскохозяйственных культур, обладающие толерантностью к выделенным вредным объектам, агротехнические приемы, способствующие снижению их вредоносности, и средства защиты. Последние могут включать в себя химические, биологические препараты, биологически активные вещества (БАВ). Организационно-хозяйственные мероприятия и агротехнические приемы планируются на основе долгосрочного прогноза развития вредных видов. Применение фитосанитарных средств регламентируется фитосанитарной ситуацией, складывающейся в течение периода вегетации, и осуществляется только при превышении экономических порогов вредоносности.

В зависимости от уровня интенсификации агротехнологий формируются системы защиты растений, различающиеся уровнем использования фитосанитарных средств.

1. В экстенсивных технологиях оптимизация фитосанитарного состояния посевов достигается подбором толерантных сортов; чередованием культур и пара в севооборотах; системой основной, предпосевной и послепосевной обработки почвы, обеспечивающей оптимальное сложение пахотного слоя и выровненность поверхности поля, воздушно-тепловым обогревом семян, оптимизацией сроков посева, норм высева, глубины заделки семян. Химические средства защиты применяются эпизодически, в условиях эпифитотий, при вспышках массового размножения вредителей и сорняков, которые могут привести к существенным потерям или даже уничтожению урожая.

2. Второй уровень интенсификации (нормальный) предусматривает, наряду с организационно-хозяйственными и агротехническими мероприятиями по оптимизации фитосанитарного состояния посевов, использование протравителей семян при заражении семенного материала возбудителями

заболеваний выше порога вредоносности и гербицидов при высокой засоренности посевов двудольными сорняками. В технологиях подготовки пара одну-две механические обработки целесообразно заменить химической с использованием гербицидов сплошного действия или для удешевления мероприятия — их смесью с противодвудольными препаратами. При опасности возникновения эпифитотий листостеблевых инфекций в период вегетации на семенных и наиболее продуктивных посевах применяются фунгициды. Возможно использование инсектицидов в случаях вспышек массового размножения вредителей, особенно на всходах культур, в частности, на сахарной свекле, рапсе, ячмене и т.п.

3. В интенсивных технологиях, обеспечивающих существенное повышение продуктивности культур, вредоносность вредных видов усиливается. В дополнение ко второму уровню в системах защиты здесь применяются гербициды против мятликовых сорняков. Проводится опрыскивание вегетирующих посевов фунгицидами при первых признаках проявления заболеваний. Наряду с защитой всходов от вредителей инсектициды применяются также для защиты вегетативных и генеративных органов. Обязательным приемом следует признать и использование регуляторов роста для предотвращения полегания зерновых. В случаях задержки созревания целесообразно проводить сеникацию.

4. Высокие технологии, обеспечивающие получение продукции требуемого качества при исключении отрицательных воздействий на окружающую среду, значительно усложняют системы защиты. В этом случае необходимо не только осуществлять надзор за состоянием посевов, но и оказывать влияние на примыкающие к ним биотопы — следить за развитием полезной биоты, формировать насаждения таким образом, чтобы обеспечить привлечение на поля паразитов и хищников вредителей, в том числе и с помощью подсева энтомофильных растений (донник, фацелия, пустырник и т.п.). С другой стороны, лесополосы и лесные насаждения не должны быть рассадником сорных растений. В основе систем защиты при высоких агротехнологиях лежит использование новых сортов с комплексной устойчивостью к вредным видам, в том числе генмодифицированных, индукторов иммунитета, современных селективных химических и биологических препаратов, новой техники их внесения, учитывающей неравномерность распределения вредных объектов. Здесь же целесообразно конструировать агроценозы с подсевом ловчих культур с целью отпугивания вредителей либо их привлечения на небольшие площади.

## 8.6. Организация территории сельскохозяйственного предприятия

Размещение сельскохозяйственных объектов на территории хозяйства (сельскохозяйственных угодий; полей севооборотов, сенокосно-пастбищеоборотов, производственных участков; лесных насаждений, мелиоративных систем, участков и сооружений; полевых дорог и других коммуникаций) должно быть организовано таким образом, чтобы обеспечить регулирование

поверхностного и грунтового стоков, предотвращение водной и ветровой эрозии, переноса токсикантов и вредных организмов, улучшение фитосанитарной ситуации (участие птиц, полезных энтомофагов в регулировании численности вредителей) и условий опыления посевов, улучшение микроклимата. Решение этих задач связано с регулированием энергомассопереноса, которое осуществляется на основе изучения ландшафтных связей. В общем виде иерархия этих связей отражается почвенно-ландшафтной картой хозяйства, агроэкологическими характеристиками каждого ЭАА, включая сведения о принадлежности к той или иной категории геохимического ландшафта (элювиальные, трансэлювиальные, трансэлювиально-аккумулятивные, супераккумулятивные, транссупераккумулятивные) и о геохимических барьерах. Уже само название агроэкологических групп земель часто определяет положение их в ландшафте: плакорные (элювиальные), эрозионные (транзитные), переувлажненные, засоленные (аккумулятивные). Агроэкологические типы земель отражают почвенно-ландшафтные связи внутри агроэкологической группы земель. На верхнем уровне ландшафтной иерархии устанавливается связь между агроэкологическими группами земель и местом их в геосистемах более высокого ранга в рамках природно-сельскохозяйственной провинции. Для этого используется классификация природных ландшафтов (см. рис. 2.1). В системе этой классификации агроэкологическая группа земель соответствует виду природного ландшафта или местности, а в крупных ландшафтах — урочищу или даже подурочищу. Чем сложнее ландшафты, тем важнее количественная идентификация вещественных потоков, в особенности оценка направленности и интенсивности геохимического стока — жидкого, твердого, ионного. Необходимо агроэкологическое нормирование поверхностного и грунтового стоков по категориям ландшафтов и их элементам. В случае гидротехнических мелиораций ландшафтный подход соотносится с бассейновым и определяет мелиоративную организацию территории.

В эрозионных ландшафтах первоочередная задача оптимизации земледелия связывается с противоэрозионной организацией территории.

Эта задача в той или иной мере касается всех групп земель, помимо эрозионных, поскольку процессы эрозии развиваются уже при крутизне  $1,5^\circ$  особенно на длинных склонах, что должно учитываться при установлении размеров и формы полей. С усложнением рельефа организация территории становится определяющим условием в формировании систем земледелия. Каждое поле должно быть вписано в природно-территориальный комплекс, идентифицированный в рамках водосборного бассейна. С этой целью для различных категорий ландшафтов должны применяться дифференцированные способы проектирования линейных рубежей.

В зависимости от предполагаемой интенсивности регулирования поверхностного стока (полного или частичного его задержания) и условий ландшафта используются следующие типы противоэрозионной организации территории: контурная (включая прямолинейную, прямолинейно-контурную, контурно-параллельную и собственно контурную), контурно-полосная, контурно-мелиоративная.

*Прямолинейное* размещение продольных границ возможно в пределах приводораздельного (плакорного) ландшафта.

*Прямолинейно-контурное* размещение границ целесообразно на склонах крутизной до 3-5°. При этом в местах «перелома» прямых участков границ вписываются круговые кривые таких радиусов, которые позволяют «уложить» границу близко к изменению горизонтали. Минимальный радиус кривых 60 м. Расстояние между продольными границами зависит от крутизны склона, почвенного покрова, степени защищенности растительностью, лесополосами и другими мероприятиями.

*Контурно-параллельный* способ проектирования линейных рубежей целесообразен на склонах 5-7°. При таком значительно более трудоемком проектировании обеспечивается достаточно близкое к горизонталям расположение продольных границ полей и в то же время исключается образование клиньев. Таким образом достаточно полно учитываются условия рельефа и обеспечивается высокопроизводительное использование машинно-тракторных агрегатов.

*Собственно контурное* размещение границ полей в строгом соответствии с направлением горизонталей может обеспечить наилучшие условия по задержанию стока и уменьшению смыва почвы, но сильно осложняет условия механизации технологических процессов, поскольку из-за резкого изменения расстояния между горизонталями при обработке образуются клинья самой разнообразной формы.

Контурная организация территории во всех ее вариантах может дополняться полосным размещением культур. Тогда она будет иметь название *контурно-полосной*.

*Контурно-мелиоративную* организацию территории проектируют в условиях высокой эрозионной опасности, если агротехническими приемами на фоне контурной организации территории не удастся предотвратить эрозию. В этом случае предусматривается создание системы гидротехнических сооружений для задержания и безопасного отвода избыточного стока. В основе контурно-мелиоративной организации территории лежит единая водорегулирующая сеть линейных рубежей, строго увязанных с рельефом местности.

## 8.7. Проектирование агролесомелиоративных мероприятий

### 8.7.1. Ландшафтно-экологические принципы формирования агролесомелиоративных комплексов

Современное лесомелиоративное проектирование должно быть направлено на обеспечение устойчивости агроландшафтов, оптимизацию их функционирования по многим параметрам: регулирование ветрового режима и снегозадержание; уменьшение поверхностного стока; поддержание грунтового стока; улучшение гидрогеологического режима почвы; повышение влагообеспеченности агроценозов; улучшение микроклимата; предотвращение эрозии, дефляции, заболачивания; регулирование водности рек и предотвращение их заиливания; сохранение флоры и фауны, в том числе птиц, по-



лезных видов энтомофагов. Наряду с экологической ролью важное значение имеют социальные аспекты защитного лесоразведения, в частности, облесение водоемов, поселков, полевых станов, защиты их от снежных заносов и пыли, не говоря уже об их рекреационном и эстетическом значении.

Многообразные достоинства лесоразведения проявляются с разной полнотой и эффективностью в зависимости от того, насколько полно учитываются системные взаимодействия проектируемых мероприятий с элементами ландшафта, его структурой и функционированием.

В отличие от гидротехнического мелиоративного сооружения лесомелиоративное насаждение полифункционально и представляет собой сложную биологическую систему. В результате взаимодействия лесонасаждения с участками ландшафта создаются различные биоценозы. Их агрономическая эффективность зависит от множества условий, в том числе от конструкции насаждения. Например, с увеличением ширины лесополос формируются биоценозы с более развитой лесной подстилкой, более богатым видовым составом фауны, в частности, птиц, полезных энтомофагов, которые все более приближаются по богатству и устойчивости к типичным лесным биогеоценозам. В результате водорегулирующие лесополосы весьма эффективны в отношении сокращения поверхностного стока и эрозии, а также в отношении благоприятного фитосанитарного влияния на посевы. Там, где не могут сформироваться устойчивые лесные сообщества энтомофагов, часто происходит размножение вредителей.

Непонимание особенностей функционирования создаваемых агролесоландшафтов в условиях сложного рельефа, строения почвообразующих и подстилающих пород, глубины залегания грунтовых вод и т.п. может привести к негативным результатам, к числу которых относится появление мочаров при размещении стокорегулирующих лесополос в местах, где в результате таяния избытка снега формируется верховодка, выклинивающаяся на поверхность на склоне при близком залегании водоупорного слоя. При наличии солей в последнем вторичный гидроморфизм сопровождается вторичным засолением. Более банальным примером негативных последствий шаблонного проектирования является развитие эрозии вдоль полезащитных лесных полос, посаженных в направлении склона, что отмечается довольно часто. Эта «оплошность» нередко усугублялась другой «небрежностью» — плохим уходом за лесополосами, в результате чего полезащитные полосы превращались в непродуваемые. В них скапливались сугробы снега, который должен был бы равномерно распределяться по полю, чему призваны служить полезащитные лесные полосы непременно продуваемой конструкции. Повсеместно отмечались негативные явления на участках полей в непосредственной близости от лесных полос: затенение, переувлажнение, заболачивание, иссушение корневыми отпрысками деревьев, повышение засоренности посевов, снижение урожайности полевых культур. Этих недостатков в большинстве случаев можно избежать, располагая посевы многолетних трав вдоль лесной полосы шириной  $1,6 \times H$  (полторы высоты деревьев).

Противоречия между перечисленными достоинствами лесоразведения, его возможностями и реальными практическими достижениями проявлялись постоянно.

Со времен сталинского плана преобразования природы в стране декларировались агролесомелиоративные комплексы различных уровней. Проектировались различные комбинации полезащитного лесоразведения с травопольными севооборотами и т.п. Термин «система» часто эксплуатировался как ключевой. Однако на практике предпринимались наборы различных мероприятий, как правило, не интегрированных. Планы посадки лесных полос, преимущественно почвозащитных, выполнялись лесным ведомством независимо или почти независимо от агрономической деятельности. Одновременно происходили вырубка лесов, уничтожение колков, рощ в лесостепной и степной зонах, имеющих важное водоохранное значение, неуклонно развивалась овражная сеть, чему нет оправдания.

За всю историю защитного лесоразведения в России было посажено 5,2 млн га лесных насаждений на сельскохозяйственных землях. Фактическая их площадь составляет лишь 3,2 млн га, в том числе 1,2 млн га полезащитных лесных полос. Разница объясняется большим ежегодным отпадом лесокультур из-за нестабильности и неорганизованности проведения посадочных работ и ухода за посадками, которые велись кампанейскими методами.

Наиболее сложные противоречия в реализации традиционных приемов агролесомелиорации сложились в сухостепной зоне.

Новая методология адаптивно-ландшафтного земледелия в принципе исключает традиционные шаблоны. Лесонасаждения, обладая ярко выраженными ландшафтно-стабилизирующими свойствами, в определенной мере выполняют роль экологического каркаса территории. Агролесомелиоративные комплексы (АЛК) наиболее эффективны при охвате целиком водосборных бассейнов или районов дефляции и опустынивания независимо от границ кооперативных или фермерских хозяйств, районов или других административно-хозяйственных формирований. Тогда достигается максимальное их стабилизирующее влияние.

Реализация агролесомелиоративных мероприятий осуществляется через землеустроительное проектирование всех уровней от генеральных схем природопользования на крупные территории до землеустроительных проектов на отдельные хозяйства. Защитные лесные насаждения (ЗЛН) проектируются в полной согласованности с организационно-техническими, гидротехническими, гидромелиоративными и другими элементами ландшафтного комплекса. Размещение и ориентация отдельных лесонасаждений должны удовлетворять, с одной стороны, требованиям лесомелиоративной защиты агро-территорий и удобствам функционирования аграрного производства, с другой — лесорастительным требованиям самих насаждений.

Последнее обстоятельство имеет особое значение для полезащитных лесополос, поскольку их экономическая эффективность определяется защитной высотой и жизнестойчивостью древостоев. Наибольшей высоты, а сле-

довательно, и дальности влияния они достигают в районах с благоприятными лесорастительными условиями.

По мере движения с северо-запада на юго-восток полезащитные полосы из высокоствольных деревьев уступают место насаждениям из низкорослых деревьев или кулисам из кустарников. На комплексных засоленных почвах полупустынь агролесомелиорация может строиться исключительно на кустарниковых кулисах — прямолинейных, контурных, в зависимости от условий рельефа.

На орошаемых землях защитные насаждения ветроломного назначения создаются из высокорослых деревьев во всех зонах страны, в том числе и аридных, если там гарантируется их периодический полив.

Насаждения на склонах, имеющие стокорегулирующее значение, создаются в благоприятных почвенно-климатических условиях из деревьев и кустарников, в аридных зонах — только из кустарников.

Создание ЗЛН в гидрографической сети и на горных склонах, сопровождаемое нередко устройством гидротехнических сооружений разной сложности и залужением отдельных участков, является специальным видом проектирования, предусматривающим местные нормативы применения, отдельный породный состав и соответствующие технологии создания.

Защитные насаждения в полупустыне на твердых пастбищах и песках должны носить преимущественно колковый, куртинный характер, приурочиваясь к локальным понижениям, блюдцам, потяжинам.

Агролесомелиорация рассматривает всю совокупность условий создания ЗЛН и их функционирования в едином ландшафте, ограниченном естественными рамками водосборных бассейнов или других геоморфологических структур.

Главными компонентами, составляющими агролесомелиоративную часть ландшафтного комплекса защитных мероприятий, служат системы лесонасаждений на пахотных землях приводораздельного и присетевого фондов водосборов и системы овражно-балочных насаждений, расположенные преимущественно в гидрографическом фонде. В них также входят ЗЛН разных видов и породного состава вдоль дорог, каналов, вокруг ферм, полевых станов, населенных пунктов и т. п.

Первоочередными задачами агролесомелиорации должны быть очаги деградации, а затем соответствующим образом ранжированные участки экологического напряжения.

### **8.7.2. Проектирование защитных лесонасаждений**

#### **8.7.2.1. Проектирование полезащитных (ветроломных) лесных полос**

Нормативные документы, регламентирующие размещение лесных полос основаны, главным образом, на учете двух важнейших факторов — лесорастительных условий и размера эффективных ветрозащитных зон с наветренной и наветренной сторон лесных полос. Первый из них определяет проектную и фактическую защитную высоту лесных полос, долговечность лесона-

саждений, второй — обуславливает нормативную величину межполосного пространства, равную 30 Н (проектная высота насаждения), или с учетом проектной высоты лесных полос — 200-600 м. Продольные (основные) полезащитные лесные полосы располагаются перпендикулярно господствующим в данной местности вредоносным ветрам (суховейным, метелистым, вызывающим пыльные бури), а поперечные (вспомогательные) — как правило, перпендикулярно продольным. Отклонение продольных лесных полос от указанного выше положения допускается до 30°.

Расстояние между продольными полезащитными лесными полосами на землях, не подверженных или слабо подверженных дефляционным процессам, не должно превышать: на серых лесных почвах, оподзоленных и выщелоченных черноземах — 600 м, типичных и обыкновенных черноземах — 500, южных черноземах — 400, темно-каштановых и каштановых почвах — 350, светло-каштановых почвах — 250, песчаных почвах лесостепи — 400, степи — 300, полупустыни — 200 м. Для проезда сельскохозяйственных агрегатов и машин с одного поля на другое в местах пересечения основных и вспомогательных лесных полос оставляют разрывы шириной 30 м. Полевые дороги проектируют вдоль лесной полосы с наиболее освещенной стороны.

Расстояние между поперечными полосами на всех почвах, кроме песчаных, не должно превышать 2 тыс. м, на песчаных почвах — 1 тыс. м.

В зависимости от ветропроницаемости и размеров деревьев во взрослом состоянии полезащитные лесные полосы создают в лесной и лесостепной зонах из 2-3 рядов, степной — 3-4, сухостепной — 2-3 и полупустынной из 3 рядов древесных пород с междурядьями 3 м. Ширину лесных полос устанавливают по этим зонам соответственно: 6-9 м, 9-12, 6-9 и 9 м с закрайками 1,5 м.

Лесные полосы проектируют с учетом их наибольшего мелиоративного влияния на одно или несколько хозяйств в границах водосбора или района.

На землях, подверженных дефляции, отмеченные выше межполосные расстояния должны корректироваться с учетом почвенно-климатических и географических условий развития дефляционных процессов.

Проектирование систем лесополос в этом случае осуществляется следующим образом. На подготовительном, полевом и камеральном этапах проектирования ЗЛН собираются необходимые фондовые материалы: план землеустройства и топокарта (М — 1:10000), почвенная карта, характеристики ветрового режима, в том числе и по пыльным бурям (не менее чем за 20 лет), материалы инвентаризации ЗЛН, данные по экономике защитного лесоразведения, динамике роста главных древесных пород. Решается вопрос о проектной высоте. В качестве придержек по проектной высоте древостоя можно принять следующую раскладку: на выщелоченных и тучных черноземах лесостепи — 18 м, на обыкновенных черноземах степи — 16 м, на южных черноземах засушливой степи — 12 м, на каштановых почвах сухой степи — 6-8 м. Эти величины должны корректироваться в связи с конкретными лесорастительными условиями.

Камерально, с учетом данных полевых обследований и фондовых материалов, определяются и рассчитываются следующие агроклиматические характеристики и параметры ЗЛН:

скорость ветра  $V_0$  во время пыльных бурь с вероятностью превышения 20%;

годовая норма дефляции, покрываемая почвообразовательным процессом (равная в зависимости от типа почв 3-4 т/га в год);

направление ветра и продолжительность пыльных бурь в году;

дефлируемость почв в функции от скорости ветра;

допустимая скорость ветра в межполосном пространстве проектируемой системы лесных полос, которая определяется следующим образом. Сначала определяется удельный вынос мелкозема с поверхности открытой почвы при скорости ветра  $V_0$ . Затем находят годовые потери почвы путем умножения удельного выноса мелкозема при скорости ветра  $V_0$  на суммарную годовую продолжительность пыльных бурь. Разделив годовые потери почвы от дефляции на допустимые (3-4 т/га в год), определяют степень превышения фактического выдувания над допустимыми. Уменьшая во столько же раз удельный вынос мелкозема, определяют сначала допустимую дефлируемость почвы, а затем по ней и допустимую скорость ветра в межполосном пространстве систем лесных полос;

защитная проектная высота насаждения определяется по данным инвентаризации, из литературных источников или по указанным выше придержкам с их корректировкой при необходимости;

число рядов в лесополосах берется равным 2-4 в зависимости от природной зоны.

Скорректированная ширина межполосного пространства определяется исходя из соотношения

$$L = 3H + 29H(1 - \sin \beta) \cdot \left(\frac{V_g}{V_0}\right)^{2,5} \left(\frac{H}{Z_0}\right)^{0,1}, \quad (8.10)$$

где  $V_g$  — максимальная допустимая скорость ветра в межполосном пространстве;

$V_0$  — скорость ветра во время пыльных бурь с вероятностью превышения 20% на открытом пространстве;

$H$  — проектная высота лесных полос;

$Z_0$  — параметр шероховатости поверхности открытой почвы (на полях под паром равен 1-2 см).

Ориентировочно, для случаев, когда не используются в межполосных пространствах дополнительные агрономические средства защиты почвы от дефляции, можно брать следующие придержки изменения величин межполосных пространств в зависимости от активности проявления дефляции: в зоне слабого проявления дефляции межполосные расстояния уменьшаются на 10-16, в зоне среднего — на 22, сильного — на 23-35, очень сильного — на 36-50%.

В буферно-полосных агроландшафтах полезащитно-ветроломные (противодефляционные) лесные полосы дополняются кустарниковыми кулисами, буферными и полосными посевами. При возделывании зерновых культур применяется почвозащитная технология обработки почвы, которая включает в себя безотвальное рыхление почвы с оставлением стерни, комбинированные обработки и приемы минимизации. В этом случае алгоритм расчета параметров систем лесных полос остается таким же, как описано выше. Осуществляется лишь корректировка удельных потерь почвы от дефляции в зависимости от почвозащитной эффективности того или иного агрономического приема.

На орошаемых землях имеются свои особенности проектирования и размещения ЗЛН. Это связано, прежде всего, с габаритами (т. е. длиной крыла) и перемещением поливной техники по площади (фронтальное, круговое, вдоль оросителей каналов). Основные же принципы лесоводственного и сельскохозяйственного характера аналогичны богарным.

Критериями размещения лесных полос являются высота насаждений, которая зависит от породного состава, водообеспеченности и природно-климатических условий; дальность мелиоративного влияния полос, равная 30Н; габариты поливной техники; состояние почвенного покрова; организация территории, одним из звеньев которой является система ЗЛН, создаваемая по границам севооборотных участков и полей севооборотов, вдоль оросительных и сбросных каналов, полевых трубопроводов и лотков, по периферии круга у дождевальных машин кругового действия и т. д.

Лесные полосы обычно размещают по границам полей севооборотов и севооборотных участков, вдоль дорог и каналов. Располагают их в двух взаимно перпендикулярных направлениях: продольные (основные) лесные полосы — поперек преобладающих в данной местности ветров (суховеяных, вызывающих пыльные бури, метелистых) и поперечные (вспомогательные) — преимущественно перпендикулярно продольным полосам. Такое размещение дает наибольший мелиоративный эффект. Однако поперечные лесные полосы могут отклоняться от перпендикулярного направления при совпадении их с дорогами, линией электропередач, естественными водотоками и т. п.

Проектируя поля севооборота и расположение оросительной сети, нужно учитывать не только рельеф местности и принятое направление полива и обработки почвы, но и принцип размещения полезащитных насаждений. Поэтому при организации территории орошаемых земель надо стремиться к тому, чтобы поля севооборотов и отдельные поливные участки длинной стороной, вдоль которой создаются продольные полезащитные лесные полосы, располагались поперек направления вредоносных ветров при допустимом отклонении не более 30°.

Во взаимодействующей системе расстояния между продольными лесными полосами зависят от высоты полос и не должны превышать эффективной дальности влияния каждой из них на ветер в летнее время (30 Н). В засушливой степи на оросительных системах с поливом по бороздам, полосам и дождеванием высота взрослых насаждений может быть принята 20 м, в сухой

степи и полупустыне — 17-15, на рисовых оросительных системах — 25-20 м. На оросительных системах с поливом по бороздам, полосам и дождеванием на черноземах, лугово-черноземах, лугово-болотных и подобных им почвах расстояние составляет 600 м, на почвах каштанового типа — 500, на бурых полупустынных почвах — 450 м. При поливе затоплением чеков на рисовых оросительных системах (при посадке тополей) на черноземах, лугово-черноземах, лугово-болотных и подобных им почвах — 800 м, на почвах каштанового типа — 700, на бурых полупустынных почвах — 600 м.

В районах сильной ветровой деятельности на подверженных дефляции площадях, а также при наличии неблагоприятных для выращивания насаждений почвенно-грунтовых, гидрогеологических и прочих условий указанные выше предельные расстояния могут быть уменьшены.

Наряду с продольными лесными полосами важно правильно разместить поперечные полосы. Они также выполняют защитные функции и создают законченность системы. Максимальные защитные функции поперечных полос проявляются при расстоянии до 1000-1500 м, что соответствует длине картовых и временных оросителей (1000-1200 м), а также одинарной и удвоенной длине полей при использовании на поливе широкозахватных дождевальных машин, работающих от напорного трубопровода. Однако, принимая во внимание незначительное снижение защитных функций этих полос при размещении их на расстоянии более 1500 м, в районах слабой ветровой деятельности или с ясно выраженным господствующим направлением ветра, на участках орошения дождевальными машинами «Волжанка», «Днепр» и «Фрегат», а также на рисовых оросительных системах при систематической обработке посевов ядохимикатами и длине полей менее 1000 м допускается окаймление поперечными лесными полосами спаренных по длине полей. Во всех случаях расстояние между поперечными лесными полосами в условиях орошения не должно быть более 2 тыс. м, а на песчаных почвах — 1 тыс. м.

В этих условиях между продольными и поперечными полосами формируется прямоугольная площадь поля, отвечающая требованиям орошаемого земледелия.

Параметры размещения лесных полос при разных способах полива имеют свои особенности. Если полив по бороздам и полосам не вызывает каких-либо затруднений при размещении ЗЛН на участках орошения, то при поливе дождеванием лесные полосы приходится создавать, рассчитывая на поливную технику, а при поливе затоплением — на летательные аппараты, используемые при обработке полей ядохимикатами. Основная часть сельскохозяйственных культур поливается дождеванием — наиболее перспективным способом полива.

На межполосных полях с указанными выше расстояниями могут применяться дождевальные машины «Волжанка» (одно крыло) с учетом однорядной посадки вдоль полевого трубопровода и дождевальный агрегат ДДА-100 МА. Дождевальные машины «Фрегат» и «Днепр» в дефляционно-опасных районах используются с уменьшенным количеством секций и опор.

Лесные полосы с учетом всей ширины захвата этих дождевальных машин размещают в районах с благоприятным ветровым режимом и лесорастительными условиями. На участках, где для полива применяют дождевальную машину «Фрегат», их размещают параллельно границам поля или по периферии круга, при использовании «Волжанки» — параллельно, на стыке крыльев, вдоль гидрантов и в конце поля, при эксплуатации машин «Днепр», «Кубань» — на стыке крыльев и в конце поля, а дождевального агрегата ДДА-100 МА — между оросителями и в конце их.

Продольные полезащитные лесные полосы проектируют из двух-трех, а поперечные — из двух рядов древесных пород с междурядьями 3 м. На рисовых оросительных системах соответственно из одного-двух и одного ряда. Однорядные полосы проектируют также вдоль полевого напорного трубопровода на участках орошения дождевальной машиной «Волжанка», где ширина межполосных полей будет равна примерно 400 м.

Для орошения участков, проектируемых для полива дождевальным агрегатом ДДА-100 МА, перед закладкой лесных полос устанавливают их точное месторасположение на местности, производят тщательное измерение расстояния между осью дороги вдоль оросителей и первым рядом полосы с обеих сторон поля. Это расстояние при посадке узкокронных (пирамидальных) древесных пород должно быть не менее 58 м, ширококронных — 60 м. Оно складывается из длины крыла (консоли) дождевального агрегата, равного 55 м, и защитной зоны между концевой частью крыла и первым рядом полосы, которая составляет не менее 3 м для узкокронных и 5-6 м для ширококронных древесных пород.

Размещение полос относительно каналов увязывается с зоной фильтрационного увлажнения, а следовательно, и ростом древесных пород, потерями воды из каналов, отводом ценной орошаемой пашни, ролью насаждения как фактора биодренажа и защитой каналов от заносов продуктами эрозии, размерами и типами канала и его положением на местности, состоянием канала (с облицовкой или в земляном русле) и, наконец, с обеспечением прохода механизмов, намечаемых к использованию на работах по чистке и ремонту каналов. В каждом конкретном случае при размещении лесных полос с учетом главных факторов и должны быть даны оптимальные решения. Рекомендуются следующие параметры и типовые схемы размещения полос и каналов.

Расстояния между подошвой дамбы (откосом выемки каналов) и стволами крайнего ряда лесополосы при высоте дамбы (глубине выемки): <3 м — 3 м, >3 м — 4-5 м; между продуваемой полосой и внутрихозяйственными каналами при выполнении лесными полосами полезащитных функций — 1,5 м, противодефляционных — 3 м; между лесополосой и краем лотка, полевым трубопроводом, бровкой кювета дороги — 2,5-3 м.

Полезащитные лесные полосы на богарных и орошаемых землях в районах с мягкой зимой и часто страдающих от пыльных бурь проектируют ажурной, а в районах с холодной и снежной зимой — продуваемой конструкции. Вдоль каналов внутрихозяйственной сети и на рисовых системах — только продуваемой конструкции.



### 8.7.2.2. Автоматизированное проектирование систем стокорегулирующих лесополос

Для автоматизации проектирования системы стокорегулирующих лесополос требуются оценка параметров функции формы склона (ФФС) и расчет величин в любой его точке (текущего смыва).

ФФС выражается уравнением логистической кривой (логфункции):

$$H = (H_{max} - H_{min}) / [(1 + \exp(-a + bL))] + H_{min}, \quad (8.11)$$

где  $H$ ,  $H_{max}$ ,  $H_{min}$  — текущая, максимальная и минимальная отметки поверхности склонов;

$L$  — длина склона (горизонтальное проложение);

$a$  и  $b$  — параметры.

Уравнение для расчета текущего смыва имеет вид:

$$W_m = \alpha[K] (h_c)^s (\varphi, P^s) L^p, \quad (8.12)$$

где  $\alpha$  — коэффициент размерности и пропорциональности;

$[K]$  — произведение коэффициентов, характеризующих противэрозионные свойства почв и агрофонов;

$h_c$  — слой стока;

$$\varphi_1 = bc\varphi / \Delta P, \quad \varphi = \exp(-bL), \quad c = \exp(a);$$

$$P = \Delta H \cdot P_D = \Delta H [1 - H_{min}] = \Delta H / (1 + c\varphi), \quad \Delta H = H_{max} - H_{min}, \quad P_D = 1 / (1 + c\varphi);$$

$$n, p, s \text{ — параметры } (n \approx 1-2, p \approx 0,5-2, s = 0,95).$$

Производные для функции падения  $P(L)$  имеют вид:

$$I = P' = \Delta P b c \varphi P_D^2, \quad (8.13)$$

$$P'' = \Delta P b^2 c \varphi (c\varphi - 1) P_D^3, \quad (8.14)$$

$$P''' = \Delta P b^3 c \varphi ((c\varphi - 1)^2 - 2c\varphi) P_D^4, \quad (8.15)$$

$$P^{IV} = \Delta P b^4 c \varphi ((c\varphi - 1)^3 - 2^3 c\varphi (c\varphi - 1)) P_D^5, \quad (8.16)$$

где  $I$  — уклон;

$P = H_{max} - H$  — абсолютное падение отметок склона (численные значения производных отметок  $H$  и их падений  $P$  совпадают, они позволяют определять основные морфометрические характеристики рельефа).

Первая производная есть функция текущих значений уклонов, вторая производная падения (а также выражение  $a/b$ ) позволяет расчетом определять положение точки перегиба (перехода выпуклой части склона в вогнутую, эрозионной части склона в эрозионно-аккумулятивную) и строить морфоизографы, третья производная определяет положение бровки гидрографической сети (ложбин, лощин, суходолов) и границу перехода ее берегов в днища, четвертая — границу между приводораздельным и присетевым фондами. Положение тальвегов и нижней границы нерасчлененного плакора определяется по первой производной функции отметок (падения). Экстремумы

функций соответствуют не только указанным точкам и границам между земельными фондами (ландшафтными полосами), но и, как правило, максимальным скоростям изменения почвенно-микrokлиматических и эрозионно-гидрологических характеристик.

Расстояние между стокорегулирующими лесными полосами ( $L_{мп}$ ) определяют из неравенства:

$$L_{мп} = (L_{\alpha_i} + L_{\sigma}) \leq L_{ci} \leq L_p, \quad (8.17)$$

где  $L_{\alpha_i}$  — длина отрезков склона (м), на каждом из которых текущий смыв  $W_T$  достигает допустимой величины  $W_p$ , т/га;

$i = 1, 2, 3, \dots$  — порядковый номер (от водораздела) межполосного пространства;

$L_{\sigma}$  — суммарная ширина прилегающих к верхней и нижней опушкам лесополосы поясов, в пределах которых темпы восстановления почвенного плодородия превышают темпы смыва, м;

$L_{ci}$  — расстояние между основными лесными полосами с учетом уменьшения дальности их ветрорегулирующего влияния на склонах, м;

$L_p$  — расстояние между основными лесными полосами (м), на территории с отсутствием эрозии и не превышающей допустимых величин.

Расчет расстояний  $L_{ci}$  выполняется по уравнению

$$L_{ci} = L_p (1 - 3tg\bar{\alpha}_i), \quad (8.18)$$

где  $L_p$  — дальность ветрорегулирующего влияния основных лесополос на равнине, м;

$\bar{\alpha}_i$  — средняя крутизна склона между верхней и нижней лесополосами  $i$ -го межполосного пространства (при  $\bar{\alpha}_i \geq 2^\circ$ ).

### 8.26. Величина параметра $\alpha$ уравнения

Зябь	0,02250
Озимые	0,00650
Многолетние травы:	
первого года	0,00650
последующих лет	0,00020
Выгон с задержанием:	
хорошим	$5,4 \cdot 10^{-6}$
средним	$1,6 \cdot 10^{-4}$
слабым	0,00210

Параметры уравнений (8.12-8.17) для расчета расстояний между стокорегулирующими лесополосами определяются в соответствии с нормативами, приведенными в табл. 8.26-8.30.

### 8.27. Коэффициенты $K_r$ , характеризующие относительную податливость смыву почв разных типов и подтипов

Чернозем типичный ( $Ч_r$ ), выщелоченный ( $Ч_v$ ), обыкновенный ( $Ч_{об}$ )	1,00
Чернозем оподзоленный ( $Ч_{оп}$ ) и южный ( $Ч_ю$ ), темно-серая лесная и темно-каштановая ( $K_r$ )	1,07
Серая лесная ( $C_r$ ), каштановая ( $K$ )	1,15
Светло-серая лесная, дерново-подзолистая ( $D_r$ ), светло-каштановая ( $K_r$ )	1,23

### 8.28. Коэффициенты $K_r$ , характеризующие влияние гранулометрического состава почв на их относительную податливость эрозии

Глинистые	0,90	Легкосуглинистые	1,07
Тяжелосуглинистые	0,95	Супесчаные	1,15
Среднесуглинистые	1,00	Песчаные	1,20

### 8.29. Коэффициенты $K_r$ , характеризующие влияние степени смытости почв на их относительную податливость эрозии

Несмытая	1,00
Слабосмытая	1,03
Среднесмытая	1,08
Сильносмытая	1,14
Весьма сильносмытая	1,20

### 8.30. Величины предельно допустимого среднегодового смыва $W_d$ , т/га, в зависимости от типа почв и степени их смытости

Степень смытости почв	$D_r, C_r$	$Ч_v, Ч_{оп}$	$Ч_{об}$	$Ч_ю$	$K, K_r$	$K_r$
Несмытые и слабосмытые	2,0	2,0	2,0	1,5	1,5	1,5
Среднесмытые	1,5	2,0	2,0	1,5	1,5	1,5
Сильносмытые	1,0	1,5	1,5	1,0	1,0	1,0

В табл. 8.31 даны ориентировочные межполосные расстояния для стокорегулирующих лесополос с учетом почвенных условий.

### 8.31. Ширина межполосных пространств $L_{мп}$ (м) для стокорегулирующих лесных полос на почвах разных типов на вышлой части склона длиной 1000 м ( $\Delta H = P_m = 100$ м; $a=5$ ; $b=0,005$ ; $\bar{\alpha}^\circ = 2,86^\circ$ ; агрофон: 50% зябь, 50% озимые)

Номер лесополосы от водораздела	Серые лесные	Черноземы			Темно-каштановые	Светло-каштановые
		выщелоченные	обыкновенные	южные		
1*	<u>300</u>	<u>300</u>	<u>250</u>	<u>20</u>	<u>175</u>	<u>125</u>
	0,6	0,6	0,6	0,5	0,4	0,3
2	<u>360</u>	<u>400</u>	<u>470</u>	<u>400</u>	<u>350</u>	<u>250</u>
	3,1	3,7	4,1	2,9	2,2	1,1
3	<u>210</u>	<u>240</u>	<u>250</u>	<u>270</u>	<u>350</u>	<u>250</u>
	5,9	6,7	7,0	6,3	6,4	3,4
4	—	—	—	—	—	<u>250</u>
	—	—	—	—	—	6,6

\*Для первого межполосного пространства приводится расстояние от водораздела.

**Примечание.** В знаменателе — крутизна склона на верхней границе пояса восстановления плодородия почвы в град.

Для усиления водопоглощения в стокорегулирующих лесных полосах применяются простейшие гидротехнические сооружения, мульчирование, посев люпина и др. Параметры гидросооружений и эффективность приемов усиления водопоглощения в лесополосах приведена в табл. 8.32.

**8.32. Зависимость ширины лесных полос от типа гидротехнических сооружений и крутизны склонов**

Крутизна склона, град	Тип сооружения	Рабочая высота земляного вала, м	Ширина лесополосы, м <sup>1</sup>	
			степь	лесостепь
1-2 <sup>2</sup>	Водозадерживающий или водонаправляющий земляной вал	0,3-0,4	9	8
2, 1-3	Канавы с валом	0,4-0,5	9	8
3, 1-4	Канавы с валом	0,5-0,7	9	8
4, 1-5	Канавы с валом увеличенного размера при подсыпке грунта бульдозером	0,7-0,9	6	6
5, 1-6	То же	0,9-1,1	6	6

<sup>1</sup>Уменьшение ширины лесных полос с увеличением крутизны склонов проводят при одновременном сокращении межполосных расстояний.

<sup>2</sup>Для районов интенсивного проявления водной эрозии.

Оптимальная ширина лесных полос как с водозадерживающими, так и водонаправляющими гидротехническими сооружениями дифференцирована по природным зонам и крутизне склона. Расстояние между рядами рекомендуется в степи 3 м, в лесостепи — 2,5, в нижнем междурядье, в котором устраивается канава, 3 м. Во всех случаях общая ширина лесных полос, включающая в себя верхнюю закрайку и гидротехническое сооружение (канавы, основание вала), не должна превышать 12 м.

Конструкция лесных полос в лесостепной зоне России должна быть продуваемой, в степной — ажурной.

Ассортимент пород лесных полос определяется почвенно-климатическими условиями. Как правило, лесные полосы создают из одной главной породы и одной-двух сопутствующих. По ложбинам вводят кустарник (до 50% от числа посадочных мест).

Способы трассирования стокорегулирующих лесных полос показаны на рис. 8.2.

Технология проектирования (САПР) стокорегулирующих лесополос автоматизирована.

Модульный принцип создания САПР предполагает возможность включения и выключения отдельных проектных процедур без нарушения функции САПР, что позволяет при необходимости заменить одни проектные программные модули другими. Создание баз данных является обязательным условием реализации модульного принципа, поскольку в этом случае исключение отдельной программы не нарушает целостность информационного взаимодействия программных средств. Все это позволяет рассматривать САПР как комплекс программ, который должен обеспечивать управление в

диалоговом режиме процессом проектирования; создание и ведение нормативно-технической базы; выполнение комплекса проектных работ, машинной графики, инженерных и сметных расчетов, выпуск и хранение документации.

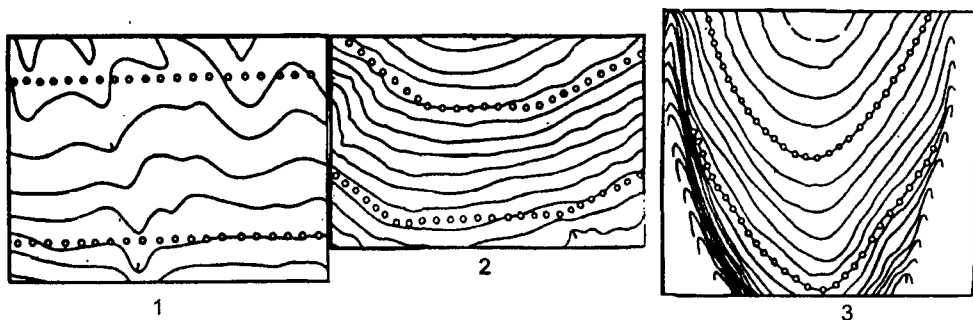


Рис. 8.2. Способы трассирования лесных полос на склонах разной формы: 1 — прямолинейно-параллельный на нейтральном склоне; 2 — контурно-параллельный на рассеивающем склоне с субпараллельными горизонталями; 3 — контурный на рассеивающем склоне с непараллельными горизонталями

Для выполнения работ машинной графики используются широко применяемые для ЭВМ пакеты Surfer, AutoCad, MapMaker, Grapher и др.

САПР обеспечивает выполнение следующих функций: ввод картографической информации (горизонталей топокарты, координат ситуации — границ хозяйства, полей, почвенных контуров, поселков, дорог и т. д.); проложение линий тока; выполнение необходимых инженерных расчетов (значений величин уклона, смыва и т. д.); построение карт уклонов, смыва; размещение рубежей (лесополос), составление расчетно-технологических карт (РТК) и выполнение сметно-финансовых расчетов.

Технологический процесс (последовательность этапов проектирования рубежей — лесополос), используемые при этом технические и программные средства приведены в табл. 8.33.

Наиболее перспективно получение компьютерных образов топокарт с использованием сканера с последующим фильтрованием изображения, его векторизацией и проведением линий наискорейшего спуска — линий тока, определение формы склона, расчет параметров функции формы склона, величин уклонов (крутизны склонов) и текущего смыва, построение соответствующих им карт, расчет противоэрозионных рубежей (валов-террас, лесополос) на допустимый (1,5-2 т/га) уровень смыва, проектирование системы контурно-прямолинейных рубежей лесополос. Кроме того, создаются различные расчетно-технологические карты, в том числе для выращивания лесополос, составляются выборки материальных и денежных затрат, поясняющие схемы и рисунки, типовая пояснительная записка. Это значительно облегчает и ускоряет (в 3-5 раз) выполнение проектных работ при высоком их качестве и выдачу технической документации.

### 8.33. Технологическая схема обработки топокарт, расчета смыва и лесных полос

Технологическая операция	Пакет прикладных программ	Тип файла	Примечание
Сканирование топокарты	DeskScan II	BMP	Можно использовать любой графический формат
Векторизация по координатам X и Y	R2V for Windows		Предварительная фильтрация изображения в графическом редакторе
Привязка к Z-координате	R2V for Windows	XYZ	
Восстановление карты по координатам X, Y, Z	Surfer 6.04	GRD	
Получение расчетной матрицы	Surfer 6.04		Формат файла GS ASCII
Построение линий тока	Отлаживаемая программа		Используется полученная матрица
Построение продольных профилей склона	Karta		
Регрессионный анализ профилей склонов	Karta		
Расчет текущих значений величин уклонов и смыва	Karta		
Построение карт текущих величин уклонов и смыва	Surfer 6.04		
Расчет противоэрозионных рубежей-лесополос	Karta		

#### 8.7.2.3. Проектирование ЗЛН на склоновых землях присетевого и гидрографического фондов

Прибалочные лесополосы проектируют в увязке с использованием площади балочных склонов. Вдоль бровок балок, где есть угроза размыва берегов (например, при изреженном травостое или его коренном улучшении), проектируют лесополосы шириной 9-12 м ажурной (по ложбинам стока — плотной) конструкции. По нижней опушке лесополосы проектируют обвалование.

Приовражные лесополосы во всех природных зонах проектируют вдоль бровок крупных оврагов, не подлежащих выполаживанию или облесению. В их состав вводят корнеотпрысковые виды деревьев и кустарников, а также виды, способные легко размножаться семенами (клен ясенелистный, робиния, лжеакация, осина и др.).

При комплексном освоении овражно-балочных земель важнейшим является определение оптимальных площадей и размещения защитных лесных насаждений, лугомелиоративных мероприятий и гидротехнических сооружений с целью прекращения смыва и размыва земель и экономически обоснованного освоения. Для более правильного решения этих вопросов уста-

навливается степень эродированности всего водосбора и гидрографической сети. Для этого используют следующие критерии:

размер водосбора, характеризующий в целом объем мероприятий, необходимых для предотвращения образования поверхностного стока;

форма водосбора, указывающая на степень концентрации поверхностного стока и величину его максимальных расходов;

длина и форма склонов водосбора, по которым устанавливают перечень мероприятий по регулированию поверхностного стока;

относительная площадь гидрографической сети, по которой определяют объемы размещения здесь противоэрозионных мероприятий;

глубина местного базиса эрозии, определяющая скорость поверхностного стока и его эродирующую силу;

густота гидрографической сети, характеризующая степень расчлененности территории.

На участках балок с очень слабой степенью ~~пораженности оврагами под~~ защитные лесные насаждения отводят 10% площади, слабой — 15, средней — 35, сильной — 60 и очень сильной — 90% и более.

С целью предотвращения эрозионных процессов на гидрографической сети и вовлечения разрушенных оврагами земель и межовражных выступов в интенсивное использование применяют коренную мелиорацию размытых оврагами склонов и отсыпку откосов.

#### 8.7.2.4. Размещение защитных лесных насаждений на аридных пастбищах

Особенности размещения ЗЛН на пастбищах определяются двумя главными факторами: фитоэкологической мозаичностью природных пастбищных угодий и многообразием функций, возлагаемых на лесонасаждения.

Разработана специальная лесомелиоративная (фитомелиоративная) классификация пастбищ, в полной мере отражающая как природные условия зоны распространения данного вида сельхозугодий, так и особенности адаптивного лесомелиоративного их освоения. В ее основу положены следующие основные ландшафтные критерии: подверженность пастбищ ветровой эрозии (дефляции), водно-солевой режим территории, состояние растительного покрова. Выделены четыре лесомелиоративные категории (ЛМК):

очаги опустынивания с мелко- и среднебарханскими песками и сильноразвеваемыми почвами, лишенные растительного покрова (дефлируемость  $>200$  т/га-ч);

пастбища на заросших и слабозаросших песках разных форм рельефа в разных стадиях почвообразовательного процесса, часто с разобщенными язвами дефляции (дефлируемость 50-200 т/га-ч);

площади с супесчаными светло-каштановыми, бурыми полупустынными и другими почвами, предрасположенными к дефляции при сплошной распашке (дефлируемость 4-50 т/га-ч);

пастбища на суглинистых и глинистых почвах, практически не подвергающиеся ветровой эрозии не только при интенсивном выпасе, но и при сплошной распашке (дефлируемость  $< 4$  т/га-ч).

В пределах каждой ЛМК выделены четыре лесомелиоративных типа (ЛМТ), различающихся между собой по обеспеченности создаваемых лесонасаждений физиологически доступной влагой, что в аридных условиях определяется наличием дополнительных к атмосферным осадкам источников увлажнения. По данному признаку различают следующие ЛМТ: а — пастбища с доступными грунтовыми водами (ГВ); б — с ограниченно доступными ГВ; в — угодья с дополнительным увлажнением за счет перераспределения атмосферных осадков (поверхностный сток, снегонакопление) или орошение; г — территории пастбищ, лишенные указанных источников увлажнения.

В результате многофакторной лесомелиоративной классификации все природное разнообразие пастбищных массивов может быть представлено совокупностью 16 возможных сочетаний — лесомелиоративных категорий и типов.

Основными видами лесонасаждений, применяемых для восстановления и улучшения пастбищ, являются пастбищезащитные лесные полосы; древесные зонты; мелиоративно-кормовые, затишковые, прифермские и защитно-хозяйственные насаждения. Эти насаждения различной конструкции и породного состава могут вводиться в формируемые лесопастбищные экосистемы в различном сочетании в зависимости от фитоэкологии мелиорируемого пастбища.

Пастбищезащитные лесные полосы создают с целью предохранения угодий от дефляции и эрозии, а также повышения продуктивности кормовых растений и условий выпаса животных через улучшение микроклимата в приземном слое воздуха. Опавшая листва служит дополнительным кормом. Полосы закладывают в виде системы, размещая их на расстоянии, кратном 15Н (первая и вторая мелиоративные категории), 20-25Н (третья и четвертая категории) друг от друга поперек направления эрозионно-опасных или метелистых ветров.

Пастбищезащитные полосы выращивают, главным образом, на пастбищах с доступными и ограниченно доступными грунтовыми водами. Особенно выгодны они в местах выпаса молодняка.

Древесные зонты служат для защиты животных (особенно молодняка) от избыточной солнечной радиации в местах дневного отдыха у водопоя, вблизи ферм и кошар. Они представляют собой группу деревьев, занимающих площадь, достаточную для свободного размещения на ней отары овец или гурта крупного рогатого скота (0,5-1 га). Один зонт размещают на 500-1000 га пастбищ. Основное требование к конструкции зонта — наиболее полное затенение и активный воздухообмен в подкронном пространстве. Поэтому зонты создают из деревьев и крупных кустарников с густой широкой кроной, размещенных на расстоянии 4-5 м друг от друга.

Мелиоративно-кормовые насаждения — один из главных компонентов лесопастбищ. Их выращивают на пастбищах всех ЛМК и ЛМТ для предотвращения дефляции и опустынивания территорий, а также как источник дополнительного корма. Как правило, эти насаждения создают из кустарников и полукустарников, имеющих кормовую ценность и способных использовать



недоступную для травянистых растений влагу. Располагают их равномерно или кулисами, занимая 10 % и более от общей площади мелиорируемой территории. На площадях с комплексными зональными почвами создают мелиоративно-кормовые насаждения редкостойно-куртинного «саванного» типа, которые занимают 10-15% площади пастбища, относящейся к ЛМТ а, б или в. Чтобы сформировать трехъярусное лесопастбище, мелиоративно-кормовые насаждения создают в сочетании с пастбищезащитными полосами или вводят в них древесные породы из расчета 25-50 шт/га.

Защитно-хозяйственные насаждения выполняют почвозащитную функцию, служат источником древесины, а также объектом рекреации. Они дают листовую корм и сырье для хвойно-витаминной муки. Такие насаждения создают в виде широких кулис и массивов различной конфигурации.

Затишковые насаждения создают на пастбищах и скотопрогонных трассах для временной защиты животных в период неблагоприятной погоды. Их закладывают в виде пересекающихся 3-5-лучевых лент-полос или в форме кольца шириной 20-30 м общей площадью 1-3 га там, где из-за неудовлетворительных условий невозможно создать пастбищезащитные лесные полосы, но имеются локальные местоположения с дополнительным увлажнением (ЛМТ в). Радиус обслуживания каждого насаждения 3-5 км.

Прифермские и прикошарные насаждения предназначены для защиты ферм, кошар, выгульных дворов, откормочных площадок и животных от заноса песком, мелкоземом, снегом, а также улучшения микроклимата и санитарно-гигиенической обстановки внутри производственных секторов.

### *8.7.3. Ассортимент деревьев и кустарников для создания защитных лесных насаждений*

Ассортимент деревьев и кустарников для защитного лесоразведения подбирается в зависимости от лесорастительных условий, целей создания искусственных насаждений и их видов. Основой правильного размещения и определения видов древесных пород является агролесомелиоративное районирование территории России, разработанное ВНИАЛМИ. Для равнинных районов страны выделено 21, а в горных — 6 агролесомелиоративных районов (АЛМР). Важнейшим лимитирующим фактором произрастания того или иного вида являются условия увлажнения АЛМР.

Гумидный регион России (лесная и лесостепная зоны) характеризуется лучшими агроэкологическими условиями и, как следствие, большим ассортиментом деревьев и кустарников. Поэтому главная задача при проектировании — выбрать в зависимости от видов создаваемых насаждений (полезных, противоэрозионных, садозащитных и др.) единичные породы, в максимальной степени выполняющие свое назначение: ветроломное, стокорегулирующее, почвоулучшающее, рекреационное и др.

Аридный регион (степь, сухая степь, полупустыня и пустыня) характеризуется пестротой почвенных, гидрологических и топографических условий, которые определяют большую разнокачественность лесорастительных условий. Неоднородность этих условий обуславливает пестроту состояния дре-

весной растительности по продольному профилю линейных насаждений: хорошее и удовлетворительное на выщелоченных интразональных почвах понижений, раннее усыхание на микроповышениях с солонцами и почвами с близкими к поверхности солевыми горизонтами и среднее на зональных почвах между ними с глубиной залегания солевых горизонтов свыше 2 м.

Виды, гибриды и формы подбирают дифференцированно в зависимости от почвенно-гидрологических условий:

I — виды, представляющие наибольшую хозяйственную и экологическую ценность и отличающиеся самой высокой долговечностью (дуб, ясень обыкновенный, плодовые, лекарственные и др.);

II — селекционно улучшенные, комплексно устойчивые к неблагоприятным природным условиям (гибридный вяз, морозоустойчивая форма робинии, бесколючковая форма гледичии и др.) в сочетании с кустарниками в рядах;

III — засухо-, морозо- и солеустойчивые кустарники (тамарикс, акация желтая, скумпия, смородина золотая и др.).

В сухостепной и полупустынной зонах наиболее распространенным (до 70%) является вяз приземистый (мелколистный), который имеет короткий срок жизни (15-20 лет). Между тем разные виды, гибриды и формы ильмовых сильно отличаются по отношению к лимитирующим факторам среды (засухе, морозу, содержанию солей). По нисходящей степени устойчивости к этим факторам установлены следующие ряды:

Неблагоприятный фактор	Ряд устойчивости
Засуха	Берест > вяз гибридный* > вяз гладкий > вяз приземистый
Засоление	Вяз гладкий > берест > вяз гибридный > вяз приземистый
Графиоз (голландская болезнь)	Вяз приземистый > вяз гибридный > берест > вяз гладкий

Ассортимент деревьев и кустарников зависит от географического положения, высоты местности и категорий насаждений.

Ответственность за выбор наиболее экономически и экологически ценных видов несут проектные организации. Заказывать проект закладки лесных насаждений следует за два-три года до посадки, чтобы вовремя вырастить лесопосадочный материал запроктированных видов.

**Лесомелиорация аридных пастбищ** проводится в соответствии с классификацией ВНИАЛМИ, в которой учитываются состояние почвенно-растительного покрова, водно-солевые характеристики почвогрунтов, наличие и виды дополнительных источников увлажнения. По этой классификации аридные пастбища делятся на четыре лесомелиоративные категории (ЛМК), отличающиеся между собой состоянием почвенно-растительного покрова:

\*Образовался спонтанно от переопыления интродуцированного вяза приземистого с местным берестом.

первая — опустыненные пастбищные территории с мелко- и среднебарханными песками и сильноразвееваемыми почвами, такыры;  
вторая — пастбища на развееваемых почвах;  
третья — пастбища на почвах, податливых дефляции;  
четвертая — пастбища на почвах, устойчивых к дефляции.

В пределах ЛМК выделяют лесомелиоративные типы пастбищ (ЛМТ). Они отличаются между собой обеспеченностью лесонасаждений физиологически доступной влагой, что в аридной зоне определяется дополнительными источниками увлажнения: а — территории с доступными грунтовыми водами (ГВ); б — с ограниченно доступными ГВ; в — с перераспределенными атмосферными осадками (поверхностный сток, снегораспределение, орошение); г — территории без дополнительных источников увлажнения.

В **пастбищезащитных лесных полосах** используют следующие породы: вяз приземистый, робинию, шелковицу, тополь черный, сосну обыкновенную и крымскую (ЛМТ а); вяз, робинию, шелковицу, тополь черный и белый, лох и тамарикс (ЛМТ б); вяз, робинию, сосну крымскую, тополь белый, лох и тамарикс (ЛМТ в). В состав **древесных зонтов** входят породы, выдерживающие длительный контакт с животными и обладающие фитонцидными свойствами: вяз, робиния, тополь белый, айлант, тамарикс, клен ясенелистный, груша. В **мелиоративно-кормовые** насаждения вводят преимущественно кустарники, обладающие ценными кормовыми качествами, почвозащитными свойствами и способностью к регенерации при периодическом стравливании животными: джужгун, терескен, кок-пек, карагану, унаби. **Защитно-хозяйственные** насаждения создают с участием долговечных и быстрорастущих пород, учитывая их солеустойчивость. На площадях с корнедоступными пресными и слабоминерализованными грунтовыми водами в таких насаждениях выращивают тополя, вяз приземистый, дуб, сосну крымскую и обыкновенную. Ассортимент пород в **затишковых** насаждениях аналогичен составу древесных зонтов. В **прифермские насаждения**, в дополнение к этим породам, вводят плодовые деревья и кустарники: абрикос, шелковицу, смородину, лох, грушу, унаби, яблоню и др.

#### *8.7.4. Технологии создания защитных лесных насаждений*

##### **8.7.4.1. Создание полезащитных (ветроломных) лесонасаждений на богарных и орошаемых землях**

На богарных землях лесонасаждения создают в основном рядовым способом. В отдельных регионах применяют диагонально-групповой и шахматный способы посадки. На солонцеватых почвах сухой степи используют куртинный способ по микрозападинам, а на почвах, подверженных ветровой эрозии, — кулисный из кустарников. Почву под лесные полосы готовят (с учетом почвенно-климатических особенностей) в лесостепи, как правило, по системе раннего пара, а в степи — по системе черного пара. На чистых от сорняков полях в лесостепи европейской части страны допускается посадка лесных полос по глубокой зяби.

На серых лесных почвах основную вспашку проводят на глубину до 18-20 см с доуглублением на 35 см. На типичных, обыкновенных и южных черноземах вспашку проводят на глубину 27-30 см с одновременным доуглублением до 35-40 см плугом ПЛН-4-35. На темно-каштановых, каштановых и светло-каштановых почвах с наличием солонцов до 25% в качестве основной обработки применяют безотвальное рыхление на глубину 50-60 см рыхлителем РН-60 и отвальную вспашку на 27-30 см плугом ПЛН-4-35. Почву с уплотненным карбонатным горизонтом рыхлят на глубину 70-80 см. На комплексных светло-каштановых почвах с наличием солонцов 25% и больше проводят плантажную вспашку на 50-60 см плугами ППН-50 и перепашку пара на такую же глубину. На участках с наличием дефляции лучшей подготовкой почвы является глубокое рыхление орудием РН-80Б. Предпосадочная обработка почвы проводится культиватором КПЭ-3,8Г.

Наиболее благоприятное время для посадки — ранняя весна. Посадка по весновспашке не рекомендуется. В европейской части страны при достаточной влажности почвы допускается осенняя посадка лиственных пород, но не позднее 30 дней до наступления устойчивых морозов.

Для создания лесных полос применяют сеянцы, укорененные черенки и саженцы. Сеянцы высаживают машинами ССН-1 и МЛУ-1А, саженцы — МПЛК-1. Сеянцы и черенки используют одно-двухлетнего и саженцы двух-трехлетнего возраста. При рядовом способе в лучших лесорастительных условиях (выщелоченные, типичные, обыкновенные черноземы) древесные породы высаживают в рядах через 1,5-2 м, в худших (южные черноземы, почвы каштанового типа) — через 1-2 м, в междурядьях — через 3 м. При диагонально-групповом и шахматном способах расстояние между посадочными местами в рядах устанавливают 6-8 м. При строчно-луночных посевах дуба, проводимых сеялками СЖН-1 и СКБ 3/5, расстояние между лунками составляет 1 м, а группами лунок — 3 м. Саженцы ореха размещают через 6-8 м.

Уход за почвой в полезащитных лесных насаждениях начинают сразу после посадки или посева. Первое рыхление после посева проводят сплошь легкими зубowymi боронами. В междурядьях и рядах почву рыхлят в первый год — 4-5, во второй — 3-4, в третий и последующие годы — по 2-3 раза. Сроки и количество уходов устанавливают в зависимости от состояния почвы, интенсивности роста сорняков и их количества. Уходы за почвой в рядах проводят по мере надобности до смыкания крон, а в междурядьях в лесостепной зоне — до 4-6 лет, в степной зоне на черноземах — до 8-10, на почвах каштанового типа — 10-12 лет и более. Ежегодно в возрасте до 3-5 лет проводят осеннее рыхление почвы в междурядьях на глубину до 16-20 см с уменьшением глубины в последующие годы. В течение вегетационного периода глубину рыхления в междурядьях изменяют: на черноземах (кроме южных) — от 8 см (первая культивация) до 12-14 см (последняя культивация), на каштановых почвах и южных черноземах — от 14 до 16 см (первая культивация) до 8-10 см (последняя культивация). Почву в рядах и группах рыхлят на глубину 6-8 см, в зависимости от состояния и механического состава, количества и высоты сорняков. Для ухода за насаждениями в рядах использу-

ют культиваторы КРЛ-1А, КБЛ-1А и КВЛ-1, в междурядьях — КЛ-2,6 и ПРВМ-3, одновременно в рядах и междурядьях — универсальные культиваторы КУН-4, КЛП-2,5 и культиваторы с приспособлением ПРО-1.

На орошаемых землях лесные полосы создают из двух-трех рядов, а вспомогательные — из двух рядов древесных пород, реже — однорядные. Вдоль магистральных каналов полосы сажают с двух сторон из четырех-пяти рядов с опушкой из кустарников. Вдоль межхозяйственных каналов — из трех-четырех рядов, хозяйственных и участковых — из двух-трех рядов. Все полосы вдоль каналов, проходящих по орошаемой площади, создают в основном с одной стороны каналов. Расстояние между рядами принимают 3 м, в ряду — 2-3 м. Допускается посадка полос сближенными рядами 1,3 м, обеспечивающими уход лесным культиватором КРЛ-1А.

Почву под насаждения готовят после предварительной планировки поверхности. Вспашку осуществляют в степной зоне на глубину 27-30 см, в сухой степи и полупустыне — 50-60 см. На засоленных землях проводят промывные поливы.

Лесные полосы выращивают с обязательным применением полива. Поливной режим для лесных насаждений устанавливают в зависимости от почвенно-климатических условий и поливного режима выращиваемых сельскохозяйственных культур. В районах с небольшим количеством атмосферных осадков и глубоким залеганием грунтовых вод проводят влагозарядковый полив. Для лучшей приживаемости растений проводят послепосадочный полив. В дальнейшем осуществляют вегетационные поливы: в первый год посадки нормами до 600 м<sup>3</sup>/га, во второй — 600-800, в третий и последующие годы — 800-1000 м<sup>3</sup>/га. Примерное количество поливов в первый год — три-пять, во второй — два-четыре, в третий — два-три, с четвертого года один-два.

Полив лесных насаждений проводят по бороздам или дождеванием одновременно с поливом сельскохозяйственных культур. При существенном отличии в водопотреблении лесной полосы и сельскохозяйственных культур проектируют автономный полив с подводом воды к полосам. К созданию лесных полос приступают через год после начала эксплуатации и освоения поливной техники, а вдоль каналов в земляном русле (при отсутствии полива) через два-четыре года, в зависимости от типа канала в расчете на установившийся уровень фильтрационно-грунтовых вод.

Уход за почвой начинают сразу после посадки, в первые два года проводят четыре-шесть культиваций почвы в междурядьях и рядах соответственно культиваторами КЛ-2,6, ПРВМ-3 и КРЛ-1А, в третий — три-пять, в четвертый — два-четыре, а в последующие годы — одну-две универсальным культиватором КУН-4. Уход за почвой в полосах со сближенными рядами проводят со стороны закраек. Количество культиваций при этом сокращается на одну-две за вегетационный период, а продолжительность ухода — на один-два года. В рядах лесных полос при большой засоренности, как и в богаре, применяют химическую борьбу с сорняками. Почву опрыскивают гербицидами почвенного действия (из группы триазинов) рано весной по безлистным растениям. Оставшееся после механических уходов и вновь отрастаю-

щие сорняки обрабатывают гербицидами контактного действия. Чаще применяют смесь почвенных и контактных гербицидов, например, симазин в дозах 1-1,5 и далапон в дозах 2-3 кг/га д.в. на почвах каштанового типа и соответственно 2-2,5 и 4-5 кг/га д.в. на черноземных.

#### 8.7.4.2. Создание противоэрозионных лесных полос

Стокорегулирующие лесополосы создают по вынесенным в натуру проектным трассам. Система обработки почвы аналогична вышеописанной. Лесополосы по ложбинам стока усиливают земляными гидротехническими сооружениями: земляными валами, валами-канавами. Гидросооружения располагают по нижней опушке или в нижнем междурядии. При наличии продольного уклона по верхней опушке устраивают стоконаправляющие рубежи, обеспечивающие поступление стока в лесополосу.

Под закладку прибалочных и приовражных лесных полос в лесостепной зоне проводят сплошную обработку почвы на незасоренных землях по системе зяблевой вспашки, а на засоренных и задернелых — по системе черного пара. В степной зоне обработку почвы проводят плантажными плугами по системе черного пара.

На овражно-балочных землях в зависимости от категорий площадей подготовку почвы проводят путем вспашки полосами, созданием борозд или напашных и нарезных террас.

Обработку почвы под защитные лесные насаждения в лесостепной зоне проводят полосами и бороздами. На склонах до 12° ее осуществляют плугами ПЧС-4-35, ПЛН-4-35, а в степной и полупустынной зонах в дополнение к названным плугам — ПРН-40 и плантажными плугами ППН-40 и ППН-50.

На склонах такой же крутизны, изрезанных промоинами глубиной до 0,5 м, проводят напашное террасирование. Вначале бульдозером ДЗ-42Г выравнивают промоины. Устройство напашных террас осуществляют плугами ПУС-4-35, ПЛН-4-35 с отваливанием пласта почвы вниз по склону. Плуги регулируют так, чтобы задний корпус работал на полную глубину, а первый — на одну треть или половину. На участке с щебнистыми и мергелистыми почвами вспашке предшествует глубокое рыхление почвогрунтов рыхлителями РН-60 и РН-80Б.

Напашные террасы в лесостепной зоне на склонах 6-8° строят шириной 2,2 м за два-три прохода агрегата, на склонах 8-12° — за три-четыре, на склонах 12-20° — за пять-семь проходов. На второй год проводят предпосадочную обработку полотна террас плугами на глубину 40 см.

В степной и полупустынной зонах плантажными плугами строят напашные террасы шириной 3,5-4 м. На второй год полотно террас рыхлят и дважды культивируют с одновременным боронованием.

На склонах крутизной свыше 20° защитные лесные насаждения создают по нарезным террасам. В лесостепной зоне их строят с шириной полотна 2,5, в степной — 3,5-4 м. В зависимости от геологического строения, гидрологического режима и свойств почв террасы строят горизонтальными или с допустимыми неразмываемыми (до 2°) уклонами по длине и с обратным (до

8°), естественным (до 4°) и нулевым уклонами полотна. По профилю угол выемочного откоса составляет 60-70, насыпного — 34-40°.

На склонах до 35° со среднекаменистыми почвами в лесостепной зоне террасы с шириной полотна 2,5 м нарезают террасером ТС-2,5, а в тех же условиях степной зоны террасы шириной 3,5 м строят террасером ТК-4, а на более легких почвах — бульдозером.

Почву на полотне ступенчатых террас в лесостепной зоне обрабатывают по системе раннего, а в степной — черного пара. Предварительно полотно террас рыхлят плугами ПЛН-4-35 со снятыми отвалами на глубину 30-35 см, а на сильно каменистых почвах — рыхлителями за два прохода (вперед и назад) на глубину 50 см. Уход за паром (уничтожение сорняков и рыхление почвы) выполняют культиваторами-рыхлителями КРГ-3,6 и КРТ-3.

На террасах с шириной полотна 2,5 м высаживают один ряд растений по центру террасы, а на террасах с шириной полотна 3,5-4 м — один (в насыпную часть) или два ряда с междурядьем 2,5 м. Сеянцы высаживают лесопосадочными машинами МЛУ-1А и МУЛ-1, а саженцы — лесопосадочным агрегатом ЛПА-1 с расстоянием в ряду сеянцев через 1,5-2 м, саженцев — 2-2,5 м. Агротехнический уход на террасах с шириной полотна 2,5 м проводят культиваторами КЛП-2,5, КЛБ-1,7, КДС-1,8 путем седлания ряда агрегатом, а на террасах с шириной полотна 3,5-4 — культиватором КРТ-3 путем вписывания агрегата в междурядья. Для ухода в рядах используют мотоинструмент ИМС-0,3, культиваторы КВЛ-1 и КВЛ-2.

#### 8.7.4.3. Создание защитных лесных насаждений в экстремально засушливых условиях

Новая концепция лесоразведения в аридном регионе включает в себя следующие положения:

тщательное картографирование и выделение в природе участков на трассе будущих линейных насаждений с различными условиями лесопригодности: первая категория — лучшие (большие и малые выщелоченные западины с темноцветными интразональными почвами с корнедоступными пресными грунтовыми водами или дополнительным водопитанием за счет перераспределения поверхностного стока, около 10-15% площади), вторая — средние (зональные почвы на ровных участках или слабых склонах с глубиной залегания токсичных солей глубже 1,5 м, 60-65% площади), третья — худшие (пятна солонцов или участки с залеганием токсичных солевых горизонтов до 1-1,5 м от поверхности, около 25% площади);

строгое соблюдение технологий выращивания искусственных лесных насаждений (глубокая мелиоративная вспашка, парование почвы, тщательный уход за ней в период выращивания лесных культур, устройство водонаправляющих валов и т.д.);

дифференцированная посадка строго определенного состава древесных видов: на участках первой категории лесопригодности — наиболее ценные высокорослые и долговечные деревья (дуб, ясень, плодовые и др.), второй — селекционно улучшенные, комплексно устойчивые виды, формы и гибриды

деревьев (ильмовые, робиния, гледичия и др.) в сочетании с кустарниками в ряду, третьей — засухо- и солеустойчивые кустарники (тамарикс, акация желтая, скумпия, смородина золотистая и др.);

создание чистых кустарниковых кулис в особо трудных условиях произрастания (солонцов и засоленных участков, свыше 25%) — тамарикс, акация желтая, скумпия, терескен и др.;

организация собственной постоянной лесосеменной базы (ПЛСБ) для производства семян с ценными наследственными признаками и выращивание из них посадочного материала с высокими биологическими и морфологическими признаками (в селекционно-семеноводческих центрах).

Эффективность применения нового способа лесоразведения определяется долговечностью созданных лесонасаждений и удлинением срока экономического и экологического воздействия их на прилегающие территории. Доказательство большой эффективности способа — существующие в настоящее время лесные объекты в различных природных зонах аридного пояса.

#### 8.7.4.4. Лесохозяйственные приемы формирования защитных лесных насаждений

Лесохозяйственные мероприятия включают в себя: рубки ухода, ремонтно-реконструктивные и восстановительные работы. ВНИАЛМИ совместно с ЦОКБлесхозмаш разработал для этих целей новый комплекс технических средств: МОВ-4,2 — машина для обрезки боковых ветвей и наклонных стволов, УСД-0,25 — устройство для выборочного срезания деревьев, УСК-1 — кусторез, КНД-1,1 — корчеватель непрерывного действия, МФ-0,9 — фрезерная машина, ПТУ-2,1 — подборщик-трелевщик универсальный и машина для срезания вершин и стволов деревьев.

Потребность в рубках ухода полезащитных лесополос определяют при ежегодном рекогносцировочном обследовании с учетом состояния, сохранности и выполнения ими защитных функций. В случае превышения древесного отпада над запасом наращивания рубки ухода проводят безотлагательно.

Разреживание старовозрастных древостоев, в которых не проводились рубки ухода, выполняются по основным признакам:

по сомкнутости крон деревьев 0,9-1, где более 51% деревьев главных пород отстают по высоте от лидирующих экземпляров на 1-2 м и наблюдается обильное отмирание нижних ветвей по стволу деревьев;

по наличию суховершинных и сухостойных экземпляров, составляющих до 2% в верхнем пологе насаждения и 10-15% — в нижнем.

Разреживание порослевых генераций деревьев назначается на третий-четвертый год после проведения лесовозобновительных рубок при значительном уплотнении лесных полос, а также в насаждениях, в которых в подавляющем большинстве порослевых экземпляров деревьев сильно замедлился прирост по высоте и диаметру. Критерием интенсивности разреживания является сохранение наиболее ценных стволов деревьев с оптимальной общей полнотой на 1 га.



Внешними признаками необходимости проведения лесовозобновительных рубок служит состояние деревьев и кустарников, при котором более 30% составляют суховершинные или усыхающие экземпляры. Вырубки необходимо закладывать в один или два приема, если лесная полоса имеет не более трех рядов. Единовременная, а также двух- или многоприемная вырубка проводится в многорядных лесополосах. Примыкание лесосек проводят через три-четыре года в зависимости от высоты нового поколения деревьев.

Осветление поросли проводят, как правило, начиная с заветренных сторон вырубок, по мере восстановления высоты порослевых деревьев на 75-80% от высоты материнских деревьев.

Работы по реконструкции, направленные на коренное изменение состава, рядности и аэродинамических свойств лесных полос, осуществляются до середины второго возрастного периода развития древостоев.

Раскорчевку кустарников и деревьев, а также расширение междурядий проводят по известным технологическим приемам механизированным способом фрезерной машиной МФ-0,9 и корчевателем КНД-1,1.

При лесовосстановительных и реконструктивных работах в насаждениях предусматривается посадка или дополнение новыми древесными породами.

В противоэрозионных насаждениях хороший рост и надлежащее состояние обеспечиваются своевременным разреживанием. При этом нельзя обрезать нижние сучья у главных и сопутствующих древесных пород.

В зоне возможного обрушения части оврага, где произрастают корнеотпрысковые породы, для ликвидации изреженности необходимо в местах отсутствия поросли проделывать борозды или канавки ручным инструментом с целью стимулирования отрастания новых побегов в местах повреждения корней, а также лучшего обсеменения откосов.

В куртинно-контурных противоэрозионных лесонасаждениях, на участках куртин, представленных кустарниковой растительностью, необходимо каждые три-пять лет проводить посадку на пень с целью их омоложения и продления срока службы за счет последующих генераций.

В лесонасаждениях на песках рубки ухода планируют к моменту смыкания крон. В зависимости от породного состава, густоты посадки и лесорастительных условий этот возраст равняется трем-шести годам.

Для быстрорастущих пород (тополь, робиния, гледичия и др.) возраст осветления равен 5 годам, прочистки — до 10, прореживания — до 15, проходных рубок с 16 лет и более. При рубках ухода полнота насаждений по сомкнутости крон не должна снижаться ниже 0,8 ед.

В порослевых насаждениях при осветлении древесных пород в возрасте два-три года на пнях оставляют не более пяти-шести побегов, равномерно размещенных по окружности пней. При прочистке в шесть-семь лет сохраняют на пнях по три-четыре побега, в возрасте прореживания (восемь-десять лет) — по два-три лучших побега.

Проходные рубки в порослевых насаждениях проводят с 12-15-летнего возраста с интенсивностью каждого приема 20% от количества стволов, или 8-15% от запаса. Полнота порослевых насаждений не должна снижаться в

возрасте осветления и прочисток ниже 0,8, а в возрасте прореживания и проходных рубок — ниже 0,7.

## 8.8. Проектирование оросительных и осушительных мелиораций

### 8.8.1. Экологическая роль и место гидротехнических мелиораций в адаптивно-ландшафтном земледелии

Мелиорация земель и последующее более интенсивное их сельскохозяйственное использование оказывают влияние на составные элементы ландшафта и прежде всего на почву, водные ресурсы, флору и фауну, условия жизни и здоровье людей, санитарно-эпидемиологическую обстановку территорий.

Положительные воздействия оросительной и осушительной мелиорации, ради достижения которых она проводится, многообразны: повышается плодородие почвы, возрастают урожаи и объемы получаемой продукции, расширяются площади сельскохозяйственных угодий, улучшается и оздоравливается климат прилегающих земель, создаются новые рабочие места, растут доходы землепользователя (землевладельца), ослабевает воздействие засуховеев и почвенных засух, дефляции и эрозии почвы, повышается рекреационная значимость местности и ее видовое разнообразие.

Степень возможных отрицательных последствий от проведения мелиорации зависит от особенностей природных условий объекта и прилегающих земель, конструкций и параметров мелиоративных сооружений, системы земледелия, уровня хозяйствования на мелиорируемых землях и, не в последнюю очередь, от качества проекта.

Многих негативных последствий мелиорации можно избежать или минимизировать их влияние на окружающую среду, если строго руководствоваться современными требованиями по предпроектной агроэкологической оценке объекта мелиорации и при тщательном соблюдении требований действующих нормативных документов при проектировании мелиоративных систем для условий адаптивно-ландшафтного земледелия.

Среди экомелиоративных мероприятий особое значение на современном этапе приобретают технологии, связанные с восстановлением природной среды: очистка, детоксикация и рекультивация почвенного покрова, обессоливание дренажного стока, улучшение качества воды в водоисточниках, восстановление функционирования малых рек и т.д. Это новое направление в мелиорации требует проведения фундаментальных и прикладных научных исследований по обоснованию и разработке методов и технологии воссоздания ресурсовоспроизводящих и средообразующих функций ландшафта.

### 8.8.2. Нормативная база и стадии проектирования мелиорации

В соответствии с существующим порядком оросительные и осушительные системы вместе с гидротехническими сооружениями входят в состав инженерных сооружений. Согласно утвержденному Госстроем России СНиП 10-011-94 «Система нормативных документов в строительстве (200). Основные

положения» при проектировании должны соблюдаться следующие обязательные требования:

- обеспечение безопасности жизни и здоровья людей;
- охрана окружающей природной среды;
- надежность возводимых зданий и сооружений;
- совместимость и взаимозаменяемость элементов конструкций и применяемых в строительстве технических решений.

Как отмечается в упомянутых СНиП, вновь разрабатываемые документы в первую очередь должны быть направлены на защиту прав и охраняемых законом интересов потребителей строительной продукции, общества и государства, не сдерживать самостоятельность и инициативу предприятий и специалистов. Средство решения этой задачи – новый методический подход, нашедший распространение в практике международной стандартизации. В отличие от традиционно сложившегося так называемого описательного или предписывающего подхода, когда в нормативных документах приводят подробное описание конструкции, методов расчета, применяемых материалов и т.д., вновь создаваемые строительные нормы и стандарты должны содержать, в первую очередь, эксплуатационные характеристики строительных изделий и сооружений, основанные на требованиях потребителя. Нормативные документы должны не предписывать, как проектировать и строить, а устанавливать требования к строительной продукции, которые должны быть удовлетворены, или цели, которые должны быть достигнуты в процессе проектирования и строительства. Способы достижения поставленных целей должны носить рекомендательный характер.

Для стимулирования инициативы специалистов проектных и строительных организаций в решении технико-экономических задач в нормативных документах предусмотрено сокращение числа обязательных требований и увеличение числа правил рекомендательного характера, определяемых нормами технологического проектирования, которые, в свою очередь, включают режимы орошения и осушения, агромелиоративные мероприятия, промывку земель, устройство ползащитных лесных полос и др. Ранее эти нормативы излагались в СНиП 2.06.03-85 «Мелиоративные системы и сооружения».

Как следует из приведенных материалов, в условиях рыночной экономики при разработке проектов мелиорации поощряются самостоятельность и инициатива проектировщиков и тем самым усиливается связь их с наукой.

В разрабатываемые новые нормативные документы уже включены результаты новейших исследований по агроэкологической оценке объектов мелиорации и прилегающих к ним территорий. В числе этих документов необходимо назвать: Закон Российской Федерации «Об охране окружающей среды» (2002), Водный кодекс Российской Федерации (1995), Федеральный закон «О мелиорации земель» (1996), Закон Российской Федерации «Об экологической экспертизе» (1995) и др.

Помимо законодательных документов федерального уровня, следует руководствоваться ведомственными и региональными нормативными доку-

ментами, в том числе ВСН «Экологические требования при обосновании проектов мелиорации сельскохозяйственных земель» [200].

Усилия разработчиков нормативных документов и проектировщиков направлены на обоснование обязательных и рекомендательных правил применительно к условиям мелиоративного проектирования и строительства, сбор, анализ зарубежных нормативных документов, которые могли бы помочь сформулировать новые методические принципы и подходы, и соответствующие методические рекомендации по частным вопросам проектирования орошения и осушения.

Социально-экологическое обоснование мероприятий по мелиорации представляет собой совокупность доказательств и научных прогнозов, позволяющих при проектировании учитывать взаимоотношения между гидромелиоративной системой и окружающей средой и объективно оценивать возможные положительные и отрицательные стороны намечаемой хозяйственной деятельности для экосистемы и человека.

Основными признаками экологически безопасных гидромелиоративных систем, т. е. систем, обеспечивающих социоэкологический баланс, являются:

- гармонизация мелиоративной системы с окружающей средой (решается на предпроектных стадиях при рассмотрении всего речного бассейна, если площадь объекта составляет более 10% площади бассейна малой и средней реки);

- рациональное преобразование природных ландшафтов в пределах объекта мелиорации (детально решается при разработке проектной документации);

- минимизация негативного влияния мелиоративных мероприятий на прилегающие территории (решается на предпроектных стадиях с детализацией при разработке проектной документации).

Проектирование должно сопровождаться прогнозом воздействия объекта на окружающую среду, оценкой возможных экологических и социальных ущербов при его строительстве и эксплуатации и разработкой необходимых природоохранных мероприятий.

Состав и детальность экологического обоснования определяется этапом инвестиционно-строительного процесса. По мере перехода от одного этапа к следующему степень детализации обоснования должна возрастать.

Согласно СП 11-10-95 проектная подготовка строительства в инвестиционном процессе состоит из трех основных этапов:

- разработки и представления ходатайства о намерениях;
- разработки обоснований инвестиций в строительство;
- разработки согласований, экспертизы и утверждения проектной документации.

Экологическое обоснование включает в себя следующие позиции:

- оценка современного состояния природной среды при существующих формах хозяйственной деятельности;

- характеристика инвестируемого объекта;

- прогнозная оценка состояния природной среды при функционировании объекта;

предложения по природоохранным мероприятиям;  
программа организации экологического мониторинга.

### 8.8.3. Мелиоративные системы и их составляющие

*Состав мелиоративных систем.* Мелиоративные системы и сооружения на них воздействуют на природную среду и человека через элементы, выполняющие конкретные рабочие функции.

В проектировании и строительстве мелиоративных систем и сооружений выделяются четыре блока:

А — оросительные системы (орошение);

Б — осушительные системы (осушение);

В — гидротехнические и другие сооружения вне оросительных и осушительных систем;

Г — эксплуатация, освоение и использование мелиорируемых земель и мелиоративных сооружений. В будущем, возможно, появится необходимость выделения пятого блока (Д) по строительной базе мелиоративных объектов (заводы, полигоны, транспорт и др.).

Важнейшей составляющей оросительных и осушительных систем является режим орошения (осушения), так как от его обоснования и соблюдения на практике зависят возможные отрицательные воздействия на почву, гидрологию, гидрогеологию, природные комплексы, здоровье людей и т.д. Режим орошения и осушения определяет параметры оросительной и осушительной сети, насосных станций и других гидротехнических сооружений, которые непосредственно воздействуют на окружающую среду.

Названные четыре блока включают в себя компоненты, приведенные в табл. 8.34.

### 8.34. Типизация оросительных и осушительных систем и их элементов для ландшафтно-экологического проектирования

#### А. Оросительные системы

- |   |   |
|---|---|
| 1. Режим орошения.  | 13. Оросительная сеть. Хозяйственные каналы.                                |
| 2. Водосточник (река, озеро, водохранилище, подземные воды).        | 14. Лотковая сеть.  |
| 3. Водозаборные сооружения.   | 15. Трубопроводы.   |
| 4. Насосные станции.  | 16. Водосборно-сбросная сеть.   |
| 5. Система поверхностного орошения.                                 | 17. Дренаж (горизонтальный, вертикальный, комбинированный) и промывка почв. |
| 6. Рисовая система.   | 18. Сооружения на сети (сопрягающие и др.).                                 |
| 7. Система дождевания.  | 19. Планировка почв.  |
| 8. Система капельного орошения почвенного орошения.                 | 20. Природоохранные сооружения и мероприятия (без рыбозащиты).              |
| 9. Система подпочвенного и внутрипочвенного орошения                | 21. Рыбозащитные сооружения и устройства.                                   |
| 10. Система лиманного орошения.                                     | 22. Защитные лесные насаждения.   |
| 11. Система с использованием сточных вод и животноводческих стоков. | 23. Средства автоматизации.   |
| 12. Магистральные каналы — распределители.                          |   |

Продолжение табл. 8.34

**Б. Осушительные системы**

1. Режим осушения.
2. Водоприемник.
3. Насосные станции.
4. Оградительные дамбы.
5. Проводящая сеть (магистральные и другие транспортирующие каналы).
6. Регулирующая сеть.
7. Ограждающая сеть (ловчие каналы и др.).
8. Агромелиоративные мероприятия.
9. Осушительно-увлажнительная сеть.
10. Культуртехнические работы.
11. Планировка почв.
12. Природоохранные сооружения и мероприятия.
13. Противопожарные мероприятия.

**В. Гидротехнические и другие сооружения (отдельно расположенные)**

1. Плотины.

2. Водохранилища.

3. Режим водоподачи и водоотведения.
4. Электрические сети и подстанции.

**Г. Эксплуатация, освоение и использование мелиорируемых земель**

1. Эксплуатационные сеть и сооружения.
2. Дороги эксплуатационные.
3. Химическая мелиорация (известкование, гипсование почв).
4. Севообороты (монокультура).
5. Удобрения.
6. Агротехника.
7. Средства по борьбе с сорняками.
8. Средства по борьбе с вредителями растений.

В задачу проектирования входят анализ (на основе материалов проведенных изысканий и исследований) возможных воздействий проектируемого элемента мелиорации на природно-социально-экономическую структуру мелиоративного объекта (включая прилегающую территорию) с учетом требований СНиП, рекомендаций научных учреждений и материалов, полученных на объектах-аналогах, определение рациональных параметров каждого элемента системы и оценка возможных изменений в окружающей среде.

Минимизации возможных отрицательных последствий по любому элементу мелиоративного сооружения можно добиться только используя показатели благоприятного экологического состояния почв, поверхностных и подземных вод, ландшафтов и т.п. и допустимых глубин залегания грунтовых вод (норм осушения, критических глубин и др.), а также допустимых масштабов мелиорации по природным зонам страны. По этому вопросу в последние годы учеными много сделано, многие требования конкретизированы на уровне СНиП и ведомственных норм технологического проектирования.

Следует исходить из того, что правильно выполненная мелиорация повышает устойчивость агроэкосистем, приводит к оптимальному соотношению тепла и влаги, стабилизирует воспроизводство почвенного плодородия. Для обоснования степени воздействий мелиоративных сооружений на природную среду в табл. 8.35 (по данным Н.И. Парфеновой [156], дополненным материалами И.П. Айдарова и др. [4], Л.В. Кирейчевой [73], Б.С. Маслова [111]), приведены основные показатели благоприятного экологического состояния почв и ландшафтов.

Одним из основных показателей, определяющих норму осушения в гумидной зоне, критическую глубину на орошаемых землях при борьбе с засолением почв, включая дренаж, является экологически допустимая глубина

залегания грунтовых вод, рекомендации по которой в зависимости от степени их минерализации по природным зонам страны имеются в литературе и технологических нормативах.

Приведенные в табл. 8.35 значения уровня грунтовых вод по природным зонам (от 4-5 до 8-10 м) характерны для автоморфного почвообразования, в реальных условиях орошения при обеспечении автоморфно-гидроморфного режима глубина залегания грунтовых вод на разных почвах составляет 3-4 м.

Многие критерии в практике мелиорации не использовались (например, по миграции населения, переселению, региональному развитию, экологии болезней и др.), но литературы по этим вопросам, особенно зарубежной, имеется достаточно. Задача в том, чтобы на ее основе сформулировать необходимые критерии и принять правильное решение.

### 8.35. Критерии благополучного экологического состояния почв и ландшафтов

Показатели	Природная зона				
	лесостепная	степная	сухостепная	полупустынная	пустынная
Содержание гумуса в почве, %	2-3	5-7	3-4	2-3	1,5-2
Плотность почвы, г/см <sup>3</sup>		0,10-0,18			
Степень засоления почвы, %	0,1-0,3	0,1-0,3	0,2-0,3	0,3-0,4	0,3-0,4
pH	6-7	7-7,5	7-8	7,5-8	7,5-8,3
Окислительно-восстановительный потенциал	450-600	400-600	350-500	350-450	350-450
Степень осолонцевания					
Содержание обменного Na <sup>+</sup> от ЕКО, %		< 3			
Поглощенного Mg <sup>2+</sup> от ЕКО, %		< 15			
Кальциевый режим, отклонение от природного, %		< 5			
Глубина до грунтовых вод, м	4-5	8-10	5-7	5-6	4-5
Пределы регулирования влажности почвы, доли НВ	0,7-0,9	0,7-0,8	0,7-0,85	0,7-0,85	0,7-0,9
Отношение оросительной нормы к осадкам	0,1-0,2	0,3-0,5	0,6-1,0	1,5-2,0	-
Оросительная норма <i>M</i> , мм	60-100	130-270	400-590	500-670	690-880
Минерализация поливной воды, г/л	1-2	0,5-0,7	1	-	-
Нисходящий ток воды, мм	40-60	30-40	40-80	80-100	100-110
Ирригационное питание на уровне грунтовых вод, доли <i>M</i>	0,08-0,1	0,1-0,15	0,20-0,25	0,25-0,50	0,25-0,50
Инфильтрационное питание, доли <i>M</i>	0,05-0,25	0,05-0,08	0,08-0,13	0,13-0,20	0,13-0,20
Отношение дренажного стока к питанию грунтовых вод	0,68-0,95	0,75-0,93	0,85-0,91	0,80-0,87	0,80-0,87
Влагообмен между почвой и грунтовыми водами, доли испарения	0,05-0,1	0,05-0,1	0,05-0,1	0,05-0,15	0,10-0,15
Допустимые пределы изменения УГВ, м					
Подзоны:					
бессточная	0,3-0,5	0,3	0,5	0,5	-
дренированная	0,5-1	0,5-1	1-1,5	1-3	-
интенсивно дренированная	1-3	1-2	1-1,5	1-3	-

#### 8.8.4. Состав агроэкологического обоснования мелиорации на предпроектных стадиях

**Ходатайство (декларация) о намерениях** составляется по всем объектам мелиорации вне зависимости от их площади. Этап связан с выбором места размещения объекта и определением его границ, при этом должна быть выполнена его оценочная природно-экологическая характеристика. Исходными данными для этой оценки являются опубликованные и фондовые материалы специально уполномоченных государственных органов по охране окружающей среды и их территориальных подразделений, Росгипрозема, комплексных схем охраны и использования водных ресурсов, земельных и водных кадастров, фондовые материалы почвенных, геологических и гидрологических изысканий, рекогносцировочное обследование.

При небольшой площади объекта, когда, как правило, не хватает исходных данных, выполняется рекогносцировочное обследование объекта, а также (по возможности) используются материалы объектов-аналогов, функционирующих в сходных природных условиях.

Экологическая часть ходатайства должна предусматривать следующие проработки:

если объектом инвестирования является оросительная система, то намечается потенциальный водоисточник (водоем, водоток, местный сток, подземные воды), оценивается качество воды в нем и место расположения водозабора, устанавливается предварительный расход воды для лет расчетной обеспеченности и объем водозабора;

для осушительной системы и дренажа орошаемых земель ориентировочным расчетом или по объектам-аналогам оценивается качество сбросных и дренажных вод, их расход и объем в годы расчетной обеспеченности, намечаются места сброса этих вод в водоприемник;

при необходимости намечаются мероприятия и сооружения по очистке дренажных и сбросных вод, а также по утилизации продуктов очистки;

при использовании для полива подготовленных сточных вод или животноводческих стоков границы объекта назначаются с учетом санитарно-защитных зон;

на основании ориентировочных расчетов определяются зоны влияния мелиоративной системы на окружающую территорию (подъем уровня грунтовых вод при орошении, снижение их уровня при осушении) и мероприятия по предотвращению возможных отрицательных последствий;

оценивается потенциальная опасность водозаборного (водосбросного) сооружения в отношении воспроизводства рыбных запасов в водоисточнике (водоприемнике);

рассматривается опасность водной эрозии при отведении сбросных и дренажных вод в местные понижения (тальвеги, овраги и т. д.);

в зависимости от намечаемой конструкции мелиоративной системы оцениваются возможные последствия в случае техногенных аварий и природных катаклизмов (прорыв плотин, дамб, затопление территории в случае интен-



сивных дождей или весенних половодий редкой повторяемости, оползневые явления на склонах и т.д.).

Все экологические составляющие ходатайства о намерениях, имеющие плановую привязку (границы объекта, водоохранные, санитарно-защитные зоны, места водозаборов и др.), отмечаются на общей ситуационной карте объекта и прилегающей территории масштаба 1:10000–1:100000.

На основании полученных показателей определяется *экологический риск* мелиоративно-хозяйственной деятельности в районе расположения объекта мелиорации. Результаты природно-экологической оценки района размещения используются при рассмотрении ходатайства о намерениях органами исполнительной власти. При рассмотрении ходатайства природоохранными органами уточняются условия природопользования и могут выдвигаться дополнительные технические требования (условия) природопользования, которые должны реализовываться на последующих стадиях.

**Обоснование инвестиций.** Обоснования инвестиций разрабатываются для всех видов мелиоративных систем при осуществлении строительства полностью или частично за счет средств федерального бюджета. По отдельным несложным объектам и при финансировании строительства из средств местного бюджета и частных инвесторов обоснования инвестиций могут не разрабатываться, в этом случае необходимые согласования с природоохранными органами в полном объеме должны быть оформлены в «Ходатайстве о намерениях».

Обоснование инвестиций дается в разделе «Оценка воздействия на окружающую среду» (ОВОС), цели которого — определение возможных неблагоприятных экологических и санитарно-эпидемиологических последствий реализации проекта, оценка инвестиционных затрат на обеспечение экологической безопасности мелиорируемой и прилегающей к ней территории. Разработка ОВОС ведется на бассейновой основе (на локальном уровне), т.е. в пределах агроландшафта бассейна реки (озера) устанавливается взаимовлияние различных компонентов экосистемы и определяется оптимальное соотношение между площадями, занятыми лесом, пашней, лугом, мелиорируемыми угодьями, водными объектами, заповедниками и т.д.

В разделе ОВОС должна быть отражена только специфика объекта мелиорации и не должны повторяться характеристики, освещенные в других разделах «Обоснования инвестиций».

Раздел ОВОС должен включать в себя следующие подразделы:

1. Характеристика района размещения хозяйственной деятельности:

характеристика природной среды (особенности природно-климатических условий, рельеф, ландшафты, почвы, водные объекты, растительный и животный мир, наличие редких и исчезающих животных и растений);

объекты историко-культурного наследия и охраняемые природные объекты (культурные, исторические и природные памятники, заповедники, заказники, национальные парки и т.д.);

наличие и характер антропогенных нагрузок, основные источники загрязнения (животноводческие и бытовые стоки, удобрения, ядохимикаты, котельные, транспортные средства, сельхозтехника и т.д.);

наличие на территории очистных сооружений, санитарно-защитных и водоохраных зон, их состояние и эффективность.

2. Современное экологическое состояние территории характеризуется следующими показателями:

состояние компонентов природной среды, экосистем и их устойчивости к аграрно-техногенным воздействиям;

состояние почв мелиорируемого объекта (наличие процессов линейной эрозии и плоскостного смыва, дефляции, загрязненности промышленными отходами и продуктами, радиационной и биологической зараженности и т.д.) и смежных территорий;

степень хозяйственного использования территории объекта и состояние растительности;

состояние водных ресурсов и источников водоснабжения (показатели качества поверхностных и подземных вод и загрязненность их пестицидами и другими продуктами хозяйственной деятельности);

оценка состояния других компонентов природной среды – животного мира, воздушной среды, недр;

данные о санитарно-эпидемиологическом состоянии территории, условиях проживания и отдыха населения;

природно-хозяйственная ценность территории;

ограничения по природопользованию.

3. Характеристика сложившейся хозяйственной деятельности района строительства с точки зрения ее влияния на состояние окружающей среды (уровень загрязнения).

4. Общая характеристика намечаемой хозяйственной и иной деятельности (в том числе объемы и качество используемых сбросных и дренажных вод, минеральных и органических удобрений, животноводческих и хозяйственно-бытовых стоков и т.д.).

5. Оценка степени, характера, масштаба распространения воздействия намечаемой хозяйственной или иной деятельности на окружающую среду в период строительства и эксплуатации объекта, включая аварийные ситуации.

6. Предварительный прогноз влияния намечаемой хозяйственной и иной деятельности и возможных неблагоприятных изменений по всем компонентам окружающей природной среды при строительстве, эксплуатации и ликвидации объекта.

7. Оценка экологических, социальных и экономических последствий воздействия намечаемой деятельности, в том числе выявление значимых остаточных явлений.

8. Покомпонентный анализ вероятности возникновения неблагоприятных для природной среды и человека последствий осуществления хозяйственной деятельности на объекте, в том числе и на особо охраняемых объектах.

9. Определение мероприятий, смягчающих или предотвращающих негативные воздействия.

10. Оценка и выбор оптимальных альтернатив как по месту размещения, так и по принимаемым техническим и технологическим решениям.

11. Оценка стоимости природоохранных мероприятий, обеспечивающих экологическую безопасность природной среды и населения.

12. Информирование общественности и учет общественного мнения на всех этапах проведения ОВОС.

13. Предложения по программе экологического мониторинга и контроля на всех этапах реализации намечаемой хозяйственной и иной деятельности.

14. Разработка предложений по проведению послепроектного анализа реализации намечаемой хозяйственной и иной деятельности.

В состав графического приложения включается ландшафтно-экологическая карта (схема) или группа карт (схем) масштаба 1:25000–1:50000 (для крупных объектов 1:100000), на которых отражается современное экологическое состояние территории и на основании предварительного прогноза показываются возможные изменения окружающей среды при реализации проекта.

Ландшафтно-экологическая карта современного экологического состояния должна отражать:

распространение различных типов ландшафтов;

функциональное зонирование территории;

распространение основных источников загрязнения почв, поверхностных и подземных вод, воздушного бассейна и характеристики загрязнителей;

возможные пути миграции загрязнителей и участки аккумуляции загрязнений;

расположение очагов болезней (скотомогильники, кладбища и пр.) и возможные пути миграции переносчиков болезней;

расположение особо охраняемых участков и зон ограниченного использования;

расположение участков особой чувствительности к воздействию опасных природных и техноприродных процессов;

расположение объектов историко-культурного наследия;

результаты геохимических, геогидрохимических и радиационных исследований (в виде изолиний).

На основе ландшафтно-экологической карты современного состояния и прогнозных расчетов, в том числе с использованием объектов-аналогов, и при необходимости моделирования должна быть составлена карта (схема) прогнозируемого экологического состояния, на которой отражаются:

ожидаемые изменения в ландшафте объекта мелиорации (целенаправленные изменения) и на прилегающей территории под воздействием мелиорации (деградация почв, трансформация угодий и растительных сообществ, ухудшение охотничьих угодий, сокращение площади болот, лесов и пр.);

ожидаемые изменения отдельных компонентов геосистемы и окружающей природной среды (подъем или понижение уровня грунтовых вод и свя-

занное с этим подтопление, иссушение, заболачивание, засоление, развитие оползневых процессов, эрозия и деформация почв, деградация мерзлоты, заиление и загрязнение рек, переработка берегов и др.);

динамики предполагаемого распространения различных типов и видов загрязнения и развития опасных геологических, эпидемиологических и других процессов.

В зависимости от природных условий геосистемы, размера гидромелиоративной системы и планируемой нагрузки на природную среду ландшафтно-экологические карты (схемы) разрабатываются для всего бассейна малой или средней реки (глобальный или региональный уровень) или на локальном уровне в пределах зоны влияния гидромелиоративной системы.

При этом следует выделять три зоны влияния гидромелиоративных систем на окружающую среду:

зона непосредственного активного влияния мелиорации (прилегающая к объекту);

внутри мелиоративного объекта – зона, включающая в себя не мелиорируемые земли, размеры которой могут быть установлены геофильтрационными расчетами;

зона отдаленного влияния, определяемая при инженерно-экологических изысканиях.

Ландшафтно-мелиоративная карта составляется на основе вспомогательных карт: климатической, геоморфологической, литологической, гидрогеологической (глубин залегания, гидроизогипс и минерализации грунтовых вод, изопьез и водопроницаемости первого напорного горизонта подземных вод, элементов баланса грунтовых вод), почвенной. Такого рода карты используются также при гидрогеолого-мелиоративном районировании территорий, при котором составляется синтезирующая их карта гидрогеолого-мелиоративного районирования. На ландшафтно-мелиоративной карте выделяются ареалы возможного распространения отрицательных явлений и процессов под влиянием мелиорации и мелиоративного земледелия, ухудшающих плодородие почв, мелиоративное состояние земель и их деградацию из-за превышений техногенной нагрузки, денудационных процессов, допущенных ошибок при проектировании, строительстве и эксплуатации мелиоративных систем, которые могут привести к экологическому дисбалансу. Использование ландшафтно-мелиоративной карты уже на стадии проектирования позволяет правильно подобрать параметры мелиоративной сети и предусмотреть экологически безопасные приемы освоения и использования мелиорируемых земель. С учетом этого трансформированная ландшафтно-мелиоративная карта служит документом проектировщика для заказчика, инвестора и рецензента.

Следует иметь в виду, что разработка ОВОС представляет значительную сложность. В чисто практическом плане это означает необходимость на предпроектной стадии получить весь объем информации о природных свойствах объекта для установления взаимосвязей отдельных элементов природного комплекса, динамики возможных отрицательных процессов и прогно-

зирования последствий мелиорации. Получение большого объема информации означает необходимость проведения уже на стадии обоснования инвестиций практически основного объема изыскательских работ, что резко повышает стоимость этого этапа проектирования. Результатом обоснования инвестиций является положительный или отрицательный ответ о возможности реализации конкретного инвестиционного проекта, поэтому возникает необходимость минимизировать затраты инвестора на первоначальной стадии, которые могут оказаться бросовыми при отрицательном результате.

В связи с этим наиболее рациональным путем решения проблем, связанных с проектированием мелиоративных воздействий на природные экосистемы, является использование математических имитационных моделей их функционирования при различной антропогенной нагрузке.

#### ***8.8.5. Агроэкологическое обоснование оросительных и осушительных мелиораций при проектировании***

Агроэкологическая оценка земель и мелиоративных мероприятий в полном объеме дается в составе проектной документации на стадии «проект» или «рабочий проект», который должен содержать комплекс предложений по рациональному использованию природных ресурсов и технических решений по предупреждению негативного воздействия проектируемого объекта на окружающую природную среду.

Состав и содержание раздела должны отвечать требованиям «Инструкции о порядке разработки, согласования, утверждения и составе проектной документации на строительство объектов мелиорации земель», утвержденной Минсельхозом России в 2002 г. по согласованию с Госстроем России. Они могут уточняться применительно к специфическим особенностям объекта.

Оценка воздействия на окружающую среду выполняется на предпроектной стадии при обоснования инвестиций, поэтому в проектной документации должны быть сопоставлены данные выполненной оценки с параметрами оросительной и осушительной систем, принятыми в проектной документации.

В случае, если имеются существенные расхождения параметров природоохранных характеристик, следует выявить причины расхождений и обеспечить комплекс необходимых мероприятий по охране окружающей природной среды. Одновременно на ландшафтно-экологической карте должны быть уточнены границы воздействия на окружающую среду проектируемого объекта.

На основании типизации объектов воздействий мелиорации оросительной и осушительной систем, гидротехнических сооружений, расположенных за их пределами, целесообразно рассматривать девять объектов воздействий, в пределах которых выделен 51 подобъект, или фактор изменений (табл. 8.36). По каждому из них должен быть проведен по возможности количественный анализ мелиоративных воздействий.

### 8.36. Типизация элементов геосистем для анализа мелиоративных воздействий

Компонент геосистемы	Элементы (факторы) геосистемы
1. Земли, почвы	1.1. Земельные угодья 1.2. Свойства почв 1.3. Засоление и загрязнение почв 1.4. Заболачивание почв 1.5. Вынос солей с дренажными водами 1.6. Сработка и сгорание торфяной почвы 1.7. Эрозия почвы
2. Поверхностные воды	2.1. Меженный режим рек 2.2. Режим половодий 2.3. Регулирование речного стока 2.4. Водный режим пойм 2.5. Водный баланс 2.6. Загрязнение вод
3. Подземные воды	3.1. Понижение уровней грунтовых вод 3.2. Подъем уровней грунтовых вод 3.3. Подтопление земель 3.4. Засоление грунтовых вод 3.5. Ресурсы подземных вод 3.6. Качество и загрязнение подземных вод
4. Атмосферный воздух	4.1. Загрязнение воздуха 4.2. Запыление и задымление 4.3. Загрязнение токсичными веществами 4.4. Климат приземного слоя
5. Животный мир	5.1. Места обитания и размножения животных 5.2. Миграция животных 5.3. Редкие и новые виды фауны 5.4. Рыбные ресурсы 5.5. Охотничьи ресурсы
6. Растительность	6.1. Мелиорируемые земли 6.2. Флора прилегающих земель 6.3. Редкие (реликтовые) территории 6.4. Водная растительность 6.5. Биоразнообразие
7. Рельеф и литологические условия	7.1. Овраги 7.2. Абразия и переработка берегов 7.3. Оползни, карст 7.4. Переформирование русел и дейгиш 7.5. Деформация грунтов
8. Санитарно-эпидемиологическая обстановка	8.1. Питьевая вода 8.2. Очаги болезней 8.3. Экология и распространение болезней 8.4. Контроль болезней 8.5. Болезни животных
9. Социально-экономическая структура	9.1. Население, инфраструктура 9.2. Экономические показатели 9.3. Региональное развитие 9.4. Рекреационные ресурсы

Для получения разрешения на природопользование в соответствии с «Рекомендациями по экологическому сопровождению инвестиционно-строительных проектов», утвержденными Госстроем России в 1998 г., необходимо оценить воздействие на следующие компоненты геосистемы: почвы, атмосферный воздух, поверхностные и подземные воды, земли, ландшафт и недра, растительность, животный мир, а также на санитарно-эпидемиологическую обстановку и социально-экономические условия с учетом комплексного использования природной среды.

Помимо достаточно полно освещенных в отечественной литературе вопросов воздействия мелиорации на почвы, водный режим территорий (гидрологию и гидрогеологию), экологию и здоровье населения и др., имеются вопросы, которые практически не освещены в мелиоративной литературе, но они волнуют мировую общественность – проблемы биоразнообразия, жизни малых народов, миграции населения и другие, по которым приняты специальные постановления на уровне Организации Объединенных Наций. Необходимо эти вопросы осмыслить и ввести в практику проектирования.

На основе обобщения материалов научных исследований и опыта проектирования выделены девять объектов воздействий гидромелиорации (оросительных и осушительных систем, см. табл. 8.36). Как и при любой типизации, перечень объектов воздействий страдает определенной условностью и субъективностью, но он необходим для учета возможных изменений при проектировании и контроля за полнотой и качеством учета изменений в окружающей среде при оценке проекта.

Для каждого объекта воздействий (почва, гидрология и т.д.) названы основные изменения, которые сгруппированы и колеблются в пределах от 5 до 10 по отдельным группам.

Для всех форм воздействия объекта на окружающую среду в проекте должны быть разработаны, в том числе на альтернативной основе, проектные решения по нейтрализации (или снижению) негативного влияния объекта на окружающую среду.

Раздел «Охрана окружающей среды» любого проекта должен включать в себя следующие подразделы:

краткие сведения о проектируемом объекте, включая рассмотренные варианты проработки, исходя из условий минимизации воздействия на окружающую природную и социальную среду (в том числе по размещению объекта строительства, принятым инженерным и технологическим решениям и т.д.);

мероприятия по охране и рациональному использованию земельных ресурсов; данные по хозяйственному использованию намечаемых к мелиорации земель (общая площадь, в том числе пашня, сенокосы и пастбища, многолетние насаждения, залежи, приусадебные земли, сады и огороды, лесные насаждения, характеристика почвенных условий; наличие и степень ветровой и водной эрозии почв, плоскостного смыва, дефляции, слитизации; данные по характеру и уровню загрязненности почв и др.).

Проектируемые мероприятия по рациональному использованию и защите земельных ресурсов должны включать в себя следующие материалы:

степень хозяйственного использования территории, исходя из соблюдения критериев устойчивости агроландшафтов (ограничения по использованию земельных, лесных, болотных и других угодий и охране прилегающих земель; соответствие принятых технологических и инженерных решений экологическим требованиям и ограничениям по оросительным и поливным нормам (с учетом сохранения оптимального водно-воздушного и солевого режимов, недопущения заболачивания, засоления, осолонцевания, водной эрозии орошаемых земель и т.д.);

качество поливной воды (с учетом возможности засоления, осолонцевания, содообразования, загрязнения тяжелыми металлами, нефтепродуктами, ядохимикатами и т.д.);

принятый способ орошения и техника полива, исходя из сохранения оптимального водно-воздушного и солевого режимов почв, обеспечения оптимального режима и минерализации грунтовых вод, недопущения (максимального ограничения) процессов водной эрозии почв и т.д.;

параметры и конструктивные решения мелиоративной сети с учетом обеспечения высоких коэффициентов использования воды (КИВ) при орошении, оптимального водно-воздушного режима почв (при осушении), сохранения устойчивости русел и т.д.;

оценка необходимости строительства дренажа и проведения промывок засоленных земель при орошении и дополнительного увлажнения земель при осушении, химической мелиорации почв; использования сбросных вод; защита мелиорируемых земель от ливневых и паводковых вод, селевых потоков, оползней и т.д.; проектирования почвозащитных и водоохраных лесных полос, противэрозионных водоудерживающих, водонаправляющих и водосбросных гидротехнических сооружений (запруды, нагорные валы и каналы, быстротокы, перепады и т.д.); укрепления имеющихся эрозионно-опасных оврагов для предотвращения их роста; проведение мероприятий по рекультивации земель, нарушаемых при строительстве мелиоративной сети, прокладке трубопроводов, устройстве карьеров, насосных станций и гидросооружений и т.д.; объемов плодородного грунта, подлежащих снятию, транспортировке и использованию.

Оросительная норма нетто в проекте должна быть определена для среднего по обеспеченности осадками (или дефициту увлажненности) года, а также для засушливых лет 75 и 90% обеспеченности. Она зависит от возделываемых культур, почв, глубин залегания грунтовых вод и других факторов и принимается в соответствии с инженерным расчетом исходя из плановой урожайности.

Задачей проектировщика является недопущение завышения оросительной нормы нетто, так как это может привести к непроизводительным затратам воды и энергии на ее подачу, а также к подтоплению земель. В критических ситуациях по этим двум показателям после соответствующего экономического обоснования и согласования с инвестором можно пойти на поливы сниженными на 10-50% поливными и оросительными нормами с недополучением части урожая.



Следующие разделы должны быть посвящены вопросам рационального использования и охраны поверхностных и подземных водных ресурсов, мероприятиям по охране растительного и животного мира, по характеристике социальной среды и последствий намечаемой хозяйственной деятельности, включая социально-экономические условия проживания населения, и другим мероприятиям по охране окружающей среды (см. табл. 8.36).

Учитывая сложность взаимосвязи отдельных компонентов экосистем и отсутствие по ряду проблем результатов целенаправленных научных исследований, формализовать эти требования в виде конкретных норм, имеющих цифровое значение, представляет значительную сложность, а по большинству позиций нереально. В этой связи приведенные далее положения представляют собой в основном правила и реже нормы (т.е. числовые значения конкретных параметров), полученные на основании опыта и экспертных оценок ученых.

Следует учитывать, что на орошаемой территории приходные элементы баланса преобладают над расходными и даже при самых тщательных поливах, если формируется инфильтрационное питание грунтовых вод, влагообмен грунтовых вод с зоной аэрации  $g = E_r - \Phi_r - M_r$  изменяет знак на отрицательный. При этом неизбежен подъем уровней грунтовых вод, нередко засоление почв и со временем подтопление земель на прилегающей территории.

Потери воды непосредственно на поле на фильтрацию происходят из-за завышения поливных и оросительных норм, несоблюдения поливных режимов, несовершенства применяемой техники полива и других причин. Коэффициент полезного использования воды на полях (КИВ), представляющий собой отношение полезного водопотребления культур, необходимого для получения проектной (плановой) урожайности, к количеству воды, данной на поле по внутрихозяйственной сети каналов (трубопроводов, лотков), реально может быть доведен до 0,9-1.

Коэффициент полезного действия (КПД) внутрихозяйственной сети на поле (отношение количества воды, израсходованной на поливы, к количеству воды, поданной во внутрихозяйственную сеть) должен быть примерно тот же – 0,9-1. Следует иметь в виду, что при применении этих довольно жестких ограничений до 20% воды неизбежно теряется на поле, впитываясь в почву, насыщая зону аэрации до водоудерживающей ее способности и вызывая подъем уровней грунтовых вод с нежелательными последствиями (засоление почвы, подпитывание, ухудшение качества воды в реках и др.).

Находящиеся в пределах орошаемой площади межхозяйственные и магистральные каналы, трубопроводы, лотки и другие транспортирующие воду сооружения отличаются высокими потерями на фильтрацию. Потери воды из каналов являются основным источником подъема УГВ и подтопления земель. Поэтому сокращение потерь воды до минимума и увеличение коэффициента полезного действия оросительных каналов должны быть среди основных задач проекта орошения, для реализации которых следует использовать широкий арсенал мероприятий, включающий в себя противофильтрационные покрытия каналов, замену каналов трубопроводами, сокращение длины и расходов од-

новременен работающих каналов, проведение круглосуточных поливов, прекращение подачи воды по каналам в зимний период и др.

Уравнение баланса грунтовых вод может быть записано в виде

$$m\Delta H = M_{\text{бр.}} + P - E - \Delta W_0 + Q_1 - Q_2, \quad (8.19)$$

где  $M_{\text{бр.}}$  – подача воды за любой период времени на орошаемое поле, включает в себя поливные воды и потери воды при поливе и в оросительной сети;

$m$  – дефицит влаги в зоне подъема грунтовых вод до полной влагоемкости грунта (обычно  $m = 0,1-0,2$ , в долях объема);

$P$  – осадки;

$E$  – суммарное испарение;

$\Delta W_0$  – изменение запасов воды в балансируемом слое за время  $t$ ;

$Q_1, Q_2$  – приток и отток подземных вод.

Основные приходные элементы баланса –  $M_{\text{бр.}}$  и приток грунтовых вод со стороны, расходные – испарение и отток грунтовых вод (при отсутствии искусственного дренажа).

Внутрисистемное питание грунтовых вод на конкретном массиве за любой период времени при отсутствии поверхностного стока является функцией  $P, M_{\text{бр.}}, E, Q_1$  и  $Q_2$ , каждый из элементов баланса выражают в виде слоя воды, отнесенного на орошаемую площадь, в мм или  $\text{м}^3/\text{га}$ .

Подъем уровня грунтовых вод на орошаемом массиве определяется из приведенного уравнения водного баланса:

$$\Delta H = \frac{M_{\text{бр.}} + P - E - \Delta W_0 + Q_1 - Q_2}{m}. \quad (8.20)$$

Тщательность определения всех элементов баланса является залогом качественной оценки мелиоративного состояния орошаемых земель и предупреждения возможного подтопления прилегающей территории под влиянием орошения.

Входящая в уравнение баланса величина  $M_{\text{бр.}}$  представляет собой оросительную норму брутто, включающую в себя расходы воды на поливы и все потери поданной на орошение воды в пределах системы.

Для предупреждения подъема грунтовых вод и подтопления земель необходимы мероприятия по всемерному снижению элементов питания грунтовых вод внутри системы – оросительных норм и потерь воды из оросительной сети, притока поверхностных вод из-за пределов системы, конденсации влаги и, если имеющихся средств по их ограничению недостаточно, то необходимо уменьшение притока грунтовых вод извне и (или) усиление их оттока за пределы орошаемых земель с помощью инженерных средств, основным из которых является искусственный дренаж (горизонтальный, вертикальный или комбинированный). Дренаж в условиях формирования гидроморфного режима почвообразования и при наличии склонных к засолению или засоленных почв и грунтовых вод является последним (сложным и дорогостоящим)

щим) средством борьбы с ухудшением мелиоративного состояния земель и подтоплением.

Научно-технический прогресс в орошении осуществляется по следующим основным направлениям: снижение водоподдачи, экономное использование воды, улучшение качества полива путем повышения равномерности увлажнения почвы, направленное воздействие орошения на формирование благоприятной среды обитания растений; многоцелевое использование поливной техники для внесения вместе с поливной водой удобрений, химвелиорантов, пестицидов, ростовых веществ; снижение трудовых затрат.

Оценка эффективности природоохранных мероприятий в проекте адаптивно-ландшафтной мелиорации проводится по следующим показателям:

соответствие проектных решений заданию на проектирование, основным нормативным документам и актам по охране окружающей среды, условиям проживания и здоровья населения, требованиям и ограничениям органов госнадзора и охраны природы и местных органов государственного управления;

комплексная оценка воздействия намечаемого вида хозяйственной деятельности на ландшафт и окружающую природную среду, учитывающая характер и степень всех потенциальных видов влияний на природный территориальный комплекс строительства и эксплуатации мелиоративного объекта;

обоснование принятых инженерных и технологических решений, исходя из минимизации ущерба, наносимого природной и социальной среде на основе выполненных вариантных проработок;

оценка эколого-экономических ущербов, предотвращаемых в результате осуществления проекта;

оценка стоимости мероприятий по охране окружающей среды, необходимых для обеспечения экологической безопасности природной среды и жизнедеятельности населения.

#### ***8.8.6. Оптимизация мелиоративных мероприятий в соответствии с генетическими особенностями почв и почвообразующих пород***

При решении мелиоративных задач в разнообразных ландшафтных условиях больше всего ошибок допускается в тех случаях, когда плохо учитываются особенности почв и почвообразующих пород, почвенные режимы. Как правило, ***если способ мелиорации не адекватен свойствам и режимам почв и почвообразующих пород, то он оказывается либо неэффективным, либо опасным для природной среды.*** Примеры такого рода весьма многочисленны. Так, в условиях южной тайги глубокое самотечное осушение низинных болот полесий оказалось причиной ускоренного разложения их органического вещества, дефляции, пожаров, исчезновения осушенных торфяных почв, выхода на поверхность бесплодных оглеенных кварцевых песков, мергеля, известковых отложений. Связь способов мелиорации с особенностями генезиса и состава почв и почвообразующих пород отчетливо проявляется и при мелиорации минеральных почв. Это относится как к гидротехническим, так и гидромелиоративным мероприятиям. Так, пластмассовый

дренаж быстро выходит из строя в минеральных гидроморфных почвах, заболоченных ожелезненными водами, т.е. в ортзандовых, оруденелых, коровых железистых, а также в ожелезненных торфяных почвах. Следствием этого является вторичное заболачивание территории. Керамический дренаж малоперспективен в длительно-сезонно-мерзлотных почвах из-за закупорки дрен ледовыми пробками весной в начальный период формирования дренажного стока.

Кротовый дренаж может функционировать только в структурных, преимущественно пойменных, почвах. Однако он нецелесообразен в бесструктурных болотно-подзолистых суглинистых и глинистых почвах. Сама оподзоленность почвенного профиля является достаточным свидетельством нецелесообразности применения этого вида дренажа.

Генезис почв, их гранулометрический и агрегатный состав определяют принципиальную конструкцию осушительных систем. Так, на тяжелых оглеенных слабоагрегированных и плохо водопроницаемых почвах необходимы комбинированные осушительные системы. Здесь, кроме регулирующей сети осушителей, целесообразны устройство ложбин с коэффициентами откосов 5-6 для раскрытия западин, шлюкеров, траншейных фильтров из крупнозернистого песка, мелкого гравия, керамзита, пластмассовых шариков и других материалов, проведение агромелиоративных мероприятий по ускорению поверхностного и внутрипочвенного стоков, а также агрономических мероприятий по защите почв от уплотнения (применение травопольных севооборотов, сельскохозяйственных машин с уменьшенным давлением на почву и др.).

Хорошо агрегированные тяжелые почвы пойм отличаются высокими коэффициентами фильтрации. До тех пор, пока сохраняется благоприятная почвенная структура, не возникает необходимость в использовании шлюкеров, траншейных фильтров и других мероприятий по ускорению поверхностного и внутрипочвенного стоков, несмотря на преимущественно глинистый гранулометрический состав этих почв. Однако их длительная эксплуатация в условиях монокультуры пропашных на протяжении 15-25 лет и более приводит к существенному ухудшению физических свойств и возникновению водоупорных подпахотных горизонтов.

В легких почвах, заболоченных грунтовыми водами, схема осушения наиболее проста. На внепойменных массивах она ограничена лишь регулирующей сетью осушителей, планировкой поверхности и агрономическими мероприятиями по защите почв от уплотнения.

Тесная связь эффективности мелиоративных мероприятий и генезиса почв проявляется в случае не только применения гидротехнических, но и агромелиоративных мероприятий. Так, глубокое мелиоративное рыхление неэффективно в торфяных, средне- и сильнокаменистых почвах на моренных отложениях, в почвах на тонкослоистых ленточных глинах. Оно мало эффективно в условиях сложной структуры почвенного покрова, а также на недренированных оглеенных почвах.

Установлено, что такой распространенный способ агромелиорации, как кротование, неэффективен на тяжелых пойменных оглеенных почвах и в

почвах на тонкослоистых ленточных глинах. Наконец, применение бестраншейного пластмассового дренажа, глубокого мелиоративного рыхления, кротования, дреноукладчиков с непрерывной экскавацией затруднено или невозможно в почвах на моренных каменистых отложениях.

Свойства почв и пород определяют не только способы мелиорации, но и важнейшие параметры земляных сооружений, а также их стоимость. Так, в тяжелых почвах на тонкослоистых ленточных глинах при строительстве каналов выполняется максимальный объем земляных работ, поскольку их коэффициенты откосов равны 3-3,5. Эти почвы и породы обладают высокой способностью к скольжению. Вместе с тем в устойчивых моренных глинах они не превышают 1,25-1,5. Примеры такого рода могут быть существенно дополнены. Однако и приведенных данных достаточно для того, чтобы подтвердить сформулированный тезис о том, что мелиоративные системы эффективны только в том случае, если они адекватны генезису и составу почв и почвообразующих пород. Это положение справедливо не только для гумидных, но и для степных и пустынных ландшафтов. Так, например, из-за недостаточного внимания к особенностям почв и пород в Центральной Азии в 60-70-х годах были вовлечены в орошение тяжелые гипсоносные почвы с высоким содержанием крупнокристаллического гипса. Такие почвы обладают низкой водопроницаемостью и практически не поддаются промывкам.

Отметим и то, что бездренажное орошение черноземов и каштановых почв на юге России при близком залегании майкопских, хвалынских и других соленосных пород стало причиной не только их осолонцевания и засоления на значительных площадях, но и возникновения заболоченности и переувлажненных засоленных почв в условиях мочарных ландшафтов.

Весьма существенное значение для оценки адекватности способов мелиорации природным условиям является анализ вторичных изменений процессов почвообразования в результате интенсивного антропогенного воздействия. Представляется, что оценка почвообразовательных процессов, возникающих в результате антропогенного воздействия на почвенный покров, должна стать основой прогноза изменения почв и ландшафтов под влиянием хозяйственной деятельности человека.

Например, применение дренажа в гумидных ландшафтах для осушения оглеенных минеральных почв на кислых и выщелоченных суглинистых и глинистых породах при современном низком уровне агротехники резко усиливает вынос кальция и магния, марганца и железа. Дренаж в таких почвах является причиной смены застойного типа водного режима на застойно-промывной. Все это приводит к возникновению или увеличению мощности подзолистого горизонта в осушаемых почвах. В таких почвах после дренажа усиливается действие зонального почвообразовательного процесса. Сущность происходящих изменений свойств твердой фазы почв при изменении типа гидрологического режима отражает табл. 8.37.

### 8.37. Изменение свойств почв и процессов под влиянием глееобразования при застойном и застойно-промывном типах водного режима (по материалам модельных и натуральных исследований)

Свойства почв и процессы	Изменения в результате глееобразования на фоне водного режима*	
	застойного	застойно-промывного
Вынос Fe	Умеренный	Интенсивный
Вынос Al	Не выражен	-«-
Вынос Ca и Mg	Не выражен или слабый	-«-
pH	Без изменений или слабое подщелачивание	Резкое подкисление (на 1-2 ед. pH)
Подвижный Al	Без изменений	Резкое увеличение (на 1-2 порядка)
Гидролитическая кислотность	-«-	Резкое увеличение (в 2-3 раза)
Степень насыщенности основаниями	Несущественные изменения	Резкое уменьшение (в 3-4 раза)
Содержание ила (частицы <0,001 мм)	То же	Интенсивный вынос (лессиваж)
Внешняя удельная поверхность	Слабое или заметное увеличение	Уменьшение
Сегрегация железа, конкрециеобразование	Не выражена	Заметная или интенсивная
Цвет горизонта	Сизый, синеватый, голубовато-зеленый	Белесый, ярко-белый, сероватый

\* Изменение по сравнению с исходной почвообразующей породой.

С другой стороны, осушение торфяных почв прекращает естественный процесс консервации остатков растений-торфообразователей. При этом резко интенсифицируется противоположный процесс. Происходит ускорение биохимического разложения их органического вещества. Его опасность очевидна. Но практически почти повсеместно в стране не применяют такие простые и необходимые приемы защиты торфяных почв от разложения, как поддержание на осушенных торфяных почвах лугового типа водного режима, введение травопольных севооборотов и залужение, внесение удобрений. Необходимо пересмотреть действие традиционных и, казалось бы, известных способов защиты гидроморфных почв от деградации. Так, например, полагают, что пескование и покровная песчаная культура земледелия на торфяных почвах, несколько ускоряя распад их органического вещества в пахотном горизонте, резко тормозят этот процесс в подпахотных слоях. Однако исследования показывают, что внесение песка при песковании и покровной культуре земледелия, материала, обладающего невысокой теплоемкостью, высокими значениями температуропроводности и теплоотдачи, резко повышает температуру всех горизонтов почв от поверхности до грунтовых вод. Это усиливает активность целлюлозоразрушающих аэробных микроорганизмов и приво-

дит в конечном итоге к ускоренному разложению органического вещества торфяных почв. Установлено, что по сравнению с контролем (черной культурой) пескование и покровная песчаная культура земледелия достоверно увеличивают скорость разложения органического вещества торфяных почв на 20-50% в годы разной влажности. Существенно и то, что дренаж на осушенных болотах в полевых на песках в условиях моренных ландшафтов при нерегулируемом водном режиме часто оказывается причиной отрыва капиллярной каймы от торфяной залежи. Это обстоятельство часто становится причиной опустошительных пожаров, приводящих к уничтожению всей торфяной залежи до минерального дна болот. Процесс пирогенного уничтожения почв осушенных болот в Нечерноземной зоне сейчас принимает масштабы экологического бедствия. В этой связи следует подчеркнуть, что восстановление плодородия таких земель, как правило, весьма затруднено или невозможно.

Довольно многочисленны экологические издержки гидротехнических мероприятий в засушливых районах – вторичное засоление, осолонцевание, осолодение, дегумификация, уплотнение, слитизация, заболачивание почв. Они, как правило, связаны с нарушением принципа адекватности мелиоративных мероприятий особенностям почв и почвенных процессов и в целом параметрам агроландшафта.

#### ***8.8.7. Регулирование мелиоративных режимов агрогеосистем различного уровня, агроэкологические риски и ограничения***

Предлагается [157] выделять четыре иерархических уровня геосистем в соответствии с масштабностью влияния мелиорации, для которых необходимо предусматривать агроэкологический анализ, мелиоративные и экологические прогнозы: сублокальный, локальный, региональный и бассейновый.

На сублокальном уровне следует рассматривать процессы в системе почва – зона аэрации – грунтовые воды. В территориальном плане это поле, элементарный почвенный ареал или точка. Именно на этом уровне происходит формирование почвенно-мелиоративных процессов, водно-солевого режима пород зоны аэрации и, в ряде случаев, режима грунтовых вод. Основными режимобразующими факторами здесь являются водоподача на орошение, дренаж, другие мелиоративные мероприятия, а также вид сельскохозяйственной культуры. Для прогнозирования могут использоваться сельскохозяйственные модели.

На локальном уровне процессы рассматриваются в пределах геоморфологических структур одного порядка. Формирование природных процессов происходит под воздействием гидромелиоративных систем или их частей. Основными воздействующими факторами являются каналы, орошение и дренаж. Анализ формирования природно-мелиоративных процессов должен учитывать горизонтальную составляющую потоков.

На региональном уровне процессы рассматриваются в пределах гидрогеологических структур. Учитывается взаимовлияние отдельных гидромелиоративных систем, их воздействие на экологические условия территорий.

**Бассейновый уровень** предусматривает анализ изменений природных процессов под влиянием гидромелиоративных систем в пределах бассейнов рек.

С позиций ландшафтного подхода первые два уровня охватывают внутриландшафтные процессы, на сублокальном уровне рассматриваются вертикальные потоки вещества и энергии, а на локальном — добавляется латеральная составляющая. Региональный и бассейновый уровни охватывают ландшафты в целом или взаимодействие нескольких ландшафтов.

В соответствии с экологическими требованиями все мелиоративные мероприятия должны регламентироваться определенными пределами допустимых изменений свойств почв и агроландшафтов.

За экологически допустимые критериальные ограничения приняты пределы наилучшей сбалансированности влаги, тепла и питательных элементов, а также исключение перехода режима почвообразования из автоморфного в гидроморфный, снижение солеоборотов. Отклонение составляющих водного баланса от среднесуточных значений не должно превышать 25-30%.

Сельскохозяйственная и мелиоративная деятельность должна быть направлена на интенсификацию биологического круговорота и сдерживание ускорения геологического.

Как правило, не следует переводить природный автоморфный режим в гидроморфный. Под действием увлажнения дополнительного к природному, особенно черноземов и темно-каштановых почв, происходят ухудшение водно-физических и физико-химических свойств и структуры, падение окислительно-восстановительного потенциала, изменение рН и др. Создание гидроморфного режима почвообразования способствует развитию вторичного засоления, осолонцевания, уплотнения и других негативных явлений. Дополнительное к природному увлажнение почв происходит под влиянием подъема уровня грунтовых вод и с поступлением оросительной воды.

Оросительные и поливные нормы, количество поливов, способы и техника их проведения с экологических позиций должны максимально снижать водообмен нисходящего потока оросительных вод в виде инфильтрационных потерь на полях орошения и фильтрационных потерь из каналов всех порядков. Экологическое требование — исключение больших объемов нисходящего потока оросительных вод — обусловлено тем, что этот поток служит главным условием развития неблагоприятных явлений, ухудшения плодородия почв, создания экологически кризисных ситуаций на локальных объектах и в регионах. Увеличение величины нисходящего потока или коэффициента инфильтрации (отношение инфильтрационного питания к объему поданной на орошение воды) наблюдается с ростом оросительных норм, которые зависят от способа полива (нормы-брутто).

Снижение инфильтрационного питания возможно, если поливные нормы рассчитывать с учетом водоудерживающей способности данного типа почв и подстилающих пород. К концу вегетации весь запас оросительной воды должен быть израсходован на питание растений для улучшения аэрации почвы, ее теплофизических характеристик.



Высота капиллярного увлажнения грунтовых вод зависит от гранулометрического состава пород. В условиях испарительного режима грунтовых вод эта высота стабилизируется скоростью испарения, зависящей от давления пара, определяемого равновесной влажностью пористой среды и ее температурой.

Исходя из экологических требований, при назначении допустимых глубин грунтовых вод (табл. 8.38), сохраняющих благоприятную направленность процессов формирования плодородия почв, учитывается не только степень накопления токсичных солей в почве, как было ранее, когда допускался испарительный режим грунтовых вод, но и степень развития негативных процессов при гидроморфизме.

**8.38. Степень подтопления земель с учетом типов режимов почвообразования зональных почв**

Природный тип гидрогеологического режима	Степень подтопления земель при глубинах грунтовых вод, м				
	неподтопленные	подтопление			
		слабое	среднее	сильное	очень-сильное
1	2	3	4	5	6
<b>Лесостепная зона – черноземы выщелоченные и оподзоленные</b>					
Автоморфный	6-7	5-6	4-5	3-4	2-3
Субавтоморфный	5-6	4-5	3-4	2-3	1-2
Автоморфно-гидроморфный	4-5	3-4	2-3	2	1-2
<i>Лугово-черноземные почвы</i>					
Субгидроморфный	3	2-3	1-2	1	1
<b>Степная зона – черноземы и темно-каштановые почвы</b>					
Автоморфный	9-10	8-9	7-8	6-7	5-6
Субавтоморфный	8-9	7-8	6-7	5-6	4-5
Автоморфно-гидроморфный	6-7	5-6	4-5	3-4	2-3
<i>Черноземно-луговые почвы</i>					
Субгидроморфный	4-6	3-4	3	2	1
<i>Лугово-черноземные почвы</i>					
Гидроморфный	3-4	2-3	1-2	1	1
<b>Сухостепная зона – каштановые почвы</b>					
Автоморфный	8-9	7-8	6-7	5-6	4-5
Субавтоморфный	7-8	6-7	5-6	4-5	3-4
Автоморфно-гидроморфный	6-7	5-6	4-5	3-4	2-3
<i>Каштановые луговые почвы</i>					
Субгидроморфный	4-6	3-4	3	2	21
<i>Лугово-каштановые почвы</i>					
Гидроморфный	3-4	2-3	1-2	1	> 1
<b>Полупустынная зона – светло-каштановые, комплексные солонцеватые почвы</b>					
Автоморфный	7-8	6,5-7	6-6,5	5,5-6	5-5,5
Субавтоморфный	6-7	5,5-6	5-5,5	4,5-5	4-4,5

Продолжение табл. 8. 38

1	2	3	4	5	6
Автоморфно-гидроморфный	5-6	5-5,5	4,5-5	4-4,5	3,5-4
Субгидроморфный	4-5	4-4,5	3,5-4	3-3,5	2,5-3
Гидроморфный	3-4	3-3,5	2,5-3	2-2,5	1-2
<i>Пустынная зона – бурые почвы</i>					
Автоморфный	7-8	6-7	5-6	4-5	3-4
Субавтоморфный	6-7	5-6	4-5	3-4	2-3
Автоморфно-гидроморфный	5-6	4-5	3-4	2-3	1-2
<i>Солонцеватые</i>					
Субгидроморфный	4-5	3-4	2-3	1-2	< 1
<i>Засоленные</i>					
Гидроморфный	3-4	2-3	1-2	1	< 1

На локальном уровне экологическая ситуация на орошаемом поле, массиве оценивается по показателям изменения структурного состояния почв, степени вымыва питательных веществ и гумуса, кальциевого режима, воздухоемкости, степени увлажнения, осолонцевания, засоления, качества оросительной воды, взаимосвязи биологического и геологического круговоротов.

Естественный природный фон зональных почв автоморфного ряда (черноземы, темно-каштановые и каштановые) при орошении повышенными нормами сдвигается в сторону гидроморфизма с негативными экологомелиоративными последствиями: постепенным ухудшением их водно-физических свойств и потерей плодородия (засоление, осолонцевание, выщелачивание кальция, потери гумуса, слитизация и др.). Эти явления развиваются не только на орошаемых, но и на прилегающих к ним землях, особенно в понижениях, охватывая территории, значительно превышающие собственно орошаемые массивы.

Природные ландшафтно-географические зоны по соотношению поступающей солнечной радиации и выпадающих атмосферных осадков имеют качественные различия с точки зрения устойчивости биологической продуктивности биогеоценозов. Мелиоративное воздействие и в целом техногенное влияние отражаются на них по-разному. Наименее устойчивы почвы тундровой зоны с недостатком тепла и излишней влагой, в связи с этим имеющих низкую активность биохимических процессов, медленную самоочищаемость. Ландшафты таежной зоны более устойчивы благодаря мощному растительному покрову, а повышенные осадки способствуют вымыву из почв растворимых и подвижных загрязняющих веществ. Почвы лесостепной зоны сформировались в наиболее благоприятных условиях гидротермического режима. Черноземы лесостепной и степной зон имеют высокое плодородие, но при переувлажнении или промывном режиме орошения теряют устойчивость, применение тяжелой техники приводит к переуплотнению почв. Оптимальные значения структурного состояния почв показаны в табл. 8.39.

### 8.39. Реальные, критические и оптимальные показатели структурного состояния орошаемых почв в пахотном горизонте [238]

Показатели	Черноземы			Каштановые почвы		
	Значение					
	реальное	критическое	оптимальное	реальное	критическое	оптимальное
Содержание агрегатов при сухом расसेве, %:						
< 10 мм	30-	> 40	10-20	30-70	> 50	10-30
10-0,25 мм	5020-60	< 40	60-80	30-70	< 40	70-80
Пористость агрегатов (5-7 мм), %	36-40	< 38	42-44	35-40	< 36	40-42

**Примечание.** Имеются в виду орошаемые черноземы обыкновенные и южные тяжелоуглинистые.

Типичные и обыкновенные черноземы имеют низкую устойчивость даже при орошении из-за низких резервов кальция и глубокого залегания карбонатного горизонта. Даже при орошении водой высокого качества происходят их обесструктуривание, осолонцевание, снижение содержания гумуса. Орошение повышает урожайность всего в 1,1-1,2 раза, зерновых в — 1,5 раза.

Южные черноземы, темно-каштановые и каштановые почвы имеют более высокую устойчивость при орошении в связи с большими запасами кальция. Орошение необходимо, так как сильные и средние засухи повторяются 2-4 раза за 10 лет и при орошении урожайность зерновых возрастает в 1,5-3 раза, тогда как от применения только агротехнических методов — в 1,3 раза.

В степной зоне опасно развитие гидроморфизма черноземов в связи с орошением, изменяющим их свойства и вызывающим развитие вторичного засоления и осолонцевания почв, а также усиление восстановительных процессов, а следовательно, диспергацию агрегатов, слитизацию, повышение щелочности или кислотности почв, подвижности гумусовых соединений, оксидов железа, карбонатов кальция. Промывной режим черноземов приводит к разрушению структуры и деградации почв, а в условиях применения минерализованных вод и неудовлетворительного качества почвы переходят в разряд солонцеватых и засоленных (табл. 8.40).

Регулирование водного режима орошаемых почв является одним из главных факторов сохранения их плодородия. Проектные оросительные нормы от 2,2 до 3,8 тыс. м<sup>3</sup>/га значительно превышают экологически допустимые, составляющие 1,3-2,7 тыс. м<sup>3</sup>/га.

В черноземной зоне необходимо сохранить потенциальное плодородие обусловленное генетическими свойствами почв, обеспечить такие условия, при которых не будет происходить смены почвообразовательных процессов.

Предельные критериальные значения показателей благоприятного состояния почв (табл. 8.41) разработаны с учетом выполненных ранее исследований и обобщения имеющихся результатов исследований.

#### 8.40. Влияние водохозяйственных объектов и орошения на экологические типы взаимосвязи гидрогеохимических потоков геологического (ГК) и биологического (БК) круговоротов

Экологические типы взаимосвязи гидрогеохимических потоков между ГК и БК	Характеристика взаимосвязи гидрогеохимических потоков между ГК и БК	Влияние на гидрогеохимический режим ландшафтов и бассейнов	Влияние на почвообразование
Экологически благоприятный (близкий к естественному)	Сохраняется близкая к естественной ритмика гидрогеохимических потоков с отклонениями до 10% от 30-40-летних ритмов	Сохраняется близкой к естественной структуре и ритмике водно-солевых балансов	Почвообразовательные процессы сохраняются близкими к естественным, повышаются плодородие и продуктивность орошаемых почв
Экологически допустимый	Вынос химических веществ и питательных элементов из БК в ГК в пределах 10-20% от амплитуд естественных 30-40-летних ритмов, а также возможно сезонное поступление солей из ГК в БК	Сдвиг в структурах водно-солевых балансов в пределах 10-20% от амплитуд 30-40-летних естественных ритмов	Возможны местные процессы деградации почв на площади до 10%
Экологически предельно допустимый (обратимый)	Нарушение природных связей между ГК и БК достигает 20-50% от амплитуд 30-40-летних ритмов	Сдвиги в структурах водно-солевых балансов достигают от 20-50% от амплитуд 30-40-летних природных ритмов	Прогрессирующая деградация почв с охватом 10-50% почвенного покрова мелиорированных земель с распространением на прилегающие земли
Катастрофический (необратимый)	Интенсивный вынос веществ из БК в гидрогеохимические потоки ГК, превышающие 50% от амплитуд 30-40-летних ритмов	Полное разбалансирование гидрогеохимических потоков при нарушениях структур водно-солевых балансов (более 50% от амплитуд 30-40-летних ритмов)	Деградация более 50% почвенного покрова на орошаемых и прилегающих к ним землях

**8.41. Оценка состояния геосистем  
с учетом возможного экологического риска  
(в долях единицы)**

Иерархический уровень геосистемы	Экологические риски	Величина приемлемого риска, R прием	Состояние геосистемы с учетом величин экологического риска		
			экологически безопасное (устойчивое) $R < R$ прием	экологически опасное (неустойчивое) $R \geq R$ прием	экологически кризисное $R > R$ прием
Региональный	Площадного развития опасных экологических процессов	0,05	<0,05	0,05-0,2	>0,2
Локальный	Площадного развития подтопления	0,1	<0,1	0,1-0,3	>0,3
	Площадного развития процессов вторичного засоления	0,05	<0,05	0,05-0,25	> 0,25
	Площадного развития осолонцевания (слабоосолонцованных почв)	0,15	<0,15	0,15-0,30	>0,30
	Площадной деградации почв (по физическим свойствам и содержанию гумуса)	0,02	<0,02	0,02-0,20	>0,20

Экологические критериальные ограничения направлены на регулирование почвообразовательных процессов с целью сохранения и повышения потенциального плодородия орошаемых почв, создания благоприятной эколого-мелиоративной обстановки в агроландшафтах.

Анализ физических свойств деградированных почв показал, что если деградационные изменения не превышают порога критических значений показателей структурного состояния почвы, то его восстановление возможно в течение вегетационного периода. Каждая почва имеет свой порог критических значений показателей физических свойств. Основными показателями состояния почв являются: состав агрегатов, равновесная плотность сложения, водопроницаемость, которые отражают степень деградации почв. В черноземных почвах отношение установившейся скорости впитывания воды ( $V_{есн}$ ) к ее значению в первый час ( $V_1$ ) закономерно растет с увеличением коэффициента устойчивости структуры к увлажнению ( $K_y = V_2/V_1$ , где  $V_2$  – скорость во второй час).

С увеличением плотности почв под действием внешнего давления снижается содержание пор аэрации, что приводит к уменьшению водопроницаемости и интенсивности воздухообмена.

Для обоснования допустимого значения плотности почвы в каждом конкретном случае необходимо учитывать влияние содержания пор аэрации

( $n_{\text{азр}}$ ) на воздухообмен почвы с атмосферой. Минимальные значения  $n_{\text{азр}}$  в черноземах составляют 15% от объема почвы, в почвах гумидной зоны – 8% в пахотном слое и 6% – в подпахотном.

Задача обоснования оптимальных глубин увлажнения орошаемых почв является в настоящее время одной из важнейших, поскольку завышение мощности зоны активного влагообмена приводит к преувеличению поливных норм и возрастанию потерь оросительной воды в зоне аэрации. Решение этой задачи требует определения капиллярной проводимости для всех слоев почвы в пределах корнеобитаемой зоны.

Минимальное (критическое) значение скорости капиллярного потока ( $V_k^*$ ) должно быть больше или равно максимальной испаряемости ( $E^*$ ), поскольку снабжение растений водой зависит не только от ее запасов, но и от скорости ее передвижения к поглощающей поверхности корневых систем растений. Значения  $V_k$  определяются содержанием капиллярных пор ( $n_k$ ) и степенью заполнения их водой. Значения  $n_k$  максимальны в пылеватых разностях с максимальным содержанием частиц  $\varnothing 0,01-0,05$  мм. В слоистых почвах при существенных изменениях  $n_k$  по профилю капиллярная проводимость уменьшается. Имея зависимости  $V_k(n_k)$ , можно по динамике  $n_k$  контролировать процесс дезагрегации микроструктурного состояния почвы под влиянием инфильтрации. В черноземных и темно-каштановых почвах последняя должна быть исключена (табл. 8.42).

#### 8.42. Показатели благоприятного экологического состояния почв

Ландшафтно-географические зоны	Нисходящий поток – q, мм	Экологически благоприятные оросительные нормы (при среднемноголетних осадках и сохранении $R^* = 0,9-1,1$ )	Степень засоления почв, %	Экологически допустимые глубины уровня грунтовых вод, м	Содержание гумуса, %	Пределы регулирования влажности корнеобитаемого слоя почвы в долях НВ	pH	Окислительно-восстановительный потенциал, Eh
Лесостепная	40-60	60-100	0,1-0,3	4-5	2-3	0,7-0,9	6,0-7,0	450-600
Степная	30-40	130-270	0,1-0,3	8-10	5-7	0,7-0,8	7,0-7,5	400-600
Сухостепная	40-80	400-590	0,2-0,3	5-7	3-4	0,7-0,85	7,0-8,0	350-500
Полупустынная	80-100	500-670	0,3-0,4	5-6	2-3	0,7-0,85	7,5-8,0	350-450
Пустынная	100-110	690-880	0,3-0,4	3-4	1,5-2	0,7-0,9	7,5-8,3	350-450

Высота капиллярного поднятия ( $H_k^*$ ) и скорость притока грунтовых вод в почву ( $V_{\text{пр}}$ ) определяются содержанием активных пор в зоне аэрации ( $n_a$ ), которое отражает агрегатный состав пород. Зависимость  $V_{\text{пр}}(z)$  характеризует их водоподъемную способность в пределах зоны капиллярного увлажнения,

по этой зависимости можно при  $V_{гр} = E_0$  определить допустимое положение уровня грунтовых вод.

При реализации любого вида деятельности и принятии управляющих решений, как показывает практика, риски неизбежны, но их можно уменьшить до приемлемых значений. Может быть установлена величина допустимого риска как мера безопасности или мера устойчивости геосистемы. Величина допустимого или приемлемого экологического риска определяется экспертным путем или на основе имитационных прогнозов. Возможный риск  $R$  не должен превышать приемлемого риска.

Оценка экономической эффективности мероприятий и выбор эффективного плано-проектного решения по развитию орошения осуществляются на основе оптимизационных эколого-экономических моделей.

**8.8.8. Контрольный лист агроэкологической оценки проекта мелиорации**

Агроэкологическую и социально-экономическую оценки проекта комплексной мелиорации ландшафта рекомендуется выполнять в табличной форме, сопоставляя элементы мелиоративных сооружений с перечнем возможных их воздействий на окружающую среду. Делать это целесообразно как на уровне предпроектной проработки, так и непосредственно при разработке проекта.

В боковике таблицы размещают все потенциально возможные области воздействия мелиорации, т.е. компоненты и элементы геосистемы, а в головке – все 48 элементов оросительных и осушительных систем, оказывающих влияние на природную среду, т. е. те составляющие мелиоративной системы, через которые происходит воздействие. В табл. 8.43 приведен сокращенный по горизонтали и вертикали фрагмент контрольного листа проекта.

**8.43. Контрольный лист проекта мелиорации (фрагмент)**

Компонент геосистемы	А. Оросительные системы				
	1. Режим осушения	2. Водоис-точник	3. Водоза-бор	4. Насосные станции	...
1. Земля, почвы	○	○	—	—	
1.1. Земельные угодья	—	—	—	—	
1.2. Свойства почвы	●	—	—	—	
1.3. Засоление и загрязнение почвы	○	○	—	—	
.....			○		
2. Поверхностные воды	●	●	○	—	
3. Подземные воды	●	●	○	—	
4. Атмосферный воздух	*	—	—	○	
5. Животный мир	*	○	○	○	
6. Растительность	*	—	○	—	
7. Ландшафт и недра	○	—	—	—	
8. Социально-эпидемиологическая обстановка	○	○	●	—	
9. Социально-экономическая структура	○	○	○	○	

Возможные изменения в геосистеме под влиянием мелиорации для объективного суждения при принятии проектных решений и утверждении проекта нуждаются в количественной оценке. По некоторым пунктам «состава изменений» она имеется, но по многим еще надо ее находить, разрабатывать оценочные критерии.

Суммарный показатель по всем объектам воздействий должен характеризовать качество и целесообразность проекта. Ранжировка воздействий на окружающую среду предопределяет необходимость эколого-социального аудита. Необходим также подбор рекомендуемой проектировщикам и экспертам литературы по каждому из 60 (может быть, их будет больше или меньше!) признаков.

На стадии «Ходатайства о намерениях» это воздействие оценивается экспертно и на пересечении вертикальной и горизонтальной граф ставится знак +, если это воздействие возможно, или – , если оно отсутствует. При разработке обоснований инвестиций воздействия должны быть оценены на основе проектных проработок с учетом имеющихся данных изысканий. Для этого предлагается использовать четыре знака, указывающих на степень воздействия элемента мелиоративного сооружения на показатель, входящий в «состав изменений» в правой графе боковика таблицы: положительное влияние – знак \*; отрицательное влияние практически отсутствует – графа не заполняется; отрицательное влияние слабое – знак o; заметно существенное – ●.

Для оценки качества проекта большое значение имеют показатели отрицательного влияния, поэтому минимизации соответствующих воздействий должно быть уделено основное внимание. Несомненно, эти показатели носят чисто качественный характер, но они должны основываться на серьезной количественной проработке в проекте.

Таким образом, предлагаемая таблица, по сути, представляет собой *контрольный лист проекта*, в нем отражены результаты творчества проектанта. Контрольный лист необходим для работы эксперта, руководителя любого ранга, а также потребителя проектной продукции, т. е. заказчика.

Количественная оценка критериев контрольного листа проекта, необходимая для объективной оценки качества проекта и его рекламы, облегчается имеющимися многочисленными научными разработками и рекомендациями с использованием наблюдений на объектах-аналогах.

## 8.9. Проектирование технологий возделывания полевых культур

### 8.9.1. Методические основы формирования и освоения агротехнологий

**Определение агротехнологий и принципы их формирования.** Современные агротехнологии представляют собой комплексы технологических операций по управлению производственным процессом сельскохозяйственных культур в агроценозах с целью достижения планируемой урожайности и качества продукции при обеспечении экологической безопасности и определенной экономической эффективности. Агротехнологии связаны в единую систему управления агроландшафтом через севообороты, системы обработки



почвы, удобрения и защиты растений, т.е. являются составной частью адаптивно-ландшафтных систем земледелия. При этом они имеют индивидуальное значение, определяемое, прежде всего, особенностями сорта, поскольку каждому типу сорта (по назначению, интенсивности и другим параметрам) соответствуют определенная система управления продукционным процессом и структурная модель агроценоза.

Важнейшие принципы проектирования агротехнологий включают в себя: альтернативность, возможности выбора;

адаптированность к природным условиям на основе агроэкологической оценки земель, различным уровням интенсификации производства на основе технологических нормативов, хозяйственным укладам;

динамический подход к созданию и управлению агроценозами путем последовательного устранения лимитирующих условий;

формирование пакетов агротехнологий с учетом системных связей, выявляемых в многофакторных полевых экспериментах;

открытость новейшим достижениям научно-технического прогресса;

преемственность.

Методология формирования агротехнологий заключается в последовательном преодолении факторов, лимитирующих урожайность культуры и качество продукции. Количество их зависит от сложности экологической обстановки и уровня планируемой урожайности. Тем самым в значительной мере определяется содержание агротехнологий.

По фактору интенсивности В.И. Кирюшиным [76] предложено различать четыре категории технологий.

*Экстенсивные технологии*, ориентированные на использование естественного плодородия почв без применения удобрений и других химических средств или с очень ограниченным их использованием.

*Нормальные технологии*, обеспеченные минеральными удобрениями и пестицидами в том минимуме, который позволяет осваивать почвозащитные системы земледелия, поддерживать средний уровень окультуренности почв, устранять дефицит элементов минерального питания, находящихся в критическом минимуме, и давать удовлетворительное качество продукции. В этих технологиях используются пластичные сорта зерновых.

*Интенсивные технологии*, рассчитанные на получение планируемого урожая высокого качества в системе непрерывного управления продукционным процессом сельскохозяйственной культуры, обеспечивающие оптимальное минеральное питание растений и защиту от вредных организмов и полегания. Интенсивные технологии предполагают применение интенсивных сортов и создание условий для более полной реализации их биологического потенциала. Интенсивные технологии, рассчитанные, например, на 40-50 ц/га озимой пшеницы высокого качества, могут быть реализованы с использованием отечественной серийной техники, сортов, удобрений и импортных пестицидов.

*Высокоинтенсивные технологии*, рассчитанные на достижение урожайности культуры, близкой к ее биологическому потенциалу с заданным качест-

вом продукции с помощью современных достижений научно-технического прогресса при минимальных экологических рисках. Они относятся к категории так называемого точного земледелия с использованием прецизионной техники, современных препаратов, информационных технологий. Высокоинтенсивные, или высокие технологии являют собой качественный скачок и в создании сортов, и в подготовке почвы, и в насыщении технологическими операциями по уходу за посевами. В высоких технологиях достигается максимальная интеграция агроприемов с учетом их системного взаимодействия. Их следует осваивать в первую очередь в опытных и базовых хозяйствах научных центров для демонстрации возможностей научно-технического прогресса.

В табл. 8.44 представлены характеристики агротехнологий различных уровней. Как видим, высокоинтенсивные, или точные агротехнологии занимают особое положение. Они создаются для особых сортов растений с высоким генетическим потенциалом продуктивности и качества продукции, который реализуется точным регулированием продукционного процесса по микропериодам органогенеза различными средствами. Для этого необходимы дружный рост и развитие растений, что обеспечивается точным размещением семян на одинаковую глубину в условиях исключительно ровной поверхности на производственных участках с однородным почвенным покровом и оптимальными условиями увлажнения, теплообеспеченности, почвенного плодородия. Подбор таких участков – необходимое условие высокой эффективности технологии. Почвенно-микроландшафтная неоднородность сильно усложняет технологический процесс в связи с необходимостью маневрирования технологическими операциями в изменяющихся режимах доз удобрений, препаратов и т.п. По мере усложнения почвенно-ландшафтных условий ограничиваются возможности интенсификации агротехнологий без специальных мелиораций или она исключается. Например, при наличии почвенных мозаик, ташетов повышенной контрастности, почвенных комплексов с западным микрорельефом полностью исключаются не только высокоинтенсивные агротехнологии, но интенсивные. На комплексах с участком пятен солонцов, глееватых и других неблагоприятных почв с относительно благоприятным микрорельефом возможно применение интенсивных и ограниченно высоких технологий после их мелиорации и т.д. Одним словом, путь к высокоинтенсивному использованию земель лежит через понимание многообразных почвенно-ландшафтных условий, их агроэкологическую идентификацию и отбор подходящих производственных участков.

В случае высокой агротехнологии ставится задача последовательной оптимизации всех регулируемых лимитирующих факторов, максимально возможного использования ФАР, тепла, влаги и генетического потенциала сортов растений. Важно при этом понимать, что любое нарушение продукционного процесса вследствие природных катаклизмов или технологических ошибок может резко снизить эффективность агротехнологий. Очевидно, ориентироваться на максимальную интенсификацию технологий целесообразно в относительно благополучных природных условиях с минимальной

вероятностью стрессовых ситуаций (засуха и пр.) при высоком профессионализме исполнителей, вооруженных последними достижениями научно-технического прогресса.

#### 8.44. Сравнительная оценка агротехнологий различного уровня интенсификации [83]

Основные показатели	Агротехнологии			
	экстенсивные	нормальные	интенсивные	высокие
Сорта	Толерантные	Пластичные	Интенсивные	С заданными параметрами
Почвенно-ландшафтные условия	Различной сложности	Умеренно сложные	КУ>0,6 плоские ЭАА, пятнистости	КУ>0,8, плоские ЭАА, однородные ПК
Удобрение	Нет	Поддерживающее	Программированное	Точное
Защита растений	Эпизодическая	Ограниченная, против наиболее вредоносных видов	Интегрированная	Экологически сбалансированная
Обработка почвы	Система вспашки	Почвозащитная комбинированная	Дифференцированно минимизированная	Оптимизированная
Техника	Первого-второго поколений	Третьего поколения	Четвертого поколения	Прецизионная
Качество продукции	Неопределенное	Неустойчиво удовлетворительное	Отвечающее требованиям переработки и рынка	Сбалансированное по всем компонентам
Землеоценочная основа	Почвенные карты 1 : 25000	Почвенные карты 1 : 10000	Почвенно-ландшафтные карты	ГИС
Экологический риск	Активная деградация почв и ландшафтов	Деградация почв	Риск загрязнения	Минимальный риск

Применение высоких технологий сводит к минимуму экологические риски химического загрязнения по сравнению с интенсивными агротехнологиями и предотвращает деградацию почв и ландшафтов по сравнению с нормальными и тем более экстенсивными агротехнологиями. В первом случае это происходит благодаря применению сортов растений, устойчивых к вредным организмам (в том числе трансгенных), и соответственно сокращению химических обработок, использованию высокоэффективных биопрепаратов, точному внесению под растения и на растения агрохимических средств, повышению роли биологического азота в азотном балансе агроценозов. Во втором случае важное значение имеют сокращение уплотняющего воздействия на почву движителей машин благодаря постоянной технологической колее,

обогащение почвы растительными остатками вследствие повышения продуктивности агроценозов, регулирование почвенных режимов.

Фактический уровень интенсификации агротехнологий в хозяйстве выбирается в зависимости от производственно-ресурсного потенциала товаропроизводителя. При наличии сортов интенсивного типа и агрохимических ресурсов, необходимых для оптимального питания растений и интегрированной защиты от вредных организмов, практикуются интенсивные технологии с постоянной технологической колеей для ухода за посевами. Уровень и качество урожая планируются в них исходя из нормативов влагопотребления и других достаточно высоких показателей, реально достигнутых в передовых хозяйствах региона с использованием отечественной техники. Для выполнения этих технологий требуется достаточно высокая профессиональная подготовка агрономов-технологов, ибо ошибки и необоснованные сокращения технологических операций сводят на нет все усилия и затраты.

Если не позволяют уровень квалификации специалистов, обеспеченность ресурсами или агроэкологические условия сельскохозяйственного предприятия (засушливость климата, сложный почвенный покров, рельеф и др.), то следует ориентироваться на нормальные агротехнологии, выполняемые с учетом защиты почв от эрозии и дефляции, в которых используются пластичные сорта растений. Агрохимические средства применяются в режиме компенсации острых дефицитов элементов питания, устранения повышенной кислотности, солонцеватости почв и защиты растений от вредных организмов. Данные технологии отвечают среднему уровню агрономической культуры.

Особняком стоят экстенсивные агротехнологии, рассчитанные на использование естественного плодородия почв. Они сопровождаются деградацией почв и ландшафтов, поскольку почвозащитные мероприятия (мульчирующая обработка почвы и др.), как правило, невозможны или затруднены без применения агрохимических средств. Преобладание экстенсивного земледелия в стране, высокая распаханность огромных территорий при низкой урожайности и невысоком качестве продукции – свидетельство несостоятельной экономики. Скорейший выход из экономического кризиса – первостепенная задача. Она декларирована Президентом страны как удвоение ВВП в ближайшие годы. Если ориентироваться на удвоение урожайности зерновых, то это означает достижение 3 т/га, т.е. среднемирового уровня. В степных районах среднеклиматически обеспеченная урожайность зерновых колеблется в пределах 1,5-2,5 т/га, поэтому для выхода на указанный рубеж в лесостепной и таежно-лесной зонах необходимо ориентироваться на 4-5 т/га и более, т. е. на использование интенсивных и высоких агротехнологий.

В данной плоскости со всей полнотой встает задача адаптивной интенсификации земледелия, т. е. освоения адаптивно-ландшафтных систем земледелия с пакетами агротехнологий различных уровней интенсификации с возрастающим приоритетом высокоинтенсивных. Соответственно будет возрастать роль точного земледелия как высшей формы интенсификации адап-

тивно-ландшафтного земледелия, включающей в себя наукоемкие агротехнологии высокой интенсивности и экологической безопасности

**Информационное обеспечение высоких технологий.** Основы методологии точного земледелия сформировалась в 90-х годах прошлого века.

Современные возможности, которые обусловили развитие новой методологии, связаны с появлением географических информационных систем (ГИС), глобальных спутниковых систем позиционирования (ГСП) с непосредственным вводом информации в бортовой компьютер и сельскохозяйственных машин с возможностью регулирования интенсивности технологических операций (норм высева, внесения удобрений и средств защиты растений) по ходу движения трактора по полю. При этом решающую роль в этом процессе играет совершенствование информационного обеспечения методов принятия решений – моделей, методов поддержки решений, баз данных и знаний, экспертных систем.

Национальный исследовательский комитет США (US National Research Council) определил понятие точного земледелия следующим образом:

«Точное земледелие – стратегия менеджмента, которая использует информационные технологии, извлекая данные из множественных источников, с тем, чтобы принимать решения по управлению посевами».

В основе точного земледелия лежит управление продуктивностью посевов, учитывающее вариабельность среды обитания растений.

В 70-80-е годы во многих научно-исследовательских институтах СССР и ряда других стран развивалась методология управления продукционным процессом сельскохозяйственных культур, объединенная общим названием «программирование урожаев». Основоположником этого направления в нашей стране общепризнанно считается академик И.С.Шатилов.

В работах [16, 45, 46, 198, 213, 227] получило развитие программирование урожаев на основе учета обобщенных почвенно-климатических показателей и использования динамических имитационных моделей.

Теория поддержки решений по управлению продукционным процессом, которая развивалась в рамках тематики программирования урожаев, была направлена на совершенствование технологических программ. При разработке дифференцированных агротехнологий и динамических моделей естественным образом учитывалась временная вариабельность, связанная с изменчивостью погодных условий, и вариабельность характеристик почвы по глубине корнеобитаемого слоя. Развитие информационных технологий шло по пути создания экспертных систем, баз данных, а также баз декларативных и процедурных знаний.

Необходим новый импульс в развитии этих работ на основе современных средств информационного обеспечения с доведением до практических решений.

Современное программное управление в точном земледелии осуществляется путем предварительного исследования вариабельности почвенного покрова поля и составления электронной карты поля на стационарном компьютере. Программа дифференцированной по полю технологии также разраба-

тывается на базе этого компьютера, который используется в режиме (off line). Разработанная программа записывается на дискету и вводится в бортовой компьютер, который и реализует ее выполнение. При применении другого способа управления, «on line», управляемая величина, например, содержание азота в растениях, измеряется непосредственно в процессе движения агрегата по полю. Текущее значение дефицита азота используется непосредственно для выработки управляющего сигнала, командующего внесением той или иной дозы азотного удобрения.

Применение технологий точного земледелия требует оснащения предприятия специальным оборудованием и программным обеспечением.

1. Навигационная система – глобальная система позиционирования (ГСП) с вводом данных в бортовой компьютер. Именно с появлением ГСП открылись принципиальные возможности для перехода от традиционной технологии к той, в которой можно изменять воздействия на агроэкосистему с учетом локальной изменчивости свойств почвенного покрова в пределах поля.

2. Комбайн для уборки зерновых и корнеклубнеплодов с дифференциальным измерением величины урожая. Составление карт изменчивости урожайности с использованием таких комбайнов является первым шагом в переходе к точному земледелию.

3. Аппаратура для исследования изменчивости характеристик почвы в пределах поля с использованием автоматизированных средств, в которых соответствующая аппаратура размещается либо на самом движителе, либо на прицепном устройстве к нему, что позволяет составлять электронные карты поля в автоматизированном режиме.

4. Рабочие органы с компьютерным управлением технологическими операциями (норма высева, дозы внесения агрохимикатов).

5. Стационарный компьютер с программным обеспечением, выполняющим следующие функции:

ведение картотеки полей с использованием геоинформационных систем (ГИС);

анализ вариабельности характеристик почвенного и растительного покровов;

формирование программы и ее запись на дискету.

6. Бортовой компьютер с программным обеспечением, реализующим программу управления, осуществляющий следующие функции:

прием сигналов от ГСП и других датчиков в процессе движения агрегата по полю;

накопление измеренных данных с использованием ГИС-технологий;

формирование управляющих сигналов для дифференцированного выполнения тех или иных технологических операций.

Развитые информационно-управляющие системы (ИУС, IMS – Information Management Systems) являются непременным атрибутом технологий точного земледелия. Они включают в себя совокупность методов, алгоритмов и программ, обеспечивающих сбор, накопление и хранение данных, об-

работку данных и формирование программ реализации агротехнологии. В структуру ИУС входят:

база атрибутивно-графических данных, реализованная в системе ГИС, например, с использованием программного продукта MapInfo;

база знаний, осуществляющая прогнозные расчеты и формирующая на их основе управляющие программы;

оболочка системы, являющаяся связующим звеном между отдельными подсистемами;

интерфейс пользователя, позволяющий осуществлять общение человека с компьютером в режиме диалога.

В базе данных накапливается и хранится вся информация, относящаяся к данному хозяйству, сельскохозяйственным полям, возделываемым культурам и их сортам, а также архивная и текущая метеорологическая информация, необходимая для выработки технологических решений. Данные, относящиеся к каждому полю, формируются в системе географических координат, позволяющих осуществлять «привязку» ГСП-сигнала в процессе реализации технологии.

Центральным звеном ИУС, ее интеллектуальным ядром является база знаний. Она включает в себя базы декларативных и процедурных знаний. Как известно, существуют два типа моделей – модели, управляемые знаниями (knowledge driven models) и модели, управляемые данными (data driven models). Модели, управляемые знаниями (экспертные системы), формируют все элементы агротехнологии и технологию в целом. Модели, управляемые данными (динамические модели), осуществляют прогнозные функции на всех этапах формирования и реализации агротехнологий.

Оболочка системы осуществляет передачу управлений той или иной подсистеме для реализации ее функций в реальном времени.

Назначением интерфейса является организация диалога с программным продуктом на языке пользователя.

**Эффективность агротехнологий и задачи по их освоению.** Точное земледелие все активнее заявляет о себе и по сути дела означает очередной этап мировой агротехнологической революции.

В последние десять лет темпы интенсификации агротехнологий на Западе продолжали возрастать, и ряд стран перешел рубеж средней урожайности зерновых 5 т/га. Средняя урожайность зерновых за 1996-2000 гг. составила в Германии 6,3 т/га, Франции 7, Великобритании – 6,8 т/га, в том числе пшеницы соответственно 7,3; 7,2 и 7,8. Примечательно, что рост урожайности осуществлялся при малоизменяющемся или снижающемся уровне применения минеральных удобрений в названных странах (порядка 220-280 кг д.в. на 1 га посева). При этом окупаемость минеральных удобрений продукцией в этих странах сильно возросла (в частности, зерновых до 15 кг зерна за 1 кг д.в. и более) благодаря повышению наукоемкости агротехнологий, их точности.

В России бурный старт освоения интенсивных агротехнологий в 1986-1991 гг. прервался затянувшимся экономическим кризисом. Однако во многих хозяйствах эта работа в той или иной мере продолжалась, а в ряде сель-

скохозяйственных научных центров она получила дальнейшее развитие. Высокая эффективность интенсивных агротехнологий показана во многих районах лесостепной и южно-таежно-лесной зон. Подтверждением этому могут служить результаты демонстрационных производственных опытов, проведенных на выщелоченных черноземах в Новосибирской области и типичных черноземах Тамбовской области (см. табл. 8.44, 8.45-8.48).

#### 8.45. Урожайность озимой пшеницы сорта Московская 39 при интенсивных агротехнологиях в Нечерноземной зоне (Б.И. Сандухадзе)

Конкурсные испытания		Производственные условия	
место проведения	урожайность, ц/га	местоположение хозяйства	урожайность, ц/га
Рязанский НИПТИ АПК (1991-1993 гг.)	83,1	Рязанская область, хозяйство «Долина», чернозем оподзоленный	63,0
Орловский НИИСХ (1991-1994 гг.)	61,0	Орловская область, ЗАО «Юность», чернозем выщелоченный	70,0
Тульский НИИСХ	61,3	Тульская область, хозяйство «Новая жизнь», чернозем оподзоленный	53,0
Московский НИИСХ ЦРНЗ	60,0	Московская область, учхоз «Михайловское» МСХА, дерново-подзолистые почвы	50,1

#### 8.46. Урожайность озимой пшеницы в базовых хозяйствах Ростовской области, предкавказские черноземы

Базовое хозяйство	Хозяйство		Демонстрационные поля по интенсивной технологии		
	площадь, га	урожайность, ц/га	площадь, га	урожайность, ц/га	урожайность по району, ц/га
СПК АФ «Новобатайская» (2002-2004 гг.)	4660	51,0	3000	59,9	40,3
ЗАО «Кировский конный завод» (2002-2004 гг.)	8190	49,1	3500	66,9	39,5
ОНО ОПХ «Рассвет» (2004 г.)	1400	49,3	200	70,5	32,8

Технологическое перевооружение сельского хозяйства страны, в частности, производственное освоение современных агротехнологий требует решения ряда практических задач в рамках новой государственной политики, включающей в себя:

разработку инновационных центров по освоению агротехнологий на базе региональных НИИ и вузов и эталонных систем земледелия на базе ОПХ и учхозов;



**8.47. Урожайность яровой пшеницы при интенсивной агротехнологии в сравнении с производственными посевами базовых хозяйств и районными показателями Новосибирской области, 2000- 2003 гг.**

Базовое хозяйство	Год	Хозяйство		Демонстрационные поля интенсивной агротехнологии		
		площадь, га	урожайность, ц/га	площадь, га	урожайность, ц/га	урожайность по району, ц/га
ЗАО «Племзавод «Ирмень», Ордынский район	2000	5612	31,9	124	55,4	19,2
	2001	6042	40,0	100	63,6	21,6
	2002	6326	33,6	73	76,8	18,0
	2003	6213	38,0	100	60,0	17,0
ОПХ «Элитное», Новосибирский район	2000	600	28,3	64	47,8	20,5
	2001	650	32,2	77	52,9	20,5
	2002	687	27,7	50	45,4	21,8
ЗАО «Гусельниковское», Искитимский район	2000	850	30,3	98	36,3	16,2
ЗАО «Суздальское», Доволенский район	2001	4126	27,1	90	51,3	16,6
КФХ «Квант», с. Пайвино, Новосибирский район	2001	900	32,3	204	51,4	20,5
	2002	950	26,0	143	46,2	21,8
Учхоз «Тулинское», Новосибирский район	2002	1300	33,8	104	62,0	21,8

**8.48. Оценка эффективности технологий возделывания яровой пшеницы на типичном черноземе ООО «Агротехнологии» Жердевского района Тамбовской области**

Показатели	Агротехнология		
	экстенсивная	нормальная	интенсивная
Урожайность, т/га	2,98	5,09	6,54
Качество зерна, %:			
содержание белка	6,7-9,5	13-13,4	15-16,8
клейковины	14-20	26,28	32-35
Технологические затраты, руб/га	2392	5104,4	7556,2
Себестоимость зерна, руб/т	802,7	1002,8	1155,4
Стоимость продукции, руб/га	2500	3500	5200
Условно-чистый доход, руб/га	7450	17815	34008
Окупаемость затрат, руб/руб.	3,1	3,5	4,5

разработку экономического механизма государственной поддержки освоения перспективных агротехнологий (льготные цены на ресурсы, льготное кредитование и др);

технологическую и техническую подготовку специалистов (совершенствование образовательных программ учебных заведений, системы повышения квалификации);

развитие системы технического обеспечения АПК, создание региональных регистров сельскохозяйственных машин, формирование технической политики;

создание системы производственно-технологического обеспечения: агрохимическое обслуживание, развитие различных форм материально-технического обеспечения и др.

Общая схема научного и инновационного обеспечения представлена на рис. 8.3.

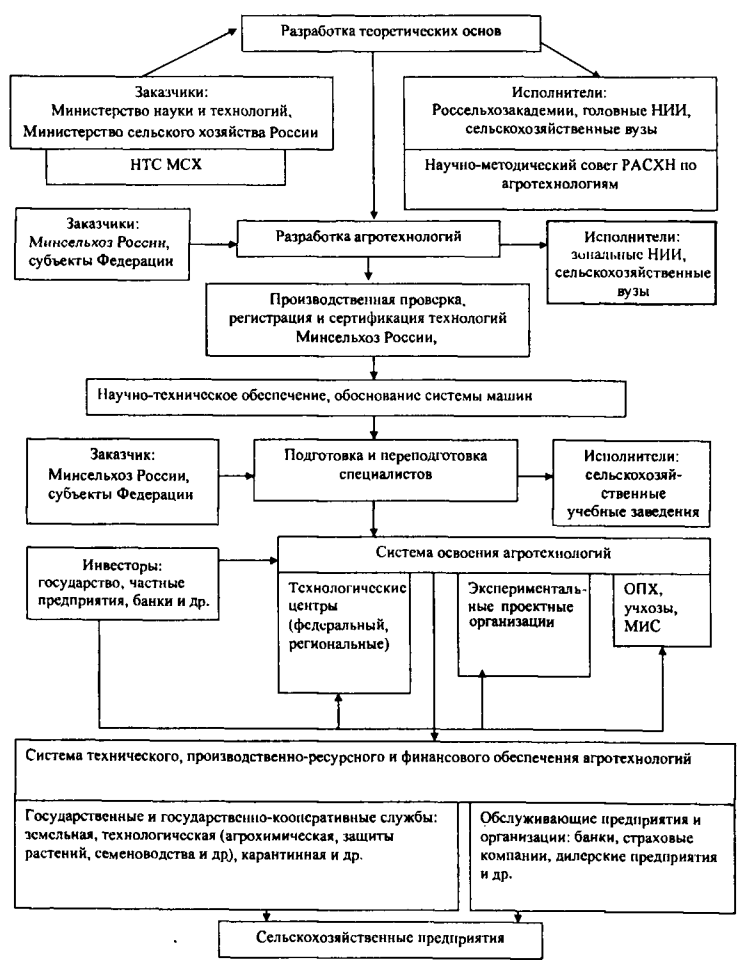


Рис. 8.3. Разработка и освоение агротехнологий (структурная схема)

### 8.9.2. Выбор сорта

Выбор сорта – ключевая позиция агротехнологий, определяющий фактор интенсификации, в то же время самый малозатратный. Только благодаря правильному выбору сорта можно повысить урожайность культуры на 30-50%. Успех возделывания сорта во многом определяется тем, насколько ритм его развития вписывается в характерный для данного места ход метеорологических факторов.

При выборе сорта необходимо иметь информацию о всех районированных и перспективных сортах сельскохозяйственных культур, представляющих интерес для возделывания в данном хозяйстве на землях различных категорий и элементах агроландшафта при различных уровнях интенсификации.

Для перспективных сортов приводят данные среднеклиматически обеспеченной урожайности и качества продукции при экстенсивной, нормальной, интенсивной и высокой технологиях их возделывания на основе экспериментальных материалов зональных НИИ. При выборе сортов необходимо учитывать результаты их испытания на ближайшем госсортоучастке.

При выборе сорта, помимо урожайности и качества продукции, учитывается комплекс факторов: пригодность для выращивания в конкретных почвенно-климатических условиях; устойчивость к болезням, вредителям, полеганию, стрессовым факторам; конкурентоспособность с сорняками; развитость корневой системы; морфобиологические, технологические и потребительские свойства. Например, при выборе сорта мягкой или твердой пшеницы учитывают форму (озимая или яровая); направление использования (кормовая, хлебопекарная, крупяная и др.); качество зерна и муки (содержание белка и сырой клейковины, ИДК, показатель седиментации, объем хлеба, число падения, стекловидность и др.), болезни (корневая гниль, мучнистая роса, желтая и бурая ржавчина, септориоз, фузариоз и др.); устойчивость к стрессовым факторам (зимостойкость, засухоустойчивость, устойчивость к полеганию и осыпанию, прорастанию зерен в колосьях и др.); элементы структуры урожайности (число продуктивных стеблей на 1 м<sup>2</sup> и колосков в колосе, масса 1 тыс. зерен, масса зерен в одном колосе и др.).

Важными показателями при выборе сорта являются потребительские качества полученной продукции, которые зависят от ее назначения. У большинства культур выделены наиболее ценные по качеству сорта, например, сорта сильной, ценной и мягкозерной пшеницы, пивоваренные и ценные крупяные сорта ячменя, ценные сорта проса, гречихи, овса, высокомасличные, высокоолеиновые и крупноплодные сорта и гибриды подсолнечника и др.

Особое значение в условиях континентального климата имеет устойчивость сорта к стрессовым факторам. От зимостойкости сортов зависит успешное выращивание озимых и многолетних культур. Толерантность к низким температурам при прорастании, заморозкам в фазе всходов, прохладной погоде и повышенным температурам в период цветения, кратковременной и длительной засухе – важные показатели при выборе сорта.

От особенностей сорта зависят устойчивость к полеганию и пригодность к механизированной уборке. Например, для однофазной уборки гороха надо подбирать сорта полубезлистного типа с неполегающим, цепляющимся, быстро высыхающим стеблем с нерастрескивающимися и одновременно созревающими бобами. Для сои северного экотипа нужны скороспелые сорта детерминантного типа, слабоветвящиеся, с расположением бобов преимущественно в среднем и верхнем ярусах.

Сорта, устойчивые к полеганию, не требуют применения ретардантов и под них можно вносить повышенные дозы азота.

Существуют различия между сортами по отзывчивости на удобрения и увлажнение, по урожайности, качеству урожая, приспособленности к определенным условиям, устойчивости к вредителям, болезням и реакции на стрессовые факторы. Поэтому в хозяйстве целесообразно иметь не один, а два-три сорта разной скороспелости.

Выбор сорта играет ключевую роль в выборе агротехнологий, поскольку генетический потенциал сорта предопределяет возможную урожайность, качество продукции, затратность и устойчивость производства. С помощью технологии в той или иной мере реализуются заложенные в сорте возможности. Эти возможности должны быть раскрыты в агроэкологическом паспорте сорта, так же как требования сорта к условиям возделывания, а также сведения о его средообразующем влиянии, фитоценотические особенности.

### 8.9.3. Планирование урожайности

#### 8.9.3.1. Категории урожайности сельскохозяйственных культур

В соответствии с существующими представлениями [45, 46] рассматриваются различные категории урожайности, изменяющиеся от потенциально-го уровня до производственного.

Наивысший уровень биологической продуктивности культуры (сорта), вычисляемый по коэффициенту использования растениями приходящей солнечной энергии (ФАР), определяется как **потенциальная урожайность** (ПУ). По А.А.Ничипоровичу, средние значения коэффициентов полезного действия ФАР составляют для обычных посевов 0,5+1,5%, хороших – 1,5+3, рекордных – 3,5+5, для теоретически возможных – 6+10%.

Однако климатические возможности каждого региона обычно лимитируются либо тепло-, либо влагообеспеченностью. Вследствие этого в определенной климатической зоне происходит ограничение урожайности от потенциальной до **климатически обеспеченной** (КОУ).

При планировании урожайности следует учитывать плодородие каждого конкретного поля, переходя от КОУ к уровню **действительно возможной урожайности** (ДВУ).

Рассмотренные категории урожайности являются агроэкологическими или биолого-почвенно-климатическими. Ежегодная изменчивость тепло- и влагообеспеченности полей и посевов не позволяет заранее однозначно устанавливать уровень действительно возможной урожайности. Поэтому в кон-

клетных производственных условиях приходится ориентироваться на фиксированный уровень урожайности, отвечающий определенной климатической обеспеченности.

Из случайного характера ДВУ следует, что для объективной оценки потенциального плодородия сельскохозяйственного поля нельзя опираться только на средний многолетний уровень урожайности. Необходимо дополнительно располагать сведениями о статистических характеристиках действительно возможной урожайности.

**Программируемая урожайность (ПрУ)** – категория, служащая для отражения уровня продуктивности, на которую составляются технологические карты и планируются основные агротехнические мероприятия (рассчитываются удобрения, определяются оросительные нормы и т.п.).

**Хозяйственный или производственный урожай (УП)** – реально полученная продукция на конкретном поле.

Прежде всего, как следует из определения категорий, величины ПУ, КОУ и ДВУ характеризуют такие уровни продуктивности, которые отвечают выполнению всех элементов применяемой агротехнологии. В соответствии с этим ПУ, КОУ и ДВУ – категории агроэкологические. Иное дело – планируемая урожайность. Согласно определению она характеризует продуктивность, на которую планируются все основные агротехнические мероприятия. Таким образом, ПрУ – категория хозяйственно-экономическая и, следовательно, методика определения ПрУ должна строиться с учетом хозяйственной стороны дела – стоимости готовой продукции, затрат на ее получение, обеспеченности хозяйства материально-техническими ресурсами и т.д.

Ввиду ежегодной изменчивости погодных условий значения КОУ и ДВУ от года к году случайным образом меняются. Если исходить из того, что ДВУ является показателем агроэкологического потенциала поля, то оказывается, что для правильной оценки потенциального плодородия необходимо располагать сведениями не только о средних многолетних значениях ДВУ, но и его статистических характеристиках, например, среднем квадратическом отклонении, коэффициенте вариации и др. Исчерпывающую информацию в этом плане дает закон распределения ДВУ, который может быть выражен в форме так называемой кривой обеспеченности, показывающей, с какой вероятностью какие ДВУ достижимы на данном конкретном поле или в среднем по рассматриваемому региону.

Приближение УП к ДВУ требует снятия агротехнических ограничений, что достигается применением более совершенной технологии, качественным выполнением всех агротехнических приемов, снижением потерь урожая при уборке, эффективным использованием климатологической и прогностической информации с целью дифференциации агротехнологий по складывающимся метеорологическим условиям и т.д. Иными словами, для повышения УП необходимо добиваться эффективного воплощения в жизнь всех элементов принятой технологии.

Приближение ДВУ к КОУ связано с проблемой повышения плодородия почв. Резервы повышения КОУ лежат в сфере более рационального райони-

рования культур, создания сортов, пластичных к изменчивости погодных условий, принципиального совершенствования агротехнологий (введение орошения, осушения или тепловых мелиораций, внедрение новых, более эффективных способов борьбы с опасными для сельского хозяйства метеорологическими явлениями и т.д.). Таким образом, речь идет о широком использовании всего комплекса мероприятий, регулирующих климат сельскохозяйственного поля. Повышение ПУ – задача в основном селекционная, но частичная и агрономическая.

В настоящее время параллельно развиваются два различных подхода к расчету основных агроэкологических категорий продуктивности. Первый из них базируется на использовании динамических моделей формирования урожая. Такие модели, детально описывающие процессы роста и развития растений, интенсивно разрабатываются как в нашей стране, так и за рубежом, для их реализации используются ЭВМ. Данный подход, несомненно, имеет большое будущее, однако он довольно сложен. Более просто оценивать величины ПУ, КОУ и ДВУ по обобщенным почвенно-климатическим показателям. Подобные расчеты базируются на использовании статистических связей урожая с лимитирующими почвенно-климатическими факторами, которые менее трудоемки и, как показывает опыт, во многих случаях обеспечивают достаточную для практических целей точность.

### 8.9.3.2. Расчет потенциальной урожайности

Согласно введенному выше определению ПУ характеризует продуктивность посева, которая теоретически может быть достигнута в идеальных для выращиваемой культуры почвенных и погодных условиях. Лимитирующими факторами при этом оказываются биолого-генетические особенности растений и приход ФАР. В соответствии с этим расчет ПУ можно произвести по формуле

$$ПУ = \frac{\eta \cdot Q}{100 \cdot q}, \quad (8.21)$$

где ПУ – расчетная сухая биомасса, т/га;

Q – сумма ФАР за период вегетации, МДж/га;

q – количество солнечной энергии, аккумулируемой в единице сухого органического вещества (энергетическое содержание) МДж/т;

$\eta$  – интегральный коэффициент использования ФАР посевом при идеальных в течение вегетации почвенных и метеорологических условиях (по Х.Г. Тоомингу – потенциальный КПД фотосинтеза, %).

Суммарная ФАР для оценки потенциальной продуктивности определяется с достаточной точностью по формуле

$$\Sigma Q = C_s \cdot \Sigma S + C_D \cdot \Sigma D, \quad (8.22)$$

где  $C_9$  – эффективный коэффициент перехода от дневных сумм прямой солнечной радиации  $S$  (табл. 8.49) к дневным суммам прямой ФАР (табл. 8.50);

$C_9 \approx 0,57$  – коэффициент перехода от интегральной рассеянной радиации к рассеянной ФАР.

Изменчивость рассеянной радиации по территории в летние месяцы мала. При принятой точности  $0,2$  ккал/мес·см<sup>2</sup> оптимальное расстояние между пунктами наблюдений (гелиометрическими станциями) составляет около 300 км (табл. 8.51, 8.52).

Поправки на рельеф учитываются коэффициентом  $K_s$ , величина которого зависит от ориентации (экспозиции) и крутизны склона поля (табл. 8.53).

Рассеянная радиация вычисляется по соотношению

$$D = \frac{Q}{1 + S'/D}, \quad (8.23)$$

где  $Q$  – суммарная радиация;

$S'/D$  – зависят от высоты стояния солнца и незначительно меняются с широтой места. В теплый период для широт Северо-Запада, например, можно принять  $S'/D=4$ .

#### 8.49. Прямая солнечная радиация на равнину при безоблачном небе (ккал/мес. см<sup>2</sup>)

Широта	Месяц						
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
80°	7,3	14,3	19,8	18,0	11,6	3,7	0,3
76°	8,2	14,8	19,3	17,8	11,9	4,6	1,0
72°	9,3	15,2	19,0	17,7	12,2	5,5	1,3
68°	10,3	15,5	18,6	17,4	12,4	6,5	2,2
64°	11,0	16,0	18,2	17,0	12,8	7,2	3,2
60°	11,7	16,2	17,9	16,6	13,2	8,4	4,0
56°	12,1	16,3	17,5	16,6	13,6	9,3	5,3
52°	12,7	16,4	17,2	16,8	13,8	10,1	6,5
48°	13,2	16,7	17,3	17,0	14,3	11,0	7,7

#### 8.50. Эффективные коэффициенты перехода $C_9$

Широта	Месяц					
	V	VI	VII	VIII	IX	X
66°	0,40	0,40	0,40	0,39	0,37	
50°	0,41	0,42	0,42	0,41	0,405	0,385
23°	0,425	0,425	0,425	0,425	0,42	0,415

**8.51. Рассеянная солнечная радиация на равнину при безоблачном небе (ккал/мес.см<sup>2</sup>)**

Широта	Месяц						
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
1	2	3	4	5	6	7	8
80°	1,4	2,8	3,9	3,6	2,3	0,7	0,6
76°	1,6	2,9	3,8	3,5	2,4	0,9	0,2
72°	1,9	3,0	3,8	3,5	2,4	1,1	0,3
68°	2,0	3,1	3,7	3,4	2,5	1,3	0,4
64°	2,2	3,2	3,6	3,4	2,6	1,4	0,6
60°	2,3	3,2	3,5	3,3	2,6	1,7	0,8
56°	2,4	3,3	3,5	3,3	2,7	1,9	1,1
52°	2,5	3,3	3,4	3,3	2,8	2,0	1,3
48°	2,6	3,3	3,5	3,4	2,9	2,2	1,5

**8.52. Суммарная радиация при безоблачном небе (ккал/мес.см<sup>2</sup>)**

Широта	Месяц						
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
80°	10,5	19,4	25,0	22,0	15,0	4,5	0,4
76°	11,8	19,7	24,2	21,7	15,0	6,0	1,4
72°	13,0	20,0	23,5	21,5	15,1	7,3	2,5
68°	13,5	20,0	22,5	21,1	15,5	8,5	3,5
64°	13,9	19,7	21,6	20,4	15,7	9,5	4,5
60°	14,4	19,9	21,4	20,4	16,0	10,5	5,6
56°	15,4	20,0	21,3	20,5	16,7	11,5	7,1
52°	16,0	20,0	21,4	20,6	17,4	12,6	8,5
48°	16,6	20,5	21,4	21,0	18,0	13,8	9,8

**8.53. Поправочный множитель КС для пересчета суточных сумм прямой суточной радиации**

Широта	Крутизна																	
	5°						10°						20°					
	<i>Северный склон</i>																	
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	IV	V	VI	VII	VIII	IX	IV	V	VI	VII	VII	IX
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
66°	0,89	0,95	0,97	0,95	0,91	0,85	0,77	0,88	0,93	0,91	0,82	0,66	0,53	0,74	0,83	0,78	0,63	0,32
62°	0,90	0,95	0,97	0,97	0,92	0,87	0,80	0,89	0,92	0,90	0,85	0,70	0,57	0,76	0,81	0,78	0,66	0,40
58°	0,92	0,96	0,98	0,97	0,93	0,89	0,82	0,90	0,92	0,91	0,87	0,74	0,60	0,77	0,82	0,80	0,69	0,47
54°	0,93	0,96	0,98	0,97	0,94	0,90	0,84	0,90	0,92	0,92	0,88	0,77	0,65	0,79	0,84	0,82	0,72	0,53
50°	0,93	0,96	0,98	0,98	0,95	0,91	0,85	0,91	0,94	0,92	0,88	0,79	0,68	0,80	0,85	0,84	0,75	0,58
	<i>Южный склон</i>																	
66°	1,11	1,05	1,02	1,03	1,06	1,15	1,18	1,09	1,06	1,07	1,14	1,28	1,37	1,17	1,08	1,11	1,26	1,56
62°	1,09	1,04	1,02	1,02	1,06	1,13	1,16	1,07	1,05	1,06	1,13	1,24	1,32	1,15	1,07	1,10	1,23	1,49
58°	1,08	1,04	1,02	1,02	1,06	1,11	1,14	1,06	1,04	1,05	1,11	1,21	1,27	1,12	1,06	1,09	1,20	1,42
54°	1,07	1,03	1,02	1,02	1,05	1,10	1,12	1,05	1,03	1,04	1,09	1,18	1,23	1,10	1,04	1,07	1,17	1,35
50°	1,06	1,03	1,01	1,02	1,04	1,09	1,10	1,04	1,02	1,03	1,08	1,15	1,19	1,08	1,02	1,05	1,13	1,29
	<i>Восточный склон</i>																	
66°	1,00						1,01	1,01	1,00	1,00	1,01	1,01	1,00	0,98	0,97	0,98	0,99	1,00
62°	1,00						1,01	1,01	1,00	1,00	1,01	1,01	1,00	0,98	0,97	0,98	0,98	1,00
58°	1,00						1,00	1,00	1,00	1,01	1,01	1,01	0,99	0,98	0,97	0,98	0,98	0,99
54°	1,00						1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,98	0,98	0,97	0,97	0,98	0,99
50°	1,00						1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,98	0,98	0,97	0,97	0,97	0,98



Продолжение табл. 8.53

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
<i>Западный склон</i>													
66°	1,00	1,01	1,01	1,00	1,00	1,01	1,01	1,00	0,98	0,97	0,98	0,99	1,00
62°	1,00	1,00	1,00	0,99	0,99	1,00	1,00	0,97	0,97	0,96	0,97	0,98	0,99
58°	1,00	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,96	0,95	0,94	0,94	0,95	0,96
54°	1,00	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,95	0,94	0,93	0,94	0,94	0,95
50°	1,00	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,95	0,94	0,93	0,94	0,94	0,95

### 8.9.3.3. КПД фотосинтеза

Эффективность использования солнечной энергии фитоценозом характеризуется КПД фотосинтеза –  $\eta$ .

КПД посевов зависит от срока и плотности посева, полива, количества внесённых удобрений, погодных условий и т.п. Наблюдаются заметные различия в среднем за вегетационный период КПД отдельных сельскохозяйственных культур.

КПД посева в целом значительно ниже КПД листьев. Естественными причинами снижения КПД посевов являются:

недостаточная площадь листовой поверхности в начале вегетационного периода;

постепенное увеличение в ходе роста затрат на дыхание всех органов растений;

наличие листьев, фотосинтетически неактивных из-за их роста;

наличие листьев, не адаптированных к существующим условиям ФАР внутри посева.

Посевы по их средним значениям КПД подразделяются на четыре группы: обычно наблюдаемые – 0,5+1,5%, хорошие – 1,5+3, рекордные – 3,5+5, теоретически возможные – 6+8%.

Средняя энергетическая ёмкость (калорийность) видов растений  $q$  (табл. 8.54) варьирует в пределах 3+5 ккал/г. Калорийность в экстремальных условиях выше, чем в благоприятных, вследствие адаптивных возможностей растений к изменяющимся условиям среды. Калорийность увеличивается от юга к северу.

### 8.54. Энергетическое содержание единицы сухого органического вещества (МДж/т·10<sup>3</sup>)

Культура	Растение в целом	Хозяйственно-полезный урожай	Побочная продукция	Корни
Озимая пшеница	18,5	18,8	17,8	17,1
Озимая рожь	19,0	19,3	18,1	16,8
Яровая пшеница	18,8	19,2	18,1	17,2
Овес	18,4	18,9	18,0	16,7
Ячмень	18,3	18,8	18,8	17,0
Горох	19,0	20,5	18,8	17,6
Картофель	17,9	18,2	17,7	15,8
Овощные культуры	14,1	14,3	13,4	12,8
Кормовые корнеплоды	16,1	16,2	15,4	15,0
Многолетние травы	18,9	18,8	18,8	19,2
Вика и смеси	19,2	20,4	18,9	17,5
Люцерна	21,6	21,7	21,7	18,5

Пересчет сухой биомассы  $Y$  в урожай хозяйственно полезной продукции  $y$  осуществляется на основе соотношения

$$y = 100Y / (100 - \omega) \alpha, \quad (8.24)$$

где  $\omega$  – стандартная влажность хозяйственно полезной части урожая, %;

$\alpha$  – сумма частей в соотношении масс хозяйственно полезной и побочной продукции в общем урожае биомассы (например, если это соотношение равно 1:1,5, то  $\alpha=2,5$ ).

Ориентировочные значения отношения  $m_1:m_2$ , коэффициента  $\alpha$  и обратного ему коэффициента  $K_{хоз}$ , показывающего, какую долю в общем урожае сухой биомассы составляет полезная продукция, приведены в табл. 8.55.

Последний, необходимый для расчета ПУ параметр; содержание влаги. Для получения сопоставимых результатов все расчеты должны проводиться на так называемую «стандартную» влажность, устанавливаемую для зерновых культур (зерно) на уровне 14%, картофеля (клубни) – 80, корнеплодов и кормовой свеклы – 80, многолетних трав (сено) – 16, викоовсяной смеси (зеленая масса) – 75%.

#### 8.55. Ориентировочное соотношение хозяйственно полезной и побочной продукции для различных культур

Культура	$m_1:m_2$	$\alpha$	$K_{хоз}$
Озимая пшеница	1:1,5	2,5	0,40
Озимая рожь	1:2,0	3,0	0,33
Яровая пшеница	1:1,2	2,2	0,45
Овес	1:1,1	2,1	0,48
Ячмень	1:1,3	2,3	0,43
Картофель	1:0,7	1,7	0,59
Кормовая свекла	1:0,4	1,4	0,71

Для районов Северо-Запада потенциальная продуктивность культур характеризуется данными, приведенными в табл. 8.56.

#### 8.56. Потенциальная продуктивность сельскохозяйственных культур в районах Северо-Запада при $\eta=2,5\%$

Регион, республика, область	ФАР, МДж/м <sup>2</sup>	Абсолютно сухая биомасса, ц/га	Продуктивность культур, ц/га		
			озимая рожь	картофель	зеленая масса трав
Мурманская	690	91	35	270	360
Коми	650	85	33	250	340
Архангельская	800	105	40	310	420
Карелия	830	109	42	320	430
Ленинградская	1100	145	56	428	580
Вологодская	1100	145	56	428	580

### 8.9.3.4. Расчет климатически обеспеченной урожайности

К основным показателям климата, влияющим на рост и развитие сельскохозяйственных культур, относятся обеспеченность влагой и теплом; они определяются радиационным режимом территорий.

Приход суммарной радиации  $R$  и количества продуктивной влаги  $W$  за период вегетации зерновых культур по областям и зонам приведен в табл. 8.57.

**8.57. Приход суммарной радиации и количества продуктивной влаги за период вегетации зерновых культур**

Регион, республика, область	$R$ ккал/см <sup>2</sup>	$W$ , мм
Архангельская	20,0	225+300
Вологодская	22,5	275+340
Ленинградская	22,5	275+300
Мурманская	11,0	140
Новгородская	23,0	275+325
Псковская	24,0	300+320
Карелия	17,0	200+225
Коми	18,0	150+200
Калининградская	28,0	420+525

Целесообразно использовать в анализе деление зоны на агроклиматические районы по термическим ресурсам (среднесуточная сумма температур воздуха больше 10°C), длительности безморозного периода и условиям увлажнения.

Поскольку КОУ, согласно определению, характеризует продуктивность посева, которая может быть достигнута при конкретных метеорологических условиях, величина ее может быть рассчитана на основе общего уравнения вида:

$$КОУ = K_M ПУ, \quad (8.25)$$

где  $K_M$  – коэффициент благоприятствования метеорологических условий, который, как правило, меньше 1.

Лимитирующее влияние климата обычно выступает в форме природного ограничения на ресурсы тепла или влаги. В частности, если в рассматриваемом регионе имеет место нехватка воды, то согласно предложению Х.Г. Томинга [213] расчет КОУ может производиться по формуле

$$КОУ = (E/E_0) ПУ, \quad (8.26)$$

где  $E$  и  $E_0$  – соответственно суммарное фактическое испарение и испаряемость (потенциальное испарение) с поля за период вегетации (табл. 8.58, 8.59).

Отношение испаряемости на склонах к испаряемости на равнине существенно зависит от экспозиции и крутизны склона  $\alpha$  (до  $20^\circ$ ) и может быть вычислено по формулам:

$$\left. \begin{array}{l} \text{для южного склона} \\ \text{северного} \\ \text{восточного} \\ \text{западного} \end{array} \right\} \begin{array}{l} \frac{E_{\text{юю}}}{E_{\text{ор}}} = 1 + 0,1\alpha, \\ \frac{E_{\text{ос}}}{E_{\text{ор}}} = 1 - 0,0014\alpha, \\ \frac{E_{\text{ов}}}{E_{\text{ор}}} = 1 - 0,001\alpha, \\ \frac{E_{\text{оз}}}{E_{\text{ор}}} = 1 - 0,002\alpha. \end{array} \quad (8.27)$$

Таким образом, в данном случае коэффициент благоприятствования метеорологических условий  $K_M$  равен отношению  $E/E_o$ . Суммарное испарение  $E$  представляет собой фактическое количество воды, испарившейся за рассматриваемый интервал времени с поля через поверхность почвы и растения, а потенциальное испарение, или испаряемость  $E_o$  – количество воды, которое могло бы испариться с поля в данных метеорологических условиях при неограниченных запасах почвенной влаги.

#### 8.58. Испарение $E$ (см/месяц) на равнине и со склонов в безморозный период

Рельеф	Экспозиция, крутизна							
	северная				южная			
	части склонов				части склонов			
	верх- няя	сред- няя	ниж- няя	подно- жие	верх- няя	сред- няя	ниж- няя	подножие
Равнина	--	--	--	42,3	--	--	--	42,3
Прямой склон, крутизна $7,5^\circ$	35,6	37,2	41,4	47,0	27,2	28,2	44,5	47,0
Вогнутый склон	33,9	39,2	45,2	47,0	28,0	27,4	42,8	47,0
Крутизна	$10^\circ$	$5^\circ$	$2,5^\circ$	--	$10^\circ$	$5^\circ$	$2,5^\circ$	--
Выпуклый склон	41,7	41,7	20,0	63,9	37,4	35,0	34,2	52,4
Крутизна	$2,5^\circ$	$5^\circ$	$10^\circ$	--	$2,5^\circ$	$5^\circ$	$10^\circ$	--

Учитывая основные составляющие водного баланса сельскохозяйственного поля и наличие тесной связи между испаряемостью и радиационным балансом, последнюю формулу можно представить в следующем виде:

$$KOY = PY(W_H - W_K + I) / 2,4R, \quad (8.28)$$

где  $W_H$  и  $W_K$  – начальные и конечные запасы влаги в почве, мм;

$I$  – сумма естественных и искусственных осадков за вычетом стока, мм;

$R$  – суммарный за время вегетации радиационный баланс,  $\text{кДж}/\text{см}^2$ .

Недостатком приведенных соотношений является необходимость предварительной оценки величины ПУ, в результате чего погрешности определе-

ния ПУ, вызванные, в частности, неточностью задания потенциального КПД фотосинтеза  $\eta$ , непосредственно сказываются на величине КОУ. Этого можно избежать, используя для расчетов зависимости, основанные на прямых статистических связях КОУ с лимитирующими метеорологическими факторами. Так, например, при ограниченной влагообеспеченности посевов, т.е. в случае, если основным лимитирующим фактором климата является вода, КОУ можно приближенно рассчитать с помощью соотношения

$$КОУ = 10W/K_w, \quad (8.29)$$

где КОУ – климатически обеспеченный (в данном случае по воде) урожай сухой биомассы, т/га;

$W$  – ресурсы продуктивной влаги, мм;

$K_w$  – коэффициент водопотребления, показывающий, какое количество воды расходуется на формирование единицы растительной биомассы рассматриваемой культуры.

Коэффициент водопотребления  $K_w$  является характеристикой, специфичной для каждой культуры. Кроме того, как показывает опыт, имеется существенная зависимость  $K_w$  от условий выращивания урожая и его уровня. Так, например, в определенных пределах справедливо утверждение, что чем более полно удовлетворяются факторы жизнедеятельности растений, тем меньше  $K_w$  при прочих равных условиях, т.е. тем более экономично растения расходуют влагу. Ориентировочные значения  $K_w$  для различных культур приведены в табл. 8.60.

Перераспределение осадков в расчлененных ландшафтах и холмистой местности возможно в теплое время года в том случае, если интенсивность выпадающих осадков превышает впитывание воды в почву и появляется поверхностный сток (табл. 8.61).

Ресурсы продуктивной влаги  $W$  могут быть найдены как разность между годовой суммой осадков и непроизводительными расходами воды на горизонтальный сток, вертикальную фильтрацию ее за пределы корнеобитаемой зоны и физическое испарение.

Уточненные оценки можно получить, рассматривая величину  $W$  как сумму двух составляющих – запасов влаги в почве на начало вегетации и эффективно используемой части осадков, выпадающих за период вегетации. Полагая, что в процессе формирования урожая используется примерно 80% осадков, величину  $W$  можно рассчитать по формуле

$$W = W_n + 0,8 \cdot I, \quad (8.30)$$

где  $W_n$  – начальный запас влаги, который обычно берется в метровом слое почвы, мм;

$I$  – сумма осадков от момента сева до созревания, мм.

Более точные сведения могут быть получены путем постановки специальных многолетних балансовых опытов по изучению водного режима посевов в конкретных почвенно-климатических условиях.

Другой метод оценки уровня КОУ без непосредственного расчета ПУ основан на использовании так называемого гидротермического показателя продуктивности (ГТП). Этот показатель был предложен А.М. Рябчиковым и рассчитывается по формуле

$$ГТП = gWn/36R, \quad (8.31)$$

где ГТП – значение ГТП, баллы;

$W$  – ресурсы продуктивной влаги, определяемые по Рябчикову как разность между годовой суммой осадков и стоком, мм;

$n$  – продолжительность вегетации, декады;

$R$  – годовой радиационный баланс, кДж/см<sup>2</sup>;

$g$  – переводной коэффициент, равный 4,2 кДж/см<sup>2</sup>·мм.

Расчитав ГТП, величину КОУ сухой биомассы (в т/га) находят в соответствии с эмпирическим соотношением

$$КОУ = 2,2ГТП - 1. \quad (8.32)$$

### 8.59. Испаряемость $E_0$ (см/месяц) на равнине и склонах разной крутизны и экспозиции

Сезон года	Равнина $E_{0p}$	Экспозиция, крутизна															
		северная				южная				восточная				западная			
		5°	10°	15°	20°	5°	10°	15°	20°	5°	10°	15°	20°	5°	10°	15°	20°
Вегетационный период	47,0	43,5	39,4	35,3	32,0	48,0	50,8	53,2	56,4	47,0	45,8	45,2	45,4	47,0	45,9	45,7	46,0
Весна	10,5	9,8	8,6	8,3	7,4	11,2	11,9	12,5	13,0	10,2	10,6	10,9	11,1	10,2	10,6	10,3	10,4
Лето	10,9	10,4	10,0	9,4	8,6	11,7	12,3	12,4	12,6	11,0	11,1	11,3	11,3	11,0	10,1	11,0	10,9
Осень	2,3	1,7	0,8	0,3	0,2	4,0	4,7	5,0	5,2	2,6	2,8	3,0	3,0	2,6	2,2	2,2	2,4

### 8.60. Ориентировочные коэффициенты водопотребления основных культур для Нечерноземной зоны в разные по увлажнению годы (по данным М.К. Каюмова)

Культура	Год		
	влажный	средний	засушливый
Озимая пшеница	375-450	450-500	500-525
Озимая рожь	400-425	425-500	450-550
Яровая пшеница	350-400	400-465	435-500
Овес	435-480	500-550	530-590
Ячмень	375-425	435-500	470-530
Кукуруза (зерно)	250-275	265-300	300-325
Картофель	150-175	175-200	200-225
Морковь	65-100	80-120	90-130
Кормовая свекла	75-85	85-100	100-110
Многолетние травы	500-550	550-600	600-700

## 8.61. Перераспределение влаги на склонах (относительно ровного места), %

Зона увлажнения	Экспозиция, часть склона							
	северная				южная			
	верхняя	средняя	нижняя	под- ножие	верх- няя	средняя	нижняя	подно- жие
<b>Прямые склоны</b>								
<i>Суглинистые почвы</i>								
Избыточно влажная	22	87	92	150	88	90	92	138
Достаточно влажная	83	85	88	156	88	94	96	132
<i>Супесчаные почвы</i>								
Избыточно влажная	86	89	90	137	92	96	98	128
Достаточно влажная	88	90	92	133	94	97	99	114
<b>Вогнутые склоны/выпуклые склоны</b>								
<i>Суглинистые почвы</i>								
Избыточно влажная	80/82	84/85	86/87	147/ 140	85/88	92/90	90/94	136/ 130
Достаточно влажная	80/83	83/86	85/87	154/ 145	87/87	92/88	86/92	130/ 132
<i>Супесчаные почвы</i>								
Избыточно влажная	84/86	88/90	90/90	130/ 135	92/94	96/97	90/97	125/ 120
Достаточно влажная	87/82	90/85	89/87	128/ 150	95/91	98/96	94/96	112/ 113

Еще одна возможность косвенного расчета КОУ – использование для этой цели методики Д.И. Шашко (1967). Согласно ей урожай, лимитируемый естественными ресурсами тепла и влаги, рассчитывается по эмпирической формуле

$$КОУ = tБКП, \quad (8.33)$$

где  $t$  – коэффициент, который зависит от вида возделываемой культуры и условий влагообеспеченности (табл. 8.62);

$БКП$  – биоклиматический потенциал, равный 0,001 суммы активных температур выше  $10^{\circ}\text{C}$ .

### 8.62. Значение коэффициента $m$ для разных культур и условий влагообеспеченности

Культура	Значения $m$ при коэффициенте увлажнения $M_d$			
	0,25	0,35	0,45	0,55
Озимая пшеница	1,26	1,23	1,24	1,14
Озимая рожь	1,26	1,24	1,25	1,15
Яровая пшеница	1,19	1,16	1,13	1,01
Овес	1,47	2,17	1,58	1,45
Ячмень	1,63	1,62	1,60	1,47

**Примечание.** Коэффициент  $M_d$  определяется как  $M_d = \lg(20I/D)$ , где  $I$  и  $D$  – годовые суммы осадков и дефицита влажности воздуха.

По коэффициенту  $M_d$  можно характеризовать увлажнение за вегетационный период по шкале:

0,60 – избыточное;	0,25-0,15 – засушливое;
0,60-0,45 – хорошее;	0,25-0,20 – менее засушливое;
0,60-0,50 – более влажное;	0,20-0,15 – более засушливое;
0,50-0,45 – менее влажное;	0,15-0,10 – сухое;
0,45-0,25 – умеренно влажное;	<0,10 – очень сухое.
0,45-0,35 – полувлажное;	
0,35-0,25 – полусушливое;	

Осредненная по северо-западному региону климатически обеспеченная продуктивность, вычисленная по формуле Шашко Д.Д., приведена в табл. 8.63.

### 8.63. Климатическая обеспеченная продуктивность земель Северо-Запада (по Шашко)

Регион, область	$\Sigma T > 10^\circ\text{C}$	БКП, баллы	Продуктивность культур, ц/га	
			зерновые	картофель
Мурманская	400-1000	0,48-1,0	13,9-29,0	113-230
Коми	400-1600	0,48-1,6	13,9-46,5	230-370
Архангельская	400-1500	0,48-1,5	13,9-43,5	230-340
Карелия	1000-1600	1,0-1,6	29,0-46,5	230-370
Ленинградская	1500-1800	1,5-1,8	43,5-52,0	340-415
Вологодская	1500-1800	1,5-1,8	43,5-52,0	340-415
Цена одного балла БКП при КПД ФАР 2,5%			29 ц/га	230 ц/га

Ввиду эмпирического характера описанных методик расчет КОУ в каждом конкретном случае целесообразно проводить не одним, а несколькими способами, принимая для дальнейшего использования меньшую из полученных величин.

Оценка термических ресурсов вегетационного периода конкретного поля по сумме среднесуточных температур воздуха выше  $10^\circ\text{C}$  выполняется с уче-



том микроклиматических особенностей местности. В качестве показателя теплообеспеченности территории используется также продолжительность безморозного периода  $t_{\text{бп}}$  и морозоопасность. В пересеченной и холмистой местностях теплообеспеченность полей отличается от расположенных на выравненной части территории. Поэтому необходимо подбирать показатели, четко реагирующие на микроклимат и отражающие влияние подстилающей поверхности. В табл. 8.64-8.68 приведены поправки к климатическим показателям относительно равнинных территорий.

#### 8.64. Агроклиматические характеристики по областям Северо-Запада

Регион	Агроклиматический район	$\Sigma t > 10^\circ$	$t_{\text{бп}}$	P осадки, мм	ГТК	Запасы продуктивной влаги $W_n$ , мм	$M_d = P/E$
1	2	3	4	5	6	7	8
Архангельская область	I	900-1000	70-80	100-150		250-200	0,39-0,52
	II	1000-1200	80-90	150-200		200-150	
	III	1200-1400	90-100	200-230		200-150	
	IV	1400-1550	100-110	230-250		250-200	
Ленинградская область	I	1400-1600	90-105	250-275	1,6-1,8	165-215	
	II	1600-1800	115-140	225-275	1,4-1,6	130-210	
	III	1500-1700	110-115	225-275	1,4-1,6	275	
	IV	1600-1700	<115	275-300	1,6-1,8	160	
	V	1700-1900	120-125	250-275	1,5-1,6	220	
Мурманская область	I	200-500	88-119	35			>0,45-0,6
	II	500-700	67-100	105			
	III	700-900	73-104	135			
	IV	900-1000	80-107	170			
Республика Карелия	I	850-1150	70-90	120-160	1,3-1,5		
	II	1150-1300	95-115	200	1,5-1,7		
	III	1300-1500	100-195	200-250	1,5-1,8		
	IV	>1500	110-130	250	1,4-1,5		
Вологодская область	I	1500-950	100-68	250		150-200	0,42-0,48
	II	1600-1050	110-78	250-300		150-234	
	III	1700-1150	120-88			150-250	
Калининградская область	I	2000-2100	135	300-400	1,7-1,9	175-200 225-250	
	II	2100-2200	150	290-400	1,3-1,5	200-225 175-200	
	III	2200-2300	165	300-380	1,7-1,9	150-225	
Республика Коми	I	800-1000	64	100-150		250-200	0,35-0,41
	II	1000-1200	76	150-200		150-200	0,35-0,50
	III	1200-1400	93	200-230		150-250	0,35-0,48
	IV	1400-1550	99	230-240		200-250	0,35-0,51

Продолжение табл. 8.64

1	2	3	4	5	6	7	8
Новгородская область	I	1500-1700	105-115	275-300	2,3-1,9	250-275	1,8-2,0
	II	1700-1800	120-125	275-300	1,5-1,9	225-275	1,6-1,8
	III	1800-1900	125-130	275-300	1,3-1,8	200-250	1,6-1,8
	IV	1800-1900	125-130	275		225-250	1,5-1,6
	V	1900-2000	130-140	275	1,3-1,5	250-275	1,4-1,6
Псковская область	I	1800-1900	130-140	300-350	1,6-1,8	230	2,3-2,5
	II	1900-2000	150-160	285-325	1,4-1,6	350-390	2,3-2,6

### 8.65. Влияние местоположения поля в холмистом рельефе на продолжительность вегетационного периода яровых зерновых

Местоположение поля	Высота над уровнем моря	
	460 м	760 м
Северо-западный склон (верх)	83 дня	119 дней
Подножие склона	92-105 дней	124 дня
Юго-западный склон (верх)	102 дня	--
Южный склон (верхняя треть)	--	117 дней
Подножие юго-западного склона	105 дней	--
Подножие южного склона	--	124 дня

### 8.66. Микроклиматические характеристики термических ресурсов в холмистом рельефе

Рельеф	Ленинградская область		Архангельская область		Вологодская область		Республика Коми	
	$\Sigma t > 10^\circ\text{C}$	$\tau_{\text{бп}}$ , дни	$\Sigma t > 10^\circ\text{C}$	$\tau_{\text{бп}}$ , дни	$\Sigma t > 10^\circ\text{C}$	$\tau_{\text{бп}}$ , дни	$\Sigma t > 10^\circ\text{C}$	$\tau_{\text{бп}}$ , дни
Вершина склона	1900-2150	150	1200-1400	100	1750-1900	125	1450-1650	105
Низ склона	1550-1800	120	900-1100	65	1400-1550	90	1050-1250	87
Середина склона	1800-2050	140	1000-1250	80	1600-1750	110	1300-1500	92

### 8.67. Изменения теплообеспеченности различных местоположений по сравнению с открытым ровным местом

Форма рельефа	$\tau_{\text{бп}}$ , дни $\pm$	$\Sigma \tau_{\text{бп}}$ , дни $\pm$
1	2	3
Вершины, верхние и средние части крутых склонов ( $\Delta h > 50$ м), уклон $> 10^\circ$	15 $\div$ 25	150 $\div$ 200
Вершины и верхние части пологих склонов ( $\Delta h < 50$ м), уклон 3-10 $^\circ$	5 $\div$ 15	50 $\div$ 150
Средние части пологих склонов (уклон 3-10 $^\circ$ )	0	0
Нижние части склонов	-15 $\div$ -25	-200 $\div$ -300
Сырые низины с минеральной почвой	-15 $\div$ -30	-200 $\div$ -350
Торфяные почвы: слабоосушенные, необработанные участки	-10 $\div$ -15	-100 $\div$ -200

Продолжение табл. 8. 67

1	2	3
Луга на осушенных болотах	-25÷-30	-250÷-300
Хорошо осушенные минерализованные участки	-5÷-10	-50÷-100
Долины больших рек, берега водоемов	10÷20	100÷200
Котловины	-20÷-30 ночная t	-250÷-350 дневная t
Побережье Балтийского моря (восточное) в 100 м от моря	+2°	-2÷-3°
Побережье Баренцева моря в 100 м от моря:		
северное	-4÷-5°	-4÷-5°
южное		-4÷-5°
Побережье Белого моря в 100 м от моря	-3÷-5°	-4÷-6°

### 8.68. Показатели теплообеспеченности сельскохозяйственных культур северо-запада

Культура	Вегетационный период (минимальный), дни	Σ T <sub>n</sub> , °C
Картофель	91	800
Овес	75-90	1050
Озимая рожь (на зерновку)	88	875
Горох	78	1000-1300 (985 до цветения)
Лисохвост луговой	68	755
Овсяница луговая	91	1029
Овсяница красная	75	839

Термические условия считаются хорошими, если культуры обеспечены теплом более чем на 80%. При меньшей теплообеспеченности необходимо применять специальные агротехнические мероприятия (подбор скороспелых сортов, применение рассадных комплексов посева, использование укрывных материалов и т.д.).

Микроклиматическими исследованиями связей гранулометрического состава с гидрофизическими и теплофизическими характеристиками почв показано их определяющее значение в формировании климата почвы и, как следствие, микроклимата поля. Так, отклонение температурных режимов на полях с почвами разного гранулометрического состава по сравнению со среднесуточными режимами приведено в табл. 8.69.

Такие различия обусловлены отличиями теплофизических характеристик почв.

Помимо расчетных способов, величина КОУ может быть определена также опытно-экспериментальным путем. Для этого достаточно располагать сведениями об урожаях, которые были получены на высоком почвенном агрофоне с соблюдением всех элементов рекомендованной технологии.

## 8.69. Теплообеспеченность почв различного гранулометрического состава

Гранулометрический состав почвы	Средняя температура (июль), °С	Сдвиг даты перехода через		Сумма температур почвы >10°С	Продолжительность периода с температурой >15°С, дни
		5°С	10°С		
Песчаная	2,8	-8	-12	340	26
Супесчаная	2,3	-6	-9	290	22
Легкосуглинистая	1,2	-3	-5	140	11
Тяжелосуглинистая	-1,0	3	5	-150	- 10
Торфянистая	-1,7	13	14	-100	2

## 8.9.3.5. Расчет действительно возможной урожайности

Уровень КОУ может быть достигнут только на хорошо окультуренных почвах. При одних и тех же метеорологических условиях на полях с низким агрофоном урожаи естественно, будут ниже. Категория ДВУ вводится именно с целью учета фактора реального плодородия поля и его варьирования от одного поля к другому.

Для определения ДВУ можно использовать соотношение

$$ДВУ = K_{II} КОУ,$$

где  $K_{II}$  – коэффициент благоприятствования условиям возделывания данной культуры на конкретном поле ( $K_{II} \leq 1$ ).

Коэффициент  $K_{II}$  может рассматриваться как некоторая функция элементов почвенного плодородия, таких, как механический состав, содержание гумуса, кислотность, запасы доступных форм калия и фосфора, почвенно-гидрологические характеристики и др. Кроме того, следует рассматривать такие характеристики, как особенности микроклимата, засоренность, пространственная вариабельность агрохимических и агрофизических почвенных параметров, положение в ландшафте и другие природные факторы.

В первом приближении  $K_{II}$  можно принять равным  $B$  ( $B$  – бонитет, выраженный в долях единицы). При таком допущении ДВУ равен

$$ДВУ = B КОУ.$$

## 8.9.3.6. Выбор уровня планируемой урожайности

Как уже отмечалось, ПУ, КОУ и ДВУ являются агроэкологическими категориями продуктивности, зависящими от особенностей выращиваемой культуры и почвенно-климатических факторов. В отличие от них ПрУ – категория хозяйственно-экономическая. Это урожайность, на достижение которой ориентирована агротехнология.

Можно представить себе несколько подходов к обоснованию уровня ПрУ. Первый и, казалось бы, наиболее естественный – принять величину ПрУ равной ДВУ. Однако при этом возникает трудность принципиального характера: из-за неопределенности погодных условий, которые складываются в

период вегетации, рассчитать заранее (еще в предпосевной период), каким будет ДВУ в данном году, не представляется возможным. Принимая во внимание особенности весны, например, условия весеннего увлажнения, и располагая долгосрочным метеорологическим прогнозом, в лучшем случае можно оценить вероятности различных значений ДВУ. При этом сразу возникает вопрос, на какую вероятность ДВУ следует рассчитывать, планируя агротехнологию? Обычно рекомендуют ориентироваться на средние многолетние условия, однако сколько-нибудь убедительно обосновать эту рекомендацию весьма трудно. Недостатком такого подхода является и то, что, приравнивая уровень ПрУ к ожидаемому ДВУ, по существу игнорируют экономическую сторону дела. Хорошо известно, что максимальные урожаи практически никогда не являются самыми выгодными в экономическом отношении и критерий «максимальный урожай любой ценой», конечно, не может быть положен в основу разумной системы хозяйствования.

На отыскании оптимального варианта построена вероятностная методика выбора ПрУ, предложенная Е.Е.Жуковским [45]. Она учитывает случайный характер и климатическую изменчивость ДВУ, ценность производимой сельскохозяйственной продукции и затраты на агротехнологию, которые, как и ДВУ, могут меняться от одного поля к другому. Результатами расчетов являются некоторый экономически обоснованный уровень урожая, на который целесообразно ориентироваться при разработке агротехнологий, и вероятности получения урожаев различных уровней. Соответствующие вероятности, в частности, могут быть представлены в виде ряда обеспеченности:

у, т/га	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0
P(y у), %	90	75	63	57	47	38	23	12

Здесь у – планируемый уровень урожая, т/га; P(y у) – вероятность того, что ожидаемый урожай у при выбранном уровне ПрУ будет ниже у.

Найденные вероятности рассчитываются на начало вегетационного периода и в дальнейшем могут оперативно корректироваться с учетом складывающихся метеорологических условий. Создание такой динамической модели вероятностного прогноза является важной задачей. Таким образом, развиваемый подход предполагает не только обоснование уровня урожаев, в расчете на который должна строиться агротехнология, но и позволяет определить, какие урожаи и с какой вероятностью будут повторяться при конкретно выбранном уровне ПрУ.

В соответствии с разработанной вероятностной методикой расчет ПрУ может быть произведен по формуле

$$PrU = \bar{y}_{ДВУ} + t_0 \sigma_{ДВУ}, \quad (8.34)$$

где  $\bar{y}_{ДВУ}$  и  $\sigma_{ДВУ}$  – среднее многолетнее значение и среднее квадратическое отклонение ДВУ;

$t_0$  – безразмерный параметр, выбираемый в соответствии с хозяйственно-экономическим параметром  $k$ :

$k$	1/20	1/10	1/5	1/3	1/2	1	2	3	5	10	20
$t_0$	1,67	1,34	0,97	0,63	0,43	0	-0,43	-0,63	-0,97	-1,34	-1,67

Величины  $\bar{y}_{ДВУ}$  и  $\sigma_{ДВУ}$  в первом приближении могут быть найдены с помощью соотношений:

$$\bar{y}_{ДВУ} = K_3 \bar{y}_{КОУ}, \quad \sigma_{ДВУ} = K_3 \sigma_{КОУ}, \quad (8.35)$$

где  $\bar{y}_{КОУ}$  и  $\sigma_{КОУ}$  – среднее значение и среднее квадратическое отклонение КОУ;

$K_3$  – эмпирический коэффициент, характеризующий плодородие сельскохозяйственного поля, для которого ведется расчет  $ПрУ$ .

Для нахождения коэффициента  $K_3$  необходимо знать, какие хозяйственно-экономические потери  $A_1$ , возникают в случае, когда  $ДВУ$  конкретного года оказывается ниже выбранного уровня  $ПрУ$ , и какие потери  $A_2$  имеют место в противоположном случае, т.е. когда  $ДВУ$  превышает уровень  $ПрУ$ . В первом случае потери обуславливаются непроизводительным расходом антропогенных ресурсов, во втором – снижением урожая, который в принципе (по сложившимся метеорологическим условиям) мог быть достигнут, но эта возможность осталась нереализованной, так как агротехнические мероприятия планировались на более низкую продуктивность. Коэффициент  $K_3$  – это отношение  $A_1/A_2$ .

Точное определение величин  $A_1$  и  $A_2$  и по ним –  $K_3$  предполагает проведение детального экономического анализа. В первом приближении для этого может быть использован более грубый подход, суть которого состоит в привлечении метода экспертных оценок. Задача упрощается, поскольку на самом деле оценивать надо не абсолютные величины  $A_1$  и  $A_2$ , а их отношение.

Из приведенных формул и по значениям  $t_0$  видно, что оптимальный уровень  $ПрУ$ , рассчитанный на вероятностной основе, т.е. с учетом статистических характеристик  $ДВУ$ , как правило, не будет совпадать со средним многолетним значением  $ДВУ$ . В тех случаях, когда  $K_3$  меньше 1,  $ПрУ$  должен устанавливаться выше среднего  $ДВУ$ , а при  $K_3$  больше 1, наоборот, ниже его. Рассчитав  $ПрУ$ , можно определить, какова вероятность того, что при полном соблюдении агротехнологии фактические урожаи будут не ниже планируемых по формулам, приведенным далее.

Если необходимой для указанных расчетов информации нет, то за величину  $ПрУ$  может быть принято среднее многолетнее значение  $\bar{y}_{ДВУ}$ , т.е. в этом случае предполагается, что  $ПрУ$  равно  $\bar{y}_{ДВУ}$ .

Определение планируемого урожая проводится исходя из стоимостных характеристик получаемой продукции, затрат на ее производство, а также с учетом климатической повторяемости различных уровней  $ДВУ$ , т.е. на вероятностной основе.

Учитывая сказанное, можно сформулировать две наиболее важные задачи. Первая сводится к определению обоснованного уровня программируемого урожая, вторая – к определению статистических характеристик ожидаемого урожая при выбранном уровне планируемого [45].

### 8.9.3.7. Региональная практика расчета планируемой урожайности

Рассмотренная методология планирования урожайности должна базироваться на результатах многолетних многофакторных экспериментов по изучению урожайности культур и сортов при различных уровнях интенсификации производства, полученных в конкретных почвенно-климатических условиях зональными научно-исследовательскими и опытными учреждениями (вузы, НИИ, сельскохозяйственные опытные станции, проектно-исследовательские центры и станции Агротехслужбы, госсортоучастки).

В средней полосе и на юге России урожайность лимитируется дефицитом влаги, а в более северных районах – теплом.

Если в первом минимуме оказывается тепло, то действительно возможную урожайность определяют по величине биоклиматического потенциала (БКП) и биогидротермического показателя, которые учитывают взаимосвязь тепла и влаги через коэффициент увлажнения и радиационный баланс посевов по формуле А.М. Рябчикова

$$Y_{об} = (22 \times ГТТ - 10) \times K_m, \quad (8.36)$$

где  $ГТТ$  – гидротермический показатель, балл;

$K_m$  – коэффициент хозяйственной эффективности урожая (доля основной продукции в биомассе при стандартной влажности).

$ГТТ$  определяют по формуле

$$ГТТ = 0,46 \times 0,2453 \times T \times W : R, \quad (8.37)$$

где  $T$  – период вегетации культуры, декады;

$W$  – запасы продуктивной влаги за период вегетации культуры, мм;

$R$  – радиационный баланс за период вегетации культуры составляет примерно 52% от интегральной радиации,  $\text{кДж}/\text{см}^2$ .

При дефиците влаги, например, в Центрально-Черноземном регионе,  $Y_{об}$  определяют по формуле

$$Y_{об} = 100 \times W \times K_m : K_w, \quad (8.38)$$

где  $W$  – количество продуктивной влаги, мм;

$K_w$  – коэффициент водопотребления;

$K_m$  – коэффициент хозяйственной эффективности урожая при стандартной влажности.

Ввиду неравномерного выпадения осадков по территории расчет  $Y_{об}$  по влагообеспеченности посевов проводят дифференцированно для каждого хозяйства и поля с учетом улучшения накопления влаги и экономного расходования

ее. Например, надо иметь в виду, что в нижней трети склона содержание влаги в почве на 15-30 % больше, чем на возвышенных участках, и т.п.

Количество продуктивной влаги, используемой растениями на формирование урожая ( $W$ ), определяют по формуле:

$$W = W_0 + P \times \alpha + W_z - W_y, \quad (8.39)$$

где  $W_0$  – запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы на момент посева однолетних и возобновления вегетации многолетних культур, мм;

$P$  – количество осадков, выпадающих за период вегетации культуры, мм;

$\alpha$  – коэффициент полезного использования осадков;

$W_z$  – количество влаги, поступающей из грунтовых вод;

$W_y$  – запасы влаги на момент уборки урожая, мм.

Для расчетов используют справочные и фактические материалы с ближайшей метеостанции. Запасы продуктивной влаги зависят от типа почвы, ее гранулометрического состава и содержания органического вещества в ней, рельефа местности и уровня залегания грунтовых вод. Известно, что осадки не полностью используются растениями. Часть влаги теряется за счет стока талых и ливневых вод с полей, имеющих значительный уклон, особенно, если они не заняты растениями. Коэффициент полезного использования осадков ( $b$ ) зависит от культуры, зоны выращивания, уклона, особенностей почвы и др. и колеблется от 0,4 до 0,9. Для озимых культур этот показатель равен 0,7-0,9, яровых зерновых – 0,8-0,9, пропашных – 0,7-0,8. На тяжелых по гранулометрическому составу почвах и на склонах  $b$  снижается.

Использование растениями грунтовых вод возможно, если они располагаются на глубине до 1,5-3 м. При этом условии на средних и тяжелых почвах растения могут использовать из них до 20-40% от общего количества потребляемой влаги. Эффективнее используют грунтовые воды культуры с глубокой корневой системой (многолетние травы, сорго, кукуруза, суданская трава, подсолнечник и др.). Степень использования грунтовых вод зависит от глубины их залегания, гранулометрического состава почвы и глубины проникновения корней. На суглинистых почвах пшеница, ячмень, овес используют грунтовые воды при глубине до 2 м, кукуруза – до 2,5, люцерна – до 4 м. С глубины 1 м они используют соответственно 2900, 4700 и 5900 м<sup>3</sup>/га, с 2 м – 200, 1000 и 2600, с 2,5 м – 0, 500 и 1000, с глубины 3 м – 0; 0 и 160 м<sup>3</sup>/га.

Растения используют не всю влагу, часть ее остается в почве после созревания и уборки. Ее необходимо исключить из запаса продуктивной влаги.

Коэффициент водопотребления ( $K_w$ ) – количество влаги, израсходованное на транспирацию и непродуктивное испарение из почвы при создании единицы биомассы урожая.  $K_w$  изменяется в зависимости от культуры, сорта, плодородия почвы, погодных условий и агротехнологий. Чем выше плодородие и технологии, тем меньше  $K_w$ . В засуху увеличивается непроизводительный расход влаги на испарение. Правильное применение удобрений и оптимальная густота стеблестоя способствуют экономному расходу влаги, снижают  $K_w$ . Подставив значение  $W$  в формулу расчета  $U_{дв}$ , получаем более полное ее выражение:



$$Y_{\text{об}} = 100 \times (W_0 + P \times \alpha + W_z - W_y) \times K_m : K_{\text{гр}}. \quad (8.40)$$

Погодные условия конкретных лет не всегда совпадают со среднемноголетними. Даже при их совпадении в отдельные отрезки вегетационного периода эти условия могут сильно отличаться, что влечет за собой ежегодные колебания урожайности при одном и том же уровне плодородия и агротехнологий. Чтобы правильно строить хозяйственную деятельность, земледельцу необходимо знать возможные колебания урожайности по годам и критический период развития растений, в который они наиболее чувствительны к недостатку влаги (табл. 8.70). Для зерновых культур (пшеница, рожь, тритикале, ячмень, овес) критическим по отношению к влаге является период от выхода в трубку до колошения, кукурузы – цветение-молочная спелость, сорго и просо – выметывание метелки, бобовых – цветение-начало плодообразования, гречихи и крестоцветных – цветение, подсолнечника – образование корзинок-цветение, картофеля – цветение-формирование клубней. Уменьшить риск отрицательного влияния неблагоприятных погодных условий можно выбором срока, способа и густоты посева, удобрений и т.д.

Для яровой пшеницы в Западной Сибири расчет  $Y_{\text{об}}$  проводят по формуле

$$Y_{\text{об}} = (Z + П) / K, \quad (8.41)$$

где  $Y_{\text{об}}$  – планируемая урожайность, ц/га;

$Z$  – запас продуктивной влаги в метровом слое почвы перед посевом, мм;

$П$  – сумма осадков за июнь и июль по среднемноголетним данным, мм;

$K$  – коэффициент потребления влаги пшеницей на 1 ц зерна, мм.

### 8.70. Нормативные параметры для расчета планируемой урожайности по влагообеспеченности для разных зон Новосибирской области

Зона	Запас продуктивной влаги в метровом слое почвы при наименьшей влагоемкости, мм	Средне-много-летние осадки за июнь - июль, мм	Всего ресурсов влаги, мм	Коэффициент водопотребления при различных уровнях интенсификации технологий, мм/ц		Планируемая урожайность по влагообеспеченности при различном уровне обеспеченности средствами интенсификации, ц/га	
				нормальная технология	интенсивная технология	нормальная технология	интенсивная технология
1	2	3	4	5	6	7	8
Степь	100-170	90	190-260	11,0	9,5	17-23	20-27
Южная лесостепь	130-190	100	130-190	10,0	8,0	23-29	29-36
Северная лесостепь	.	.	.	.	.	.	.
Барabas	140-220	105	245-325	9,0	7,5	27-36	33-43

Продолжение табл. 8. 70

1	2	3	4	5	6	7	8
Северная лесостепь Приобья	170-220	110	280-330	8,5	7,0	33-39	40-47

#### 8.9.4. Разработка структурных моделей посевов сельскохозяйственных культур с учетом предшественников и планируемой урожайности при различных уровнях интенсификации агротехнологий

Для поэтапного (по элементам продуктивности) формирования запланированного уровня урожайности той или иной культуры сначала нужно составить модель ее посева (соотношение элементов продуктивности), реализация которой (с неизбежной корректировкой в процессе вегетации) обеспечит достижение плановой урожайности.

Полностью реализовать запрограммированную модель посева (урожая) вряд ли возможно, поскольку каждый из элементов урожайности очень сильно варьирует в зависимости от постоянно меняющихся условий жизни растений. Тем не менее такие модели имеют важное значение для определения оптимальных норм высева семян (коэффициента высева), а также для управления формированием каждого последующего элемента урожайности, исходя из уровня развития предыдущих элементов.

Урожайность – произведение двух сомножителей – числа растений (или колосьев) на единице площади и средней продуктивности одного растения (или колоса). Величины этих основных элементов урожайности, в свою очередь, представляют собой произведение других сомножителей, величины которых очень сильно колеблются в зависимости от условий и, как правило, находятся друг с другом во взаимокompенсационной зависимости. Например, с увеличением числа растений на площади уменьшаются их кустистость и выживаемость, снижается средняя продуктивность и т. п. Эта связь выражена формулой М.Т. Савицкого

$$Y = P \times Z \times A \times 10^{-4}, \quad (8.42)$$

где  $Y$  – урожайность зерновой культуры, ц/га;

$P$  – число продуктивных колосьев (метелок) к уборке, шт/м<sup>2</sup>;

$Z$  – число зерен в колосе (метелке);

$A$  – масса 1 тыс. зерен при стандартной влажности, г.

Число продуктивных колосьев (метелок) к уборке ( $P$ ) пропорционально числу высеванных на той же площади зерен ( $M$  – в млн шт/га), хозяйственной годности семян ( $X$ , %), полевой всхожести семян ( $\Pi$ , %), выживаемости растений к уборке ( $B$ , %) и продуктивной кустистости ( $K$ ):

$$P = M \times X \times \Pi \times B \times 10^{-4}. \quad (8.43)$$

Подставив значение  $P$  в формулу 8.41, получим

$$Y = M \times X \times \Pi \times B \times K \times Z \times A \times 10^{-8}.$$

Для зернобобовых и капустных культур

$$Y = M \times X \times \Pi \times B \times C \times A \times 10^{-8},$$

где  $B$  – среднее число бобов (стручков) на растении;

$C$  – число семян в одном бобе (стручке). Остальные обозначения те же, что и в предыдущей формуле.

На основании этой формулы, зная уровень запланированной урожайности, можно определить значение любого из сомножителей. Эта формула позволяет рассчитать структурную модель посева, используя при этом реальные (варьирующие в допустимых пределах) элементы урожайности. Число зерен или семян на растении зависит от продуктивной кустистости растения ( $K$ ) и числа зерен в одном соцветии ( $Ч$ ).

$$З = K \times Ч - \text{у зерновых культур};$$

$$З = B \times C - \text{у зернобобовых и капустных культур}.$$

Для клубнеплодных культур

$$Y = P \times K_1 \times M \times 10^{-6},$$

где  $P$  – число растений (кустов) к уборке, шт/м<sup>2</sup>;

$K_1$  – число клубней на одном растении (кусте), шт.;

$M$  – средняя масса одного клубня, г.

Для корнеплодных, бахчевых, кормовых культур

$$Y = 0,1 \times P \times M,$$

где  $P$  – число растений к уборке, шт/м<sup>2</sup>;

$M$  – средняя масса одного корнеплода (растения), г.

Абсолютно точно предвидеть ход формирования каждого элемента урожайности по мере вегетации посева нельзя. Но, ведя учет элементов урожайности в процессе роста (органогенеза) растений и сверяя с запрограммированной моделью, можно в определенной мере регулировать процесс органогенеза (формирование элементов урожайности). Аналогичные модели следует составлять для всех культур (табл. 8.71-8.78).

Оптимальные величины и диапазон варьирования элементов урожайности высокопродуктивных посевов различных культур лучше всего брать из научных отчетов ближайших к хозяйству научных учреждений. Для ЦЧО примерные модели посевов озимой пшеницы, посеянной по разным предшественникам, приведены в табл. 8.71.

**8.71. Примерные структурные модели посевов озимой пшеницы в ЦЧО по разным предшественникам**

Показатели	Предшественники		
	черный пар	занятый пар	кукуруза на силос
1	2	3	4
Запрограммированная урожайность, ц/га	60	50	40
Число, шт/м <sup>2</sup> :			
продуктивных стеблей к уборке	600	550	450
растений, сохранившихся к уборке	315	305	260
перезимовавших растений	370	368	350
Продуктивная кустистость, шт/м <sup>2</sup>	<b>1,9</b>	<b>1,8</b>	<b>1,7</b>

Продолжение табл. 8. 71

1	2	3	4
Отмирание растений в летний период, %	15	17	26
Зимняя гибель растений, %	7,5	12	17
Число растений в предзимний период, шт/м <sup>2</sup>	400	418	420
Полевая всхожесть семян, %	85	76	70
Масса зерен в колосе, г	1,00	0,91	0,89
Число зерен в колосе	25	23	22
Масса 1 тыс. зерен, г	40,0	39,6	40,0
Число развитых колосков в колосе	15	15	14
Норма высева семян, млн шт/га	4,7	5,5	6,0

## 8.72. Примерные модели структуры посевов озимой ржи и тритикале

Показатели	Пар занятый		Беспарье	
	рожь	тритикале	рожь	тритикале
Плановая урожайность, ц/га	40	50	30	35
Число, шт/м <sup>2</sup> :				
растений к уборке	300	292	330	256
продуктивных стеблей к уборке	445	385	430	320
растений после зимовки	353	344	388	305
Продуктивная кустистость, шт/м <sup>2</sup>	1,5	1,3	1,3	1,25
Общая выживаемость растений, %	60	65	57,9	51,2
Отмирание растений весной и летом, %	15	15	15	16
Зимняя гибель растений, %	10	10	10	10
Число растений в предзимний период, шт/м <sup>2</sup>	392	382	430	340
Полевая всхожесть семян, %	78,4	85	75,4	68,0
Масса зерен в колосе, г	0,90	1,30	0,70	1,1
Число зерен в колосе, шт.	33,3	32,0	26	27
Масса зерен на одно растение, г	1,35	1,69	0,91	1,4
Масса 1 тыс. зерен, г	27,0	40,6	27	40,7
Число колосков в колосе	18,0	20,0	13,0	13,5
Норма высева семян:				
млн шт/га	5,0	4,5	5,7	5,0
на 1 м рядка, шт.	75,0	67,5	85,5	75,0

## 8.73. Примерные модели структуры посевов свеклы (междурядья 45 см)

Показатели	Свекла		
	сахарная	полусахарная	кормовая
1	2	3	4
Плановая урожайность, ц/га:			
корнеплодов	360	450	600
ботвы	135	180	200
Средняя масса корнеплода, г	400	500	810
Масса ботвы с одного растения, г	150	200	270

Продолжение табл. 8. 73

1	2	3	4
Число растений к уборке:			
тыс/га	90-100	80-90	74
на 1 м рядка, шт.	4-4,5	3,5-4	3,3
Полевая всхожесть, %	65-75	60	50
Выживаемость растений, %	70-75	70	66
Число семян, высеянных на 1 м рядка	7-8	8,5-9,5	10

#### 8.74. Примерные структурные модели посадок клубнеплодов (междурядья 70 см)

Показатели	Картофель	Топинамбур
Плановая урожайность, ц/га:		
клубней	300	150
надземной массы	150	300
Средняя масса одного клубня, г	112	80
Число клубней в кусте	6	4,4
Масса клубней с одного куста, г	672	352
Надземная масса одного куста, г	335	700
Число растений к уборке:		
тыс. шт/га	45	43
на 1 м рядка, шт.	3,5	3,0
Общая выживаемость растений, %	90	90
Норма высадки клубней, тыс. шт/га	50	48

#### 8.75. Примерные структурные модели посевов основных масличных культур

Показатели	Подсолне- чник	Рапс яро- вой	Горчица белая
Плановая урожайность, ц/га	25	20	15
Число растений к уборке, шт/м <sup>2</sup>	4	150	150
Масса семян с одного растения, г	62,5	1,33	1,00
Число семян с одного растения	893	381	167
Масса 1 тыс. семян, г	70	3,5	6,0
Полевая всхожесть семян, %	89	75	75
Выживаемость растений к уборке, %	90	80	80
Общая выживаемость, %	80	60	60
Норма высева семян:			
млн шт/га	0,05	2,5	2,5
на 1 м рядка, шт.	3,5	37,5	37,5

**Примечание.** Ширина междурядий в посевах подсолнечника – 70 см, в посевах горчицы и рапса – 15 см.

### 8.76. Примерные структурные модели посевов яровых зерновых и крупяных культур в ЦЧО

Показатели	Пшеница		Ячмень		Овес	Про-со	Гречи-ха	Кукуруза
	твердая	мягкая	пивова-ренный	кормо-вой				
Плановая урожай-ность, ц/га	35,0	35,0	40,0	40,0	45,0	30,0	15,0	60,0
Масса семян в соцветии, г	0,75	0,70	0,81	0,75	0,90	0,83	0,50	100
Число зерен в соцветии	18,8	19,4	20,0	19,0	27,0	119	19,0	500
Масса 1 тыс. зерен, г	40,0	36,0	40,5	39,5	33,0	7,0	26,3	200
Число растений к уборке, шт/м <sup>2</sup>	392	350	450	360	333	300	300	6
Продуктивная кусти-стость, шт/м <sup>2</sup>	1,2	1,43	1,1	1,45	1,5	1,2	-	1,0
Число соцветий к уборке, шт/м <sup>2</sup>	470	500	495	535	500	360	-	6,0
Общая выживае-мость растений, %	65	70	75	80	80	75	75	75
Норма высева семян	6,0	5,0	6,0	4,5	4,2	4,0	4,0	0,08

### 8.77. Примерные структурные модели посевов для получения запланированной урожайности зернобобовых культур в ЦЧО

Показатели	Горох	Чина	Чечеви-ца	Фасоль	Соя	Бобы	Нут
Плановая урожайность, ц/га							
Масса семян с одного расте-ния, г	3,6	3,5	1,3	8,0	5,8	7,5	4,5
Число семян на одном расте-нии, шт.	18	15	25	36	34	18	18
Масса 1 тыс. семян, г	200	233	65	222	168	417	250
Число:							
бобов на одном расте-нии, шт.	4	6	23	9	16	6	18
семян в бобе, шт.	4,5	2,5	1,1	4,0	2,1	3,0	1,0
растений к уборке, шт/м <sup>2</sup>	111	100	190	30	47	40	67
Полевая всхожесть семян, %	85	85	85	85	85	85	93
Выживаемость растений к уборке, %	94	98	89	88	92	94	90
Общая выживаемость расте-ний, %	80	83	76	75	78	80	84
Норма высева семян, млн шт/га	1,4	1,2	2,5	0,4	0,6	0,5	0,8

### 8.78. Примерные структуры моделей посевов основных силосных культур в ЦЧО

Показатели	Междурядья 70 см							Междурядья 15 см	
	куку- руза	кукуруза+ соя		сорго сахар- ное	подсол- нечник	посолнечник + бобы		подсолнечник + горох	
		куку- руза	соя			подсол- нечник	бобы	подсол- нечник	горох
Плановая урожайность, ц/га	300	290	80	300	500	460	100	450	150
Зеленая масса одного растения, г	423	420	89	300	481	480	105	433	21
Число растений к уборке:									
тыс/га	71	69	91	100	104	96	95	104	720
на 1 м рядка, шт.	5,0	7,2	19	7,0	7,3	10	20	1,6	10,8
Полевая всхожесть, %	93	92	85	75	90	90	90	90	90
Выживаемость растений, %	89	87	82	80	89	89	89	89	89
Общая выживаемость, %	83	80	70	60	80	80	80	80	80
Норма высева семян:									
тыс/га	90	90	130	170	130	120	119	130	900
на 1 м рядка, шт.	6	9	27	12	9	13	25	2	13,5

### 8.9.5. Расчет потребности в элементах питания на планируемую урожайность

Получение запланированной урожайности обычно сопряжено с внесением удобрений. При этом необходимо удовлетворить потребности растений в питании при сохранении плодородия почвы, улучшить качество продукции, не допустить непроизводительных затрат удобрений, обеспечить охрану окружающей среды. Существует много способов расчета доз удобрений под планируемую урожай. Их можно объединить в три группы: нормативные, балансовые, статистические.

**Нормативный метод** расчета доз удобрений основан на использовании затрат удобрений на производство 1 т урожая основной продукции с учетом побочной. Дозы фосфорных и калийных удобрений определяют по формуле

$$D = Y_n \times H \times K, \quad (8.44)$$

где  $D$  — доза удобрений (азотных, фосфорных, калийных), кг/га д. в.;

$Y_n$  — планируемая урожайность, т/га;

$H$  — нормативы затрат удобрений (азотных, фосфорных и калийных) на 1 т основной продукции с учетом побочной, кг/т;

$K$  — поправочный коэффициент к дозам удобрений на агрохимические свойства почвы.

Нормативы затрат удобрений определены по каждой зоне на основе данных полевых опытов. Дозы удобрений корректируют с учетом содержания элементов питания в почве: азотных и фосфорных — по содержанию фосфора, калийных — по калию. При среднем содержании фосфора и калия в почве поправочный коэффициент к дозам азотных и фосфорных удобрений равен 1, к калийным — 1,3. При малом содержании элементов питания в почве дозы удобрений увеличивают, а при большом — уменьшают.

**Метод элементарного баланса** базируется на расчете доз удобрений с учетом выноса элементов питания запланированным урожаем, эффективно-плодородия почвы, коэффициентов использования питательных веществ из почвы и удобрений. Расчет ведут по формуле

$$D = (Y_n \times B - P \times K_n) : K_y, \quad (8.45)$$

где  $D$  — доза питательных веществ (NPK) на запланированный урожай, кг/га д.в.;

$Y_n$  — планируемая урожайность, ц/га;

$B$  — вынос питательных веществ (NPK) на 1 ц основной продукции с учетом побочной, кг;

$P$  — запасы питательных веществ в почве, кг/га;

$K_n, K_y$  — коэффициенты использования питательных веществ соответственно из почвы и удобрений.

При совместном внесении минеральных и органических удобрений формула имеет вид:

$$D = (Y_n \times B - P \times K_n - D_n \times C_n \times K_n) : K_y, \quad (8.46)$$

где  $D, Y_n, B, P, K_n$  имеют те же значения, что и в предыдущей формуле;

$D_n$  — доза органических удобрений, т/га;

$C_n$  — содержание питательного вещества в органических удобрениях;

$K_n$  — коэффициент использования питательного вещества из навоза.

Дозу азотных удобрений в Центральном Черноземье следует рассчитывать по формуле

$$D = (Y_n \times B_N - (P_N + 0,2 P_{N'}) \times K_n) : K_y, \quad (8.47)$$

где  $B_N$  — вынос азота на 1 ц основной продукции с учетом побочной, кг;

$P_N$  — запасы минерального азота в метровом (корнеобитаемом) слое почвы, кг/га.

*Вынос питательных веществ* растениями зависит от культуры, типа почвы, предшественника, метеоусловий, доз удобрений и величины урожая. Вынос фосфора и калия на единицу продукции является менее изменчивым, чем вынос азота. При расчете доз удобрений необходимо пользоваться показателями выноса NPK и коэффициентами усвоения питательных веществ из почвы и удобрений, полученными и рассчитанными в конкретных условиях. Коэффициенты использования NPK из почвы и удобрений различны для разных культур. Они возрастают в увлажненные и уменьшаются в засушливые годы.



Запасы питательных веществ в почве определяют исходя из содержания НРК в почве, плотности почвы и глубины расположения основной массы корней. При внесении удобрений под предшественник некоторая часть урожая формируется за счет неиспользованных в первый год удобрений. Ее надо исключить из общей потребности растений в питательных веществах.

Бобовые культуры в результате симбиоза с клубеньковыми бактериями фиксируют атмосферный азот и удовлетворяют свои потребности в нем на 40-80 % (горох — 40-50, соя — 60-75, люпин — 70-80, фасоль — 40-45, вика — 40-50, многолетние бобовые — 70-95 %), что необходимо учитывать при расчете доз азота. Следует также учитывать поступление азота с атмосферными осадками (5-8 кг/га) за счет фиксации свободноживущими организмами (3-5 кг/га) и минерализации гумуса (20-25 кг/га). Потери вследствие вымывания за год на эродированных почвах составляют: азота — 15-20 кг/га, фосфора — 3-5, калия — 5-15 кг/га. Газообразные потери азота из минеральных удобрений достигают до 20 %, из органических — 10, из почвы — 10%.

**Статистические (эмпирические) методы** определения норм удобрений под планируемую урожай основываются на многолетних экспериментальных данных. На основе обобщения результатов полевых опытов устанавливают средние нормы удобрений полевых культур на основных типах почв зоны. В зависимости от содержания питательных веществ в почве рекомендованные дозы удобрений корректируют по формуле

$$H_o = H_p \times K, \quad (8.48)$$

где  $H_o$  — оптимальная доза, кг/га д.в.;

$H_p$  — рекомендованная доза, кг/га д.в.;

$K$  — поправочный коэффициент к рекомендованной дозе.

Поправочный коэффициент ( $K$ ) зависит от содержания доступных питательных веществ в почве. В зависимости от класса обеспеченности почвы подвижными формами фосфора и калия он колеблется по азоту от 0,7 до 1,2, по фосфору — 0,2-1,5, по калию — 0,5-1,7.

Дозы фосфора и калия для увеличения содержания их в почве рассчитывают по формуле

$$Dn = 0,1 \times (C_1 - C_2) \times H, \quad (8.49)$$

где  $C_1$  — планируемое содержание фосфора и калия в почве, мг/кг;

$C_2$  — фактическое содержание фосфора и калия в почве, мг/кг;

$H$  — норма питательных веществ, необходимых для увеличения их содержания на 10 мг/кг почвы.

*Дозу удобрений на прибавку урожая* определяют исходя из выноса питательных веществ прибавкой урожая и коэффициентов усвоения питательных веществ из удобрений по формуле

$$D_{np} = Y_{np} \times B : K_y, \quad (8.50)$$

где  $D_{np}$  — доза удобрений на прибавку урожая, кг/га д.в.;

$U_{np}$  — прибавка урожайности, ц/га;

$K_y$  — коэффициент усвоения элементов питания из удобрений;

$B$  — вынос питательных веществ на 1ц основной продукции с учетом побочной, кг.

Подробнее приведем наиболее простой и перспективный балансовый метод расчета доз удобрений на планируемую урожайность, основанный на применении дифференцированных по плодородию почв балансовых коэффициентов использования удобрений. Расчеты выполняются по следующей формуле

$$D = \frac{B_y - O \cdot K_1}{K_2}, \quad (8.51)$$

где  $D$  — доза N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> или K<sub>2</sub>O, кг/га;

$B_y$  — хозяйственный вынос соответствующего элемента с планируемым урожаем, кг/га д.в.;

$O$  — количество соответствующего элемента в органическом удобрении, кг/га д.в.;

$K_1$  — балансовый коэффициент использования соответствующего элемента органического удобрения культурой и (или) ее предшественником, дифференцированный в зависимости от класса (группы) почвы и года действия, в долях единицы (табл. 8.79.);

$K_2$  — балансовый коэффициент использования соответствующих минеральных удобрений, дифференцированный по классу обеспеченности почвы в сумме за ротацию, так как при распределении его действия по годам в сумме за ротацию получают практически те же результаты в долях от единицы (табл. 8.80).

### 8.79. Балансовые коэффициенты использования элементов органических удобрений на разных (по плодородию) почвах

Класс обеспеченности почвы	Использование элементов по годам, %				
	первый	второй	третий	четвертый	всего
<i>Азот (N)</i>					
Первый	30-40	25-15	5-15	—	60-70
Второй	30-40	30-20	10-20	—	70-80
Третий	35-45	30-20	10-20	5	80-90
Четвертый	35-45	30-20	10-20	5-10	90-100
Пятый	35-45	40-30	15-25	10-15	100-115
Шестой	35-45	40-30	20-30	15-20	110-125
<i>Фосфора P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></i>					
<i>Калия K<sub>2</sub>O</i>					
Первый	35-45	30-25	5-10	—	70-80
	60-70	10-16	10-5	—	80-90
Второй	35-45	35-25	5-15	—	75-85
	65-75	10-15	10-5	—	85-95
Третий	40-50	35-25	5-15	—	80-90
	70-75	10-20	10-5	—	90-110
Четвертый	40-50	35-25	10-15	5-10	90-100
	70-75	25-15	10-15	5-10	105-115
Пятый	45-55	35-25	10-15	10-15	100-110
	75-80	30-20	10-15	5-15	120-130
Шестой	50-60	40-30	15-20	10-15	115-125
	80-85	35-25	15-20	10-20	140-150

### 8.80. Балансовые коэффициенты использования элементов минеральных удобрений на разных по плодородию почвах

Класс обеспеченности почвы	Использование элементов по годам, %							
	первый	второй-четвертый	всего	первый	второй	третий	четвертый	всего
	N			P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> K <sub>2</sub> O				
Первый	70-75	5-10	75-85	30-40	30-25	5-10	-	65-75
				60-70	10-15	10-5		80-90
Второй	70-75	5-10	75-85	35-45	30-25	5-10	-	70-80
				65-75	10-15	10-5		85-95
Третий	75-80	5-10	80-90	35-45	30-25	10-15	-	75-85
				70-75	10-20	10-5		90-100
Четвертый	75-80	10-15	85-95	40-50	30-25	10-15	5	85-95
				70-75	25-15	5-10	0-10	100-110
Пятый	85-90	10-15	95-105	45-55	35-25	10-15	5-10	95-105
				75-80	30-20	10-15	5-10	120-130
Шестой	90-95	10-15	100-110	50-60	40-30	20-15	10-5	110-120
				80-85	35-25	15-20	10-15	140-150

Использование этого метода позволяет сбалансированно и полностью обеспечить культуры необходимым количеством питательных элементов для получения запланированных уровней урожайности и одновременно оптимизировать по отношению к возделываемым культурам обеспеченность почвы подвижными формами питательных элементов без дополнительных расчетов ожидаемого баланса этих элементов.

Все другие балансово-расчетные методы и модификации определения оптимальных доз удобрений для получения планируемых уровней урожая культур в любых почвенно-климатических условиях также могут быть использованы, но с обязательной последующей проверкой системы удобрений по ожидаемому балансу питательных элементов, так как без такой проверки неизвестно, что может произойти с обеспеченностью почв питательными элементами, а следовательно, с экологической ситуацией в целом на этой территории.

Применение балансовых коэффициентов позволяет определять оптимальные дозы и соотношения удобрений под отдельными культурами в севооборотах и любых чередованиях их с одновременным контролем и управлением изменений обеспеченности почв питательными элементами в желаемом направлении. Отпадает необходимость дополнительных расчетов балансов элементов (в полях, севооборотах, хозяйстве и т.д.), так как желаемый баланс закладывается в балансовых коэффициентах.

Обобщение данных многолетних полевых опытов исследований, проводимых с 1965 г. на кафедре агрохимии МСХА, других научных учреждений, и достижений производства позволяет рекомендовать дифференцированные в зависимости от окультуренности почв балансовые коэффициенты использования минеральных и органических удобрений для Нечерноземной зоны.

Для органических удобрений коэффициенты следует подбирать обязательно с учетом года их действия, так как ежегодно эти удобрения применяются далеко не под все культуры севооборота.

В нормативных методах более детально дозу азота в расчете на планируемую урожайность можно вычислить по формуле

$$N_y = \frac{Y \cdot H}{K_N - (N_n + N_T)}, \quad (8.52)$$

где  $N_y$  — доза азота, кг/га;

$Y$  — планируемая урожайность, ц/га;

$H$  — норматив расхода азота на 1 ц зерна с учетом содержания его в побочной продукции и корнях, кг;

$N_n$  — содержание минерального азота в слое почвы 0-100 см до посева, кг/га;

$N_T$  — поступление азота в период вегетации растений, кг/га;

$K_N$  — разностный коэффициент использования растениями минерального азота.

Нормативы  $H$  и  $N_T$  устанавливаются на основе экспериментальных исследований зональных НИИ. В табл. 8.81, 8.82 они показаны для яровой пшеницы на примере Новосибирской области.

### 8.81. Нормативы расхода ( $H$ ) и использования ( $K_N$ ) азота растениями

Зона	Урожайность, ц/га	Норматив	
		$H$	$K_N$
Северная лесостепь	30	4,0	0,7
Южная лесостепь	20-30	4,3	0,6
Степь	20	4,5	0,5

### 8.82. Средние оценки текущей минерализации азота в зависимости от предшественников в слое 0-100 см, кг/га

Предшественник	Черноземы выщелоченные, южные тяжело- и среднесуглинистые	Черноземы южные легкосуглинистые	Черноземы обыкновенные, лугово-черноземные почвы
1	2	3	4
Пар	80	70	100
Первая пшеница по пару	50	40	70
Вторая пшеница по пару	40	30	60
Кукуруза	60	50	75
Зернобобовые	80	60	100
Зерновые по зерновым	20	20	40

Дозу фосфорных удобрений рассчитывают по формуле

$$D = Y \cdot H_p, \quad (8.53)$$

где  $D$  — доза  $P_2O_5$  в расчете на планируемую урожайность, ц/га;

$Y$  — урожайность, ц/га;

$H_p$  — норматив расхода  $P_2O_5$  на 1 ц.

Нормативы  $H_p$  устанавливаются экспериментально. В табл. 8.83 они показаны для яровой пшеницы на примере Новосибирской области [84].

### 8.83. Норматив расхода $P_2O_5$ кг на 1 ц зерна при интенсивном возделывании яровой пшеницы

Содержание $P_2O_5$ на картограммах мг/100 г почвы			
<10	10-15	15-20	20
<i>Лесостепь низменности</i>			
3,0	2,7	2,3	1,3
<i>Северная лесостепь Присалаирья</i>			
3,2	2,7	2,4	1,5
<i>Северная лесостепь Приобья</i>			
2,6	2,4	2,0	1,4
<i>Южная лесостепь</i>			
2,4	2,2	1,7	1,2
<i>Степь</i>			
2,3	2,1	1,9	1,3

### 8.9.6. Внесение удобрений

Удобрения следует вносить так, чтобы они были доступны для растений в течение вегетационного периода, находились в зоне развития корневой системы, способствовали ее росту и минимально фиксировались почвой. Очень важно приблизить сроки внесения удобрений к периоду интенсивного потребления элементов питания растениями с учетом их биологии и сортовых особенностей, а также вносить общую дозу удобрения в несколько приемов. Различают основное (допосевное), припосевное (рядковое, гнездовое) и послепосевное (подкормка) внесение удобрений.

*Основное удобрение* предназначено обеспечивать растения элементами питания на весь период его развития. Его вносят вразброс или локально. Разбросной способ должен обеспечивать равномерное распределение удобрений по площади поля. При локальном способе удобрения размещают очагами в зоне развития корневой системы с целью повышения коэффициента использования питательных веществ. Этот способ внесения удобрений является более прогрессивным и экономным. Оптимальный интервал между лентами при локальном внесении удобрений для зерновых составляет 12-17 см, пропашных — 20-30 см при глубине размещения лент 12-15 см.

В основное удобрение вносят навоз, известковые материалы, фосфорные и калийные удобрения, а также часть азотных в аммиачной форме. Под озимые культуры в основное удобрение вносят не более 50% от общей дозы азо-

та. Избыточное азотное питание с осени приводит к уменьшению содержания сахаров в растениях и снижению их зимостойкости.

*Припосевное (рядковое) удобрение* вносят одновременно с посевом или посадкой полевых культур непосредственно в рядки или заделывают лентами на некотором удалении от них. Припосевное удобрение позволяет растениям за короткий срок сформировать хорошо развитую корневую систему. Значение припосевного ленточного удобрения возрастает с появлением отечественных и зарубежных комбинированных сеялок, которые позволяют размещать туки ниже и сбоку от рядков семян. Удобрения с семенами не контактируют, они разделены прослойкой почвы.

Всходы растений нуждаются в фосфоре больше, чем в азоте и калии, поэтому в составе рядкового удобрения преобладает фосфор. Удобрения, используемые при посеве, должны хорошо растворяться и легко усваиваться молодыми растениями. Дозы припосевного фосфорного удобрения составляют: под зерновые и зернобобовые — 10-15 кг/га д.в., сахарную и кормовую свеклу — 15-20, кукурузу и подсолнечник — 7-10, картофель — 20-25 кг/га д.в. Под зерновые культуры вносят гранулированный суперфосфат или аммофос, под сахарную свеклу и картофель — полное минеральное удобрение (нитрофоска, аммофоска, нитроаммофоска, великан, диаммофоска, калийфос, весна и др.).

*Послепосевное удобрение* (подкормки) применяют для направленного формирования элементов продуктивности и повышения качества продукции. На посевах яровых злаков подкормки азотом проводят в фазы кущения и колошения, а озимых — первую по тало-мерзлой почве, вторую — в начале трубкования, третью — в начале колошения и цветения (некорневая). На посевах пропашных культур подкормку совмещают с культивациями междурядий.

Фосфорно-калийные подкормки часто малоэффективны и ими нельзя заменить основное удобрение, они целесообразны только на бедных почвах при отсутствии или недостаточном внесении основного удобрения, когда симптомы голодания растений обнаруживаются по внешним признакам.

*Удобрение впрок* — внесение повышенных доз фосфора и калия за один прием в расчете на два-четыре года. Впрок вносят удобрения под многолетние травы, сенокосы и пастбища. Целесообразность запасного внесения фосфора и калия под многолетние травы увеличивается в связи с тем, что поверхностное внесение фосфорных и калийных удобрений в сухие годы неэффективно.

Срок и глубина внесения удобрений имеют большое значение. Вымывание нитратов в основном происходит в ранневесенний и позднейсенний периоды, когда на поле нет растений. Потери азота из внесенных осенью нитратных удобрений достигают 10-40% и более. Чем короче срок внесения азотных удобрений до появления всходов растений, тем меньше потери азота. В результате процесса иммобилизации около 10-12% азота нитратных и 30-40% аммонийных и амидных удобрений закрепляется в почве в органической форме. Интенсивность иммобилизации возрастает при внесении в поч-

ву органического вещества, бедного азотом, но богатого клетчаткой (стерня и солома злаков, соломистый навоз и др.).

При мелкой заделке аммонийных и амидных удобрений возможны потери аммиака, которые возрастают с увеличением рН почвы и норм удобрений. На легких почвах потери аммиака исключаются при заделке аммиачной воды на глубину 12-15 см и безводного аммиака — на 16-20 см, на суглинистых почвах — соответственно на 10-12 и 15-16 см. На суглинистых и глинистых почвах аммиачную воду и безводный аммиак можно вносить осенью в качестве основного удобрения, а на супесчаных и песчаных почвах — только весной перед посевом. При необходимости внесения больших доз азота важно сочетать минеральные и органические удобрения, что позволяет значительно уменьшить дозу минерального удобрения, способствует лучшему и более эффективному его использованию. Эффективность азотных удобрений можно повысить, применяя медленнодействующие и капсулированные удобрения с контролируемой скоростью высвобождения азота, а также используя ингибиторы нитрификации (пикохлор и джакос), которые повышают эффективность азотных удобрений на 10-20%. Продолжительность действия ингибиторов — полтора-два месяца.

Фосфорные и калийные удобрения существенно повышают урожайность культур при малом и среднем содержании в почве подвижных форм фосфора и калия. Однако припосевное фосфорное удобрение эффективно и на почвах с высоким содержанием подвижного фосфора. Фосфаты, растворимые в воде, можно применять на всех почвах под все культуры севооборота, но они более эффективны при внесении в рядки, лунки, борозды перед посевом культуры, а труднорастворимые фосфаты — на кислых почвах при внесении под основную обработку почвы. Труднорастворимые удобрения надо смешивать с большим объемом почвы, а легкорастворимые — должны иметь меньший контакт с почвенными агрегатами в целях меньшего поглощения и закрепления почвой фосфорной кислоты удобрения. Калия больше в вегетативных органах растений, при оставлении нетоварной продукции в поле значительная часть калия возвращается в почву. На суглинистых и глинистых почвах всю норму калийных удобрений вносят осенью под основную обработку почвы.

Повышение эффективности удобрений неразрывно связано с ростом уровня культуры земледелия, особенно — со снижением засоренности посевов и увеличением запасов влаги в почве. На склонах применение удобрений необходимо сочетать с почвозащитной противоэрозионной обработкой почвы, что уменьшает сток воды и смыв почвы. Потери удобрений могут быть значительно снижены при выращивании промежуточных и пожнивных культур, особенно когда основная культура слабо использовала внесенные под нее элементы питания.

### 8.9.7. Применение микроудобрений

Эффективность применения микроудобрений зависит от типа почвы, наличия подвижных форм микроэлементов в ней и видовых особенностей растений (табл. 8.84).

Микроудобрения (борная кислота, молибдат аммония, сульфат меди, сульфат цинка, сульфат кобальта и др.) применяют при предпосевной обработке семян и некорневой подкормке растений. Существуют комплексные формы микроудобрений, содержащие несколько микроэлементов в более доступной для растений хелатной форме (акварин, кристалон и др.). Микроудобрение тенсо-коктейль предназначено для обработки семян.

Наиболее перспективна обработка семян микроэлементами при их инкрустации и дражировании. Раствор для обработки семян должен содержать два-три микроэлемента, наиболее дефицитных для возделываемой культуры.

#### 8.84. Культуры и почвы, для которых эффективно применение микроудобрений

Микроэлемент	Культура	Почва
Бор	Сахарная свекла, лен, бобовые, семенники трав, корнеплоды	Серая лесная, выщелоченный чернозем
Молибден	Однолетние и многолетние бобовые	Серая лесная, выщелоченный и оподзоленный чернозем
Марганец	Зерновые, сахарная свекла	Чернозем выщелоченный и оподзоленный
Цинк	Кукуруза, люцерна, зерновые	Карбонатный чернозем
Кобальт	Зернобобовые, многолетние и однолетние травы	Серая лесная, выщелоченный чернозем

Некорневая подкормка дает возможность воздействовать на растение в те периоды, когда наиболее остро ощущается потребность в том или ином элементе. Некорневые подкормки микроэлементами обычно совмещают с азотными подкормками, обработкой гербицидами, фунгицидами или инсектицидами.

Рекомендуемые дозы микроудобрений следует дифференцировать в зависимости от сроков их внесения.

### 8.9.8. Регулирование минерального питания растений в процессе вегетации

В ходе активной вегетации особое внимание уделяется оптимизации азотного режима агроценозов. Для контроля за обеспеченностью растений азотом используют методы почвенной, а также тканевой и листовой диагностики, по результатам которых судят о целесообразности некорневых подкормок.

Многие показатели почвенной диагностики питания растений отражены в агрохимических паспортах (картограммах) полей и участков — обеспечен-



ность подвижными формами фосфора, калия, микроэлементов, реакция, степень насыщенности основаниями, содержание гумуса — и учитываются разработчиками систем удобрения при коррекции доз соответствующих удобрений и мелиорантов в годовых планах их применения по рекомендациям зональных научно-исследовательских учреждений (табл. 8.85). Наибольшие трудности обычно возникают при коррекции доз азотных удобрений при допосевном их внесении. Для этого необходимы оперативные результаты обеспеченности почвы полей и участков минеральными и легкогидролизуемыми формами азота, количество которых сильно варьирует в различных условиях. За один-два дня до внесения азотных удобрений необходимо определить запасы усвояемых форм его в почве. Существуют разные методы таких определений (аммиачных, нитратных или легкогидролизуемых форм его или суммы первых двух) в слоях почвы (0-20, 0-40 см и т. д. вплоть до 1 м) с последующим пересчетом с учетом коэффициентов использования соответствующей культурой и вычитанием полученного количества из установленной дозы. Зональные институты располагают адекватными методиками, которые позволяют более эффективно использовать имеющиеся ресурсы. Существует простой метод [44], основанный на определении суммы аммиачного и нитратного азота в пахотном слое почвы, перевода его в кг/га и вычитании полученной величины из установленной дозы.

### 8.85. Дозы и способы внесения микроудобрений под основные культуры (обобщение Ш.И. Литвака, 1990 г.)

Культура	Элемент	Внесение в почву, кг/га д. в.		Обработка семян, г/т д.в.	Некорневая подкормка, г/га д.в.
		до посева	при посеве		
1	2	3	4	5	6
Зерновые колосовые	B	—	0,2	30-40	20-30
	Cu	0,5-1	0,2	170-180	20-30
	Mn	1,5-3	0,5	80-100	15-25
	Zn	1,2-3	—	100-150	20-25
	Mo	0,6	0,2	50-60	100-150
Свекла, все виды	B	0,5-0,8	0,15	120-160	25-35
	Cu	0,8-1,5	0,3	80-120	70
	Mn	2-5	0,5	90-100	20-25
	Zn	1,2-3	0,5	140-150	55-65
	Mo	0,5	0,15	100-150	100-200
Зернобобовые	B	0,3-0,5	—	20-40	15-20
	Cu	—	—	120-160	20-25
	Mn	1,5-3	—	100-120	—
	Zn	2,5	0,5	80-100	17-22
	Mo	0,3-0,5	0,06	150-160	25-30
Овощные и картофель	B	0,4-0,8	—	100-150	—
	Cu	0,8-1,5	—	—	20-25
	Mn	2-5	—	100-150	—
	Zn	0,7-1,2	—	—	—
	Mo	—	—	80-100	30-150

Продолжение табл. 8. 85

1	2	3	4	5	6
Лен	B	0,3-0,5	0,1	50-60	5-10
	Cu	1-6	—	100-120	—
	Mn	3	—	80-100	30
	Zn	3,5	—	—	—
	Mo	3	—	150-160	150-250
Бобовые травы	B	0,5-0,6	—	20-40	25-35
	Cu	3	1,5	150-160	20-35
	Mn	1,5-3	—	50-70	—
	Zn	1,3	—	100-120	55-65
	Mo	0,2-0,3	—	100-120	150-250
Злаковые травы	B	0,5-0,6	—	—	25-35
	Cu	0,8-1,5	—	—	25-35
	Zn	0,7-1,2	—	100-120	55-65
	Mo	0,2-0,3	—	150-200	150-250

Цель тканевой диагностики — выявление необходимости ранней азотной подкормки. Для этого определяют содержание нитратного азота в свежих растениях в период кущения — выхода в трубку. При анализе используют экспресс-лабораторию ОАП-1 или индикаторную бумагу. Специалисты хозяйств или технические работники, прошедшие специальное обучение, отбирают по диагонали поля 20 типичных растений. Азотные подкормки проводят при показаниях прибора ОАП-1 от 1 до 4 баллов или при бледно-розовой окраске индикаторной бумаги. При 4,1-5,5 балла применение поздней азотной некорневой подкормки улучшает качество зерна. В этом случае в период колошения — цветения необходима листовая диагностика. Для этого со 100-150 растений отбирают два верхних листа. Пробы листьев доставляют в ближайшую агрохимическую лабораторию в течение 4-6 ч, где делают анализы по методикам, утвержденным ГОСТ. Если образцы нельзя быстро доставить в лабораторию, их выдерживают при температуре 105°C в течение 20 мин, затем подсушивают при 40-60°C до ломкости и в сухом виде сдают на анализ.

Необходимость подкормки для улучшения качества зерна определяют по количеству общего азота в листьях пшеницы в фазах колошения — цветения.

Количество общего азота в листьях, %:  
до 2,5

2,5-3,5

более 3,5

Целесообразность подкормок

Подкормка нецелесообразна, высококачественного зерна не получить

Подкормка необходима

Можно получить высококачественное зерно без подкормки

Существуют и другие методы и модификации коррекции доз азотных подкормок по результатам листовой или тканевой обеспеченности растений. В частности, при ее проведении учитывается [27], что в растениях озимой пшеницы и её органах в течение вегетации в зависимости от условий пита-

ния, этапа органогенеза, интенсивности нарастания биомассы и складывающихся условий погоды изменяется не только содержание, но и соотношение элементов питания. Поскольку это имеет существенное значение для физиолого-биохимических процессов потребления, накопления и перераспределения по органам элементов питания, при определении нуждаемости в них растений целесообразно учитывать как «критические уровни» содержания азота и фосфора, так и их соотношение.

Содержание азота на четвертом этапе органогенеза в среднем для интенсивных сортов на уровне 4,82%, фосфора 0,96% и соотношении  $N:P_2O_5 = 5$  можно считать оптимальным (табл. 8.86). Таким посевам подкормка не требуется. При содержании азота на уровне оптимального, но сдвиге соотношения в сторону недостатка фосфора ( $N:P_2O_5 > 5$ ), посевам требуется подкормка фосфорными удобрениями. В случае недостатка азота на фоне оптимального содержания фосфора (соотношение  $< 5$ ) эффективной будет, прежде всего, азотная подкормка. Содержание обоих элементов ниже критического указывает на необходимость азотно-фосфорной подкормки жидкими комплексными удобрениями.

#### 8.86. Оптимальное содержание и соотношение азота и фосфора в листьях озимой пшеницы на четвертом этапе органогенеза [27]

Показатели	Содержание азота и фосфора на абсолютно сухое вещество, %	
	интервал	в среднем
N	4,55-5,20	4,82
$P_2O_5$	0,83-1,10	0,96
$N:P_2O_5$	5,4-4,7	5

Ставропольский НИИСХ рекомендует [27] принимать решение о целесообразности подкормок и дозах, исходя из данных, приведенных в табл. 8.87.

#### 8.87. Эффективность азотных подкормок по данным листовой диагностики [27]

Содержание азота на абсолютно сухую массу, %	Нуждаемость в подкормках	Вероятность получения сильного зерна	Доза азотной подкормки, кг/га д.в.
Менее 3,5	Очень сильная	Очень низкая	Не проводится
3,5-3,7	Сильная	Имеется на фоне оптимума по фосфору	$N_{30}$ в фазе колошения + $N_{30}$ при наливе зерна
3,8-4	Средняя	Будет получено при оптимуме фосфора Возможно без подкормки при оптимуме фосфора	$N_{30}$ в период колошения - налива зерна
Более 4	Слабая	Слабая	Не проводится

Кормовая подкормка производится аммиачной селитрой весной в фазе кущения. Время проведения некорневой подкормки — с конца цветения до молочной спелости зерна.

Важную роль при проведении поздних подкормок играют выбор препарата и технология его внесения. Поскольку листовой аппарат пшеницы в период формирования и налива зерна весьма уязвим, а работы по проведению подкормок осуществляются при высоких температурах воздуха, необходимо проявлять особую осторожность, чтобы его не повредить.

Рабочий раствор для некорневой подкормки готовят из расчета 65 кг мочевины на 150 л воды, получая 200 л раствора (на 1 га). Выгодно в раствор удобрений добавить кристалон (1 кг/га). Для авиационных подкормок применяют плав по 100 л/га. Подкормки проводят рано утром и вечером.

Перед проведением подкормок в засушливых регионах необходимо учитывать условия влагообеспеченности. Запасы продуктивной влаги в почве должны быть не менее 100 мм в метровом слое для черноземов и 80 мм — для каштановых почв. При более низких запасах влаги эффективность некорневых азотных подкормок резко снижается. В этот период также важно оценивать общее состояние посевов, наличие болезней и температурный режим. При быстром нарастании температуры весной эффективность подкормок также невелика. Зато в условиях достаточной влагообеспеченности, холодной и дождливой весны проведение азотных подкормок благоприятно сказывается на продуктивности посевов озимой пшеницы.

Внекорневые подкормки эффективны не только для зерновых культур. Фосфорно-калийные некорневые подкормки растений сахарной свеклы и картофеля, проведенные за месяц до уборки урожая, усиливают отток питательных веществ из листьев в корни и клубни. На посевах пропашных культур подкормку аммиачной селитрой или аммофосом проводят во время второй междурядной обработки. Культуры сплошного посева подкармливают туковыми сеялками, пропашные культуры — культиваторами-растениепитателями. Хорошие результаты дает подкормка пропашных культур жидкими комплексными удобрениями из расчета 1-1,5 ц/га.

### **8.9.9. Формирование оптимальной плотности продуктивного стеблестоя**

Основная задача формирования оптимальной густоты продуктивного стеблестоя — создание условий для улучшения фотосинтеза и полного использования имеющихся ресурсов. Число растений на площади, их высота, кустистость или ветвистость, облиственность и площадь листьев тесно коррелируют с величиной урожая. Однако при их чрезмерном развитии могут быть отрицательные последствия (израстание и полегание растений, развитие болезней, увеличение вегетативной части растений в ущерб генеративной и др.). Оптимальной считается такая плотность посева, при которой происходит наименьшая гибель растений в течение вегетации и формируется максимальная урожайность.

На формирование оптимальной плотности продуктивного стеблестоя влияет вся агротехнология, но наиболее существенно — норма высева, срок, способ и глубина посева, качество семян и равномерность их распределения на площади, а также приемы ухода за посевами (прикатывание, боронование,

междурядная обработка). От правильного их выбора зависят площадь листовой поверхности, продуктивность фотосинтеза, величина и качество урожая.

Норму высева определяют для каждой культуры и сорта с учетом их морфологических особенностей, почвенно-климатических и погодных условий, качества предшественника и обработки почвы, доз удобрений, засоренности поля, способов посева и др. В районах достаточного увлажнения используют большие нормы высева, чем в засушливых. На плохо обработанных и малоплодородных почвах, на полях с повышенной засоренностью и при других неблагоприятных условиях, снижающих полевую всхожесть семян, норму высева увеличивают. Как правило, слабо кустящиеся и плохо ветвящиеся культуры и сорта высевают гуще.

Способ посева определяется биологическими требованиями растений к площади питания, освещению, обеспечению влагой и возможностью проведения механизированного ухода за растениями. Применяют следующие способы посева: безрядковый (разбросной, без междурядий), обычный рядовой, узкорядный, перекрестный, широкорядный, пунктирный, гнездовой, квадратно-гнездовой, ленточный, бороздковый, гребневой, полосный и совмещенный.

Для выбора оптимальных сроков сева важно знать минимальные и оптимальные потребности растений в тепле и влаге, необходимые для прорастания семян и появления всходов. Малотребовательные к теплу культуры раннего сева (пшеница, ячмень, овес, вика, горох, лен, люпин, многолетние травы и др.) прорастают при 3–6°C и переносят весенние похолодания и заморозки до –4–5°C. Теплолюбивые культуры позднего сева (кукуруза, соя, сорго, просо, гречиха, фасоль и др.) высевают при прогревании почвы до 10–15°C, когда минует опасность заморозков. На легких почвах и южных склонах сеют раньше, а на тяжелых почвах и северных склонах — позже.

Глубина посева семян зависит от биологических особенностей (двудольные культуры, выносящие при прорастании семядоли из почвы высевают мельче, чем те, которые их не выносят, эпикотильные злаки высевают глубже, чем безэпикотильные, крупные семена — глубже, чем мелкие), климатических условий (в сухих районах сеют глубже, во влажных — мельче), гранулометрического состава почвы (на глинистых почвах — мельче, а на песчаных — глубже), сроков сева (при запаздывании сеют глубже во влажный слой).

Качественно проведенная предпосевная обработка почвы позволяет сеять семена во влажный слой на меньшую глубину и получить дружные, равномерные всходы. Это, прежде всего, касается безэпикотильных злаков (пшеница, ячмень, рожь, тритикале), мелкосеменных (многолетние травы, амарант и др.) и зернобобовых культур, выносящих семядоли на поверхность (соя, фасоль, люпин). Удлинение базального междоузлия на 1 см, что наблюдается при глубокой заделке семян злаков, снижает урожайность на 3–5%. У озимых культур некоторое заглубление узла кущения при увеличении глубины посева не компенсирует потери от глубокого посева. Новая комплексная почвообрабатывающая техника позволяет должным образом подготовить

почву и провести посев на оптимальную глубину, соответствующую биологии культуры.

Получение ровных и дружных всходов необходимой густоты достигается путем использования для посева отсортированных, т.е. выравненных по величине и массе, протравленных семян первого класса посевного стандарта и соблюдения оптимальной технологии посева, обеспечивающей равномерное размещение семян на влажное плотное ложе и одинаковую глубину. Для достижения более равномерного расположения растений на площади уменьшают междурядья. Это при одинаковой норме высева уменьшает сгущенность растений в рядах, повышает их выживаемость и продуктивность. Перспективен и актуален узкорядный и безрядковый посев зерновых культур полосами по 15-20 см.

Густота продуктивного стеблестоя зерновых культур, особенно озимых, увеличивается при внесении азота в начале кущения (второй этап органогенеза, 21-23 фенофаза по международной классификации). Ранневесеннее внесение азота, улучшая кущение и выживаемость растений злаков, увеличивает густоту продуктивного стеблестоя. Мероприятия по защите растений от вредителей, болезней, сорняков и полегания позволяют сохранить оптимальную густоту и увеличить продуктивность стеблестоя, оказывающую большое влияние на урожайность. Эти процедуры увязываются с почвенно-климатическими условиями, сортом, качеством семян, сроком посева, глубиной заделки семян, равномерностью их распределения по площади. Если к началу вегетации весной плотность стеблестоя недостаточная и/или имеется задержка развития посева (поздний сев, поздние всходы из-за недостатка влаги, вымерзание и т.д.), целесообразно в первую подкормку для стимуляции кущения дать повышенную дозу азота и провести ее как можно раньше (до начала или к началу вегетации). Этой же цели служат вторая азотная подкормка и ранняя (в начале допустимых сроков) обработка ретардантами, которые, обеспечивая устойчивость к полеганию, стимулируют кущение. При обработке посевов ССС замедляется развитие главного стебля, образуется больше боковых побегов, развивающихся почти синхронно с главным и мало уступающих ему по продуктивности. Способствует кущению и весеннее прикапывание посевов озимых культур.

#### ***8.9.10. Управление развитием элементов продуктивности полевых культур***

Управление формированием продуктивности проводится на основании данных, характеризующих рост и развитие растений. При этом большая роль должна отводиться продукционному процессу, под которым понимается система показателей, характеризующих динамику формирования общей фитомассы (в том числе хозяйственного урожая) во времени и в пространстве. Информация о фотосинтетической деятельности и продукционном процессе фитоценозов может использоваться в следующих направлениях:

при разработке отдельных агроприемов и агротехнологий;

при моделировании, программировании и прогнозировании продуктивности посевов (насаждений) различных культур;

при создании высокопродуктивных сортов и гибридов.

В настоящее время предложено большое количество показателей, которые характеризуют особенности фотосинтетической деятельности и продукционного процесса различных сельскохозяйственных культур. Для этой цели применяются различные методы, главные из которых приводятся далее.

1. *Показатели, характеризующие мощность фотосинтетического аппарата.* Основным фотосинтетическим органом растения является лист. Однако в фотосинтезе принимают участие и другие органы (стебель, колос, боб и т.д.). Доля участия каждого и их соотношение могут быть представлены различными показателями, которые выражаются массой, площадью и содержанием хлорофилла. Для характеристики мощности фотосинтетического аппарата могут применяться следующие показатели:

- коэффициент облиственности стебля;
- соотношение массы живых и мертвых листьев;
- площадь листьев и других фотосинтезирующих органов;
- общее содержание хлорофилла (а+в) во всех фотосинтезирующих органах растения;
- фотосинтезирующие потенциалы листьев и целого растения.

2. *Показатели, характеризующие производительность фотосинтетического аппарата* (интенсивность и чистая продуктивность листьев и целого растения).

3. *Показатели, характеризующие среднесуточные приросты надземной и подземной фитомассы, а также динамику ее формирования.* Это наиболее простые показатели, которые очень легко определяются в полевых условиях.

4. *Показатели, характеризующие донорно-акцепторные отношения и реутилизацию пластических веществ:*

- динамика процентного соотношения всех органов растения;
- коэффициент хозяйственной эффективности.

5. *Энергетическая оценка.* Полная энергетическая характеристика природных и культурных фитоценозов может быть дана с помощью следующих показателей:

коэффициент использования ФАР во времени ( $K_n$ ), показывающий ее долю от падающей радиации за потенциально возможный вегетационный период в данной зоне или провинции;

коэффициент использования ее в пространстве ( $K_n$ ), т.е. общепринятый сейчас к.п.д. ФАР;

коэффициент биоэнергетической эффективности ( $K_6$ ), характеризующий отношение обменной энергии хозяйственного урожая к антропогенной, которая была затрачена на его выращивание и уборку.

При управлении продукционным процессом большое внимание должно уделяться формированию посевов с оптимальной плотностью стояния растений (продуктивных стеблей) и обеспечению их высокой индивидуальной продуктивности. Густота стояния растений или продуктивного стеблестоя в посевах прямо зависит от нормы высева и полевой всхожести семян, от кустистости (ветвистости) и сохранности растений до уборки. Однако приме-

нять большие нормы высева не всегда целесообразно. Для получения оптимальной густоты продуктивного стеблестоя необходимо использовать приемы, повышающие полевую всхожесть, кустистость и выживаемость растений в посевах. Полевую всхожесть можно увеличить, используя оптимальные сроки сева, лучшие семена с высокой энергией прорастания в комплексе с правильной, тщательной подготовкой почвы для их посева, создавая плотное, влажное ложе и рыхлый воздухопроницаемый посевной слой почвы оптимальной глубины.

Чрезмерное заглубление семян при посеве (особенно в непрогретую почву) резко уменьшает их полевую всхожесть, а также сильно задерживает появление всходов и ослабляет их. У зерновых злаков, например, глубина посева должна быть не меньше глубины залегания узлов кущения (2,5-3 см) и не больше длины колеоптиля (4-5 см), а у пропашных культур она должна еще увеличиваться на длину эпикотилия (3-5 см). Мелкий посев в сухую и неправильно подготовленную почву тоже может стать причиной низкой полевой всхожести и изреживаемости посевов.

Продуктивная кустистость (ветвистость растений) находится в обратной зависимости от густоты посева. Она значительно увеличивается при оптимизации азотного питания и влагообеспеченности растений. Сильнее других кустятся озимые хлеба, слабее — яровые, особенно кукуруза. Хорошо ветвятся также гречиха, рапс, соя, плохо — горох, кормовые бобы и др. Выживаемость растений (стеблей) сильно зависит от степени засоренности посевов, их полегания, поражения болезнями, повреждения вредителями и т.д. Защита посевов от этих факторов резко увеличивает число выживших растений и предуборочную густоту продуктивного стеблестоя.

Число и масса зерен (семян) на растениях значительно зависят от фаз трубкования (стеблевания) — плодообразования и налива семян. Улучшение пищевого, водного и воздушного режимов, защита растений от сорняков, вредителей и болезней в процессе ухода за посевами позволят увеличить индивидуальную продуктивность каждого растения.

Формирование массы зерен в колосе зависит от фитосанитарного состояния верхних листьев и колоса в период цветение-созревание, поскольку в этих органах образуется основная часть ассимилянтов, поступающих в зерно (40-60% — из флагового листа, 20-30% — из второго сверху, остальное количество из самого колоса). Условия налива зерна можно улучшить посредством обработки посевов ретардантами против полегания, фунгицидами — против болезней листьев и колоса, подкормок азотом и микроэлементами. Все это способствует усилению реутилизации питательных веществ из вегетативных органов на формирование генеративных и запасующих.

Современные технологии приспособлены к динамике агроэкологических условий в пространстве и времени. В связи с этим требуется постоянный мониторинг (агроконтроль) за продукционным процессом посевов, фитосанитарной ситуацией в них, развитием растений, применением подкормок удобрениями в соответствии с результатами растительной диагностики. В отечественной литературе чаще всего используется методика контроля за прохож-



дением 12 этапов органогенеза, разработанная Ф. М. Куперман. В западных странах пользуются более подробными фенологическими шкалами, подразделяя весь цикл развития на десять фаз, каждую из них — на столько же подфаз (микрофаз) по развитости морфологических признаков, что позволяет более детально контролировать процессы формирования элементов продуктивности. Каждый этап (фенофаза, микрофаза) характеризуется присущим ему состоянием конуса нарастания и образованием соответствующих органов (элементов продуктивности). Например, число стеблей на растении у злаков формируется на 2-м этапе органогенеза (20-25 микрофаза), число члеников колосового стержня — на 3-м (29), число колосков в колосе — на 4-м (30), цветков в колосе — на 5-м (31), фертильность цветков — на 7-м (45-49), озерненность колоса — на 9-м (61-69), величина зерновки — на 10-11-м (70-77), качество зерна — на 11-12-м (71-85), масса зерновки — на 11-12-м (83-91), всхожесть и энергия прорастания семян — на 11-12-м (87-92).

Этапы органогенеза (микрофазы) используют в практической деятельности при определении соответствия факторов жизни биологическим особенностям растений, а также для проектирования мероприятий по уходу за посевами (рыхление и мульчирование почвы, борьба с сорняками, вредителями и болезнями, подкормки, поливы и т.д.). Такой мониторинг позволяет управлять формированием элементов продуктивности. Например, азотная подкормка ранней весной увеличивает кустистость и густоту продуктивного стеблестоя озимых культур, в начале трубкования улучшает формирование элементов колоса, а в период колошения-налива повышает качество зерна. В связи с одновременностью образования органов продуктивности низкий показатель предыдущих элементов урожайности можно в определенной степени компенсировать более интенсивным развитием последующих путем оптимизации факторов жизни растений в период их формирования.

### ***8.9.11. Преодоление стрессовых ситуаций***

По мере усиления континентальности климата и изменчивости погоды успешное возделывание сельскохозяйственных культур связано с преодолением неблагоприятных условий и стрессовых ситуаций. Стрессы вызывают гидротермические (жара, заморозки, переувлажнение, засуха, суховеи), химические (кислотность, засоленность, резкий избыток или недостаток элементов питания, пестициды и др.), биологические (сильная засоренность, пораженность болезнями и вредителями) и организационно-технологические (неправильное и несвоевременное выполнение агроприемов) причины, нарушающие оптимальный приток факторов жизни и метаболизм растений. Помочь растениям преодолеть стрессовые ситуации или ослабить их отрицательное воздействие можно маневрированием агротехническими приемами (адаптационными, предупредительными, мелиоративными и др.).

В преодолении стрессовых ситуаций особую роль играет выбор адаптивных культур и сортов. В противном случае усиливаются риски земледелия и становится нецелесообразным применение интенсивных технологий.

Более других подвержены стрессам (вымерзание, вымокание, выпревание, ледяная корка и др.) озимые культуры. Агротехника должна быть направлена на углубление узла кущения, обеспечение хорошего закаливания растений, накопление снега на посевах для защиты их от зимних невзгод. Это достигается применением комплекса агроприемов (сорт, предшественник, удобрение, срок и способ обработки почвы и посева, обработка семян и посевов фунгицидами и ретардантами, создание кулис, полезащитное лесоразведение и др.). Применяют специальные меры борьбы против вымерзания (обработка семян ретардантами и снегозадержание с помощью растительных кулис и др.), ледяной корки (довсходовое щелевание, снегозадержание, мульчирование угольной пылью и т.п), вымокания (выравнивание поверхности поля, довсходовое щелевание, отвод талых вод), выпревания и снежной плесени (обработка переросших посевов фундазолом и ретардантом в осенний период, регулирование снеготаяния весной путем опыливания угольной пылью, фосфоритной мукой, золой, ранневесенняя подкормка поврежденных посевов азотом и обработка их фундазолом), пассивного выпирания (отказ от поздней летней вспашки, замена ее поверхностной обработкой на 6-8 см и тщательное прикатывание глубоко разрыхленной почвы). Повысить холодостойкость яровых культур можно закаливанием прорастающих семян, внесением калийных удобрений, повышением влажности воздуха и интенсивности освещения.

В районах действия засух и суховеев необходимо применять систему влагосберегающих, лесотехнических, гидромелиоративных и организационных мероприятий. Влагосберегающие технологические приемы направлены на накопление влаги в почве и снега на полях, сбережение влаги путем уменьшения поверхностного и внутрипочвенного стока и ее испарения, а также на экономное расходование влаги путем подбора культур, сортов и приемов уменьшения коэффициента водопотребления. Например, растения, полученные из наклюнувшихся и обсушенных семян проса, гречихи, более устойчивы к водному стрессу. Засухоустойчивость растений увеличивается при внесении в почву фосфора, калия, цинка и меди, уменьшается — при избытке азота. При переувлажнении корнеобитаемого слоя почвы и уменьшении ее воздухопроницаемости проводят осушение и агротехнические приемы, направленные на оптимизацию водного и воздушного режимов (гребневой посев или посадка, глубокое рыхление почвы, внесение органических удобрений и др.).

Полегание растений также является стрессом для них. Сильнее подвержены полеганию загущенные посевы длинно- и тонкостебельных культур и сортов, особенно при избытке влаги и азотного питания, а также при повреждении стеблей болезнями (септориоз на пшенице, фомопсис на подсолнечнике и др.) и вредителями (гессенская муха, хлебный пилильщик и др.).

Болезни, вредители и сорняки могут уменьшить урожайность на 30-50 % и более. Агротехнология каждой культуры, особенно интенсивная, должна уберечь растения от сильного развития стрессфакторов путем интегрированной защиты посевов с помощью агротехнических (севооборот, сорт, пра-

вильная обработка почвы, удобрение и др.) приемов, биологических (трихограмма, битоксиациллин, лепидоцид и др.) и химических (фунгициды, инсектициды, гербициды) препаратов.

Немало стрессовых ситуаций для культурных растений может создать неумелое, шаблонное применение агроприемов. Например, глубокая иссушающая предпосевная культивация почвы нередко приводит к чрезмерно глубокому посеву, изреживанию, ослаблению, а иногда и гибели всходов. Шаблонное применение весеннего боронования слабых, не раскутившихся с осени озимых часто затрудняет появление вторичных корней, оголяет узлы кущения и изреживает посевы. Неправильный выбор фазы развития культуры, времени суток, направления движения и скорости агрегата при бороновании свеклы, сои и других культур может существенно изредить посевы.

Неправильное применение гербицидов (передозировка на стыках между проходами, применение их в засуху, жару, после боронования или при поражении растений вредителями, раньше или позже рекомендованных сроков и т.д.) может вызвать ожоги и стресс у растений и снизить их урожайность.

Некорневые подкормки растений, например, раствором мочевины иногда вызывают ожоги при нарушении технологии опрыскивания (жаркая погода, двойные проходы по одному месту) или состава рабочего раствора (концентрация, реакция среды и др.).

Чтобы избежать стрессовых ситуаций необходимы строжайшая технологическая дисциплина и высокий профессионализм при проведении всех агроприемов, особенно при использовании гербицидов, баковых смесей пестицидов с удобрениями и т.п.

### ***8.9.12. Регулирование микробиологических процессов в агроценозах***

Из многих факторов, определяющих продуктивность сложной системы почва-растение-микроорганизмы, последние играют очень важную роль.

Микроорганизмы оказывают существенное действие на формирование и генезис почвы, в большой степени определяют уровень плодородия почвы.

Хотя первые данные о пользе микроорганизмов для повышения почвенного плодородия известны уже сотни лет, основной взгляд на взаимоотношение растений и микробов сводился к установлению между ними трофических связей, что в значительной мере верно и сейчас, но исследования последних лет показали, что эти связи гораздо сложнее, многообразнее и во многом определяют нормальное развитие и функционирование растений. С использованием современных молекулярно-биологических методов удалось показать, что растения обладают комплектом генов, определяющих успех растительно-микробного взаимодействия. Эти гены просто «молчат» при отсутствии микроорганизмов.

Со своей стороны микроорганизмы также содержат генетические факторы, которые функционируют только во взаимодействии с растениями. Другими словами, сосуществование микроорганизмов и растений — это результат установления общей генетической системы, которая является новой общностью организмов. Такое сосуществование не является случайным — в

ходе эволюции растения приобрели возможность оптимизации своей жизнедеятельности за счет использования потенциала микроорганизмов. Образно говоря, «растения решили доверить ряд своих функций микроорганизмам, при этом они выиграли, так как не несут все необходимые им гены, а только те, которые позволяют запускать и регулировать растительно-микробное взаимодействие».

Параллельно были накоплены знания о том, что с помощью микроорганизмов растение обеспечивает свои потребности в элементах питания (азот, фосфор и др.), гормонах, физиологически активных веществах. Микроорганизмы способны защитить растение от наиболее опасных почвенных инфекций, для борьбы с которыми пока нет эффективных средств. Список полезного воздействия микроорганизмов на растения далеко не исчерпывается только этим, но и упомянутого достаточно, чтобы заключить, что активизация фитобактериального взаимодействия является мощнейшим фактором повышения продуктивности агрофитоценоза, которое в настоящий момент используется крайне неудовлетворительно.

Показано, что полезное действие микрофлоры не приурочено только к определенной группе растений, но является всеобщим явлением.

Эти данные позволили наметить реальные пути повышения эффективности растениеводства за счет оптимизации и всестороннего использования природных возможностей агрофитоценоза. Многие годы односторонней интенсификации производства не прошли бесследно, и сейчас в почвах нередко отмечается исчезновение полезных групп микроорганизмов и в то же время повышение численности и разнообразия вредных видов, что вызывает снижение почвенного плодородия. К сожалению, современные сорта часто генетически не способны к продуктивному взаимодействию, так как в процессе селекции потеряли способность конкурировать за почвенную микрофлору и расселять ее на своих корнях.

Микробиологические препараты могут способствовать уменьшению доз минеральных удобрений, повышать коэффициент их использования. Более того, оптимальное использование химических средств наиболее эффективно лишь при их рациональном сочетании со всем комплексом биологических препаратов и технологий. Речь идет, прежде всего, о микробиологических почвоудобрительных препаратах, биопестицидах, пробиотиках. Целая гамма препаратов разработана учеными нашей страны, они хорошо зарекомендовали себя в России, а также за рубежом, что позволяет предлагать элементы комплексной «микробиологизации» сельскохозяйственного производства.

#### **Биопрепараты на основе ризосферных микроорганизмов комплексного действия**

*Ризоторфин* предназначен для обработки семян бобовых культур. Действующее начало – клубеньковые бактерии (рода *Rhizobium*), образующие на корнях растений клубеньки и индуцирующие процесс фиксации молекулярного азота из воздуха. Агрономическая эффективность ризоторфина для бобовых культур составляет в среднем 10-30%, дополнительный сбор белка – 2-5 ц/га. При интродукции новых бобовых культур (козлятник, люцерна,

люпин) эффективность бактеризации может составлять 50-100%, а сбор протеина повышается в 2-3 раза.

Для каждого вида бобовых культур производится определенный вид препарата (с использованием специфичных именно для этой культуры микроорганизмов). Окупаемость применения ризоторфина варьирует от 4 до 150 единиц на единицу затрат. Следует учитывать также благоприятное влияние бактеризации растений на почвенное плодородие и экологическую обстановку (так как вовлекаемый в агроэкосистемы биологически фиксированный азот является в известной мере альтернативой минеральным азотным удобрениям).

### Биопрепараты группы «Экстрасол»

Эта группа биопрепаратов на основе ассоциативных микроорганизмов комплексного действия создана недавно, но уже хорошо зарекомендовала себя в России и за рубежом на широком спектре культур.

Микроорганизмы, являющиеся основой этих биопрепаратов, тесно взаимодействуют с растениями (образуя «ассоциативный симбиоз») и способны выполнять ряд функций, полезных для растений:

усилить фиксацию атмосферного азота на корнях растения, заменяя при этом 30-50 кг/га минеральных азотных удобрений;

стимулировать рост и развитие растений за счет продуцирования физиологически активных веществ (ускоряя созревание продукции на 10-15 дней);

подавлять развитие фитопатогенных микроорганизмов, обеспечивая снижение поражаемости растений болезнями в 1,5-10 раз и улучшая при этом фитосанитарную обстановку в почве;

усилить устойчивость растений к неблагоприятным условиям (засуха, заморозки, пониженные или повышенные температуры, повышенное содержание солей, неблагоприятная реакция почвенного раствора);

повышать коэффициенты использования минеральных удобрений и питательных веществ из почвы;

регулировать накопление в растениях тяжелых металлов, радионуклидов, нитратов и других вредных соединений.

Перечисляемые далее биопрепараты имеют сходные функции и часто обладают широким спектром действия, что объясняется близкими по происхождению источниками их выделения (ризосфера, гистосфера или ризоплана растений) и их селекцией по однородным признакам (ростстимуляция, антифунгальная и азотфиксирующая активность и др.). В то же время каждый из них имеет свои особенности и определенный спектр действия.

*Агрофил* — биопрепарат, созданный на основе штамма *Agrobacterium radiobacter* -10 для овощных культур открытого и закрытого грунтов. В овощеводстве агрофил обеспечивает прибавку урожайности на 10-20%, ускоряет созревание урожая на 7-10 дней, гарантирует получение ранней продукции. Особенно эффективен препарат при выращивании рассады. Он повышает устойчивость растений к экологическим стрессам, уменьшает поступление тяжелых металлов и радионуклидов в растения.

*Флавобактерин* — биопрепарат, созданный на основе штамма *Flavobacterium* sp.- 30. Повышает урожайность овощных культур (огурцы, томаты, перец, картофель, капуста, сахарная свёкла) на 3-10 т/га и улучшает качество продукции за счет увеличения содержания крахмала у картофеля на 1,5-2%, сахаров в томатах — на 2,5%. Отмечено также существенное повышение содержания витаминов, каротина и других полезных веществ в овощной продукции.

Флавобактерин обладает значительным биозащитным эффектом, снижая в несколько раз заболеваемость корневыми гнилями, фитофторозом, паршой, антракнозом и другими заболеваниями.

Наиболее эффективен в условиях повышенного инфекционного фона. Из культуральной жидкости препарата выделен антибиотик с уникально широким спектром действия (флавоцин). Он эффективен практически на всех культурах.

*Мизорин* — биопрепарат, созданный на основе штамма *Arthrobacter mysorens* — 7. Увеличивает продуктивность кормовых культур, проса, сорго и картофеля. Значительно повышает эффективность ризоторфина на бобовых при их совместном применении, урожайность зеленой массы кормовых трав — на 2-4, картофеля — на 4-7 т/га. Увеличивает содержание переваримого протеина в кормах на 1-3%, улучшая при этом аминокислотный состав белка. Мизорин выгодно отличается от остальных биопрепаратов устойчивостью к недостатку влаги в почве. При этом он может давать хороший эффект в неорошаемых условиях на ряде овощных культур. Оказывает положительное влияние на содержание витамина С (повышая его на 30-50%). Повышает устойчивость растений к экологическим стрессам, уменьшает поступление тяжелых металлов и радионуклидов в растения, активизирует симбиоз бобовых культур.

*Экстрасол* — биопрепарат, созданный на основе штамма *Pseudomonas fluorescens*. Обеспечивает повышение урожайности овощных культур на 4-8 т/га. Препарат способствует интенсивному поступлению элементов минерального питания в растения, синтезирует ростовые и другие биологически активные вещества и образует соединения, снижающие активность фитопатогенных микроорганизмов. Установлена хорошая его результативность при ранних посадках картофеля даже в холодную почву, особенно для ранних и среднеранних сортов.

Сочетает в себе функции ростстимуляции и биоконтроля, эффективен в различных почвенно-климатических зонах, повышает продуктивность технических культур на 15-25%, овощных культур — на 18-40%, эффективен на винограде и табаке. Увеличивает сроки хранения продукции.

*Ризоагрин* — биопрепарат, созданный на основе штамма *Agrobacterium radiobacter* — 204. Обеспечивает повышение урожая зерновых культур на 0,3-0,8 т/га (озимой и яровой пшеницы, озимой ржи, ячменя), содержание протеина в зерне — на 0,5-1%. Усиливает устойчивость растений к засухе и критическим температурам.

Наиболее эффективный и стабильный биопрепарат для большинства зерновых культур. Улучшает хлебопекарные качества пшениц, повышает устойчивость к стрессам.

*Бактосан* — бактериальный препарат, созданный на основе коллекционного штамма *Bacillus subtilis*. Повышает урожайность, улучшает качество продукции и защищает от болезней столовые клубне- и корнеплоды, овощные, зеленные культуры (картофель, морковь, свекла, капуста, лук, укроп, петрушка и др.).

*Азоризин* — бактериальный препарат, созданный на основе коллекционного штамма *Azospirillum lipoferum*. Повышает урожайность, улучшает качество продукции и защищает от болезней зерновые и овощные культуры (ячмень, овес, просо, гречиха, капуста, морковь, свекла, редис, огурец, томаты, перец, кабачки, кормовые травы).

Существенно повышает фиксацию атмосферного азота (до 50–70 кг/га). Наиболее активно связывает тяжелые металлы и радионуклиды, уменьшая их поступление в растения. Эффективен на слабокислых и нейтральных почвах при хорошем увлажнении.

Все препараты группы «Экстрасол» готовятся на основе стерильного торфа или жидкой питательной среды. Титр ризосферных бактерий в зависимости от штамма — 5-10 млрд шт. в каждом грамме, который сохраняется на данном уровне в течение гарантийного срока годности — 6-12 месяцев. Препараты этой группы фасуются в упаковку (полиэтиленовые пакеты и емкости) по 300 или 600 г. Рекомендуемая (оптимальная) доза расхода препаратов — 300 г на гектарную норму высева (посадки) семян овощных и зеленных культур, многолетних трав, масличных, 600 г — зерновых и зернобобовых культур, 3000 г — столовых клубнеплодов.

Механизм действия препаратов группы «Экстрасол»: ризосферные бактерии не образуют видимых глазу клубеньков, но, заселяя прикорневую зону растений (ризосферу) и поверхность корней, вытесняют болезнетворные бактерии, лишая их пространства и пищи, выделяют ростстимулирующие вещества и витамины, продуцируют антибиотики против грибной инфекции, дополнительно питают растения водой, азотом, фосфором, калием и другим элементами питания, переводя их из труднодоступных форм.

Биопрепараты обладают широким спектром действия, но наибольшую эффективность они проявили на овощных и кормовых культурах. Кроме того, их использование позволяет уменьшить нормы минеральных азотных удобрений на 40-50 кг и накопление нитратов и нитритов в продукции. Применение биопрепаратов способствует улучшению качества продукции за счет повышения содержания протеина, сахаров, витаминов и других полезных компонентов.

### Способы применения биопрепаратов

Биопрепараты производятся на основе стерильного нейтрализованного торфа. Способы их применения определяются типом посевного материала.

**Обработка семян.** Семена предварительно увлажняют отстоявшейся водопроводной водой или раствором прилипателя (2-3%-ный раствор патоки, латекса или натриевой соли карбоксиметилцеллюлозы) из расчета 1,5-2% по отношению к массе обрабатываемых семян и тщательно перемешивают с необходимым количеством препарата.

Нормы применения препаратов (из расчета на 1 га):

для мелкосеменных бобовых культур (клевер, люцерна, козлятник) 250-300 г ризоторфина;

для крупносеменных бобовых культур (горох, люпин, вика) 350-400 г ризоторфина;

для семян зерновых, кормовых и овощных культур 400-500 г экстразола соответствующей марки.

**Обработка рассады овощных культур.** Готовят суспензию биопрепарата из расчета 500 г на 5-6 л отстоявшейся водопроводной воды (тщательно встряхивая в течение 3-5 мин препарат с водой) и перед высадкой рассады окунают корни в суспензию на 30-40 с.

*Бамил* — гранулированный препарат, полученный биотехнологическим путем из ила аэротенков свиноксеплексов. Применение бамила как удобрения способствует улучшению корневого питания растений, а также повышению резистентности ряда культур (томатов, перца, огурца и т.д.) к фитопатогенам бактериального, грибного и вирусного происхождения. Примечательно, что биоконверсия ила микробиологическим путем с получением удобрения уже сама по себе решает проблему утилизации навоза и уменьшает загрязнение окружающей среды, в первую очередь водоемов.

### Биопрепараты фосфатмобилизующих микроорганизмов

*Микофил* — микробиологический препарат на основе эндомикоризных грибов — облигатных симбионтов, обладающих уникальной способностью резко усиливать поступление фосфора, калия, микроэлементов и воды практически во все сельскохозяйственные культуры. Микоризация саженцев плодовых деревьев и кустарников, овощей и трав заменяет внесение 40-60 кг/га фосфора. Особенно эффективен на почвах с низким содержанием доступных для растений соединений фосфора.

Микофил хорошо сочетается с ризоторфином на бобовых культурах, резко повышая продуктивность растений и качество продукции.

### Микробиологические препараты для получения биологически активных грунтов

*Бактогумин* — микробиологический препарат комплексного действия, активным началом которого является отселектированный комплекс микроорганизмов агрофитоценоза, участвующих в трансформации органических веществ почвы.



Применение препарата улучшает корневое питание растений, способствует разрушению фитотоксичных веществ, ускоренному разложению пестицидов и оздоровлению грунтов за счет антагонизма почвенной микрофлоры и микроорганизмов — возбудителей болезней растений.

Бактогумин применяют для приготовления биологически активных грунтов, являющихся высококачественным и экологически чистым субстратом для выращивания растений в теплице. Его можно использовать как основной грунт или в смеси с корой, опилками и другими добавками, а также в качестве биологически активной подсыпки, особенно после пропаривания и химической стерилизации отработанного субстрата. В зависимости от культуры растений, выращиваемых в теплицах, биологически активный грунт требует внесения удобрений и микроэлементов. Экологически безопасен.

#### **Биопрепараты, ускоряющие деградацию фосфорорганических пестицидов**

Во ВНИИ сельскохозяйственной микробиологии созданы не имеющие аналогов в мире препараты комплексного действия, ускоряющие деградацию пестицидов и стимулирующие рост растений — *бацифор* и *экзофор*. Они рекомендуются для ускорения детоксикации фосфорорганических пестицидов в условиях защищенного грунта. Бацифор и экзофор в 2-5 раз ускоряют разложение гордоны, карбофоса и актеллика, снижают фитотоксичность торфов и грунтов длительного пользования.

Препараты стимулируют интенсивный рост растений и мощное развитие корневой системы, ускоряют формирование генеративных органов, стимулируют биосинтез хлорофилла. Особенно эффективны при выращивании рассады овощных и декоративных культур, сокращая сроки их высадки в грунт и обеспечивая лучшую приживаемость и соответственно более высокую урожайность.

Бацифор и экзофор рекомендуются при выращивании томатов, огурцов, перца, сельдерея, пекинской капусты, цветочной продукции (астр, гвоздики) на крупных сельскохозяйственных предприятиях, в крестьянских хозяйствах, на садовых участках, в комнатном цветоводстве.

#### **Перспективы снижения негативного действия тяжелых металлов на агроландшафты**

Уже была показана актуальность задач, связанных с разработкой методов очистки почв от тяжелых металлов и их сельскохозяйственным использованием. В этом сложном комплексе проблем весьма перспективными могут быть подходы, основанные на создании специальных растительно-микробных систем, использование которых позволит, с одной стороны, получать экологически чистую продукцию на слабозагрязненных почвах, а с другой — очищать почвы и восстанавливать экосистемы (фиторемедиация почв). Для реализации данных подходов необходимо всестороннее изучение устойчивости и трансформации тяжелых металлов растениями и почвенными микроорганизмами, а также механизмов взаимодействия растений с полезной почвенной микрофлорой в условиях стресса, вызванного присутствием токсичных металлов.

Во ВНИИ сельскохозяйственной микробиологии разработан метод селекции эффективных штаммов ассоциативных ростстимулирующих бактерий, обладающих высокой устойчивостью к тяжелым металлам. Выделено и детально охарактеризовано более 30 штаммов ростстимулирующих бактерий, которые представляют большой интерес для изучения механизмов положительного влияния бактерий на рост растений в стрессовых условиях и являются перспективными для создания устойчивых к тяжелым металлам растительно-микробных ассоциаций. В результате исследований установлено, что бактериализация может повышать устойчивость растений к тяжелым металлам за счет иммобилизации токсичных металлов в ризосфере, стимуляции роста фитогормонами, снижения биосинтеза стрессового этилена и повышения усвоения растениями питательных элементов.

Изучена внутривидовая изменчивость растений горчицы сарептской, которая является перспективным растением для фиторемедиации почв, и гороха посевного по устойчивости к кадмию и способности аккумулировать тяжелые металлы. В результате этой работы проведена селекция устойчивых к кадмию генотипов горчицы и обнаружена корреляция между устойчивостью и некоторыми характеристиками растений, что свидетельствует о возможности проведения направленной селекции устойчивых к тяжелым металлам генотипов по фенотипическим признакам. Результаты проведенных исследований также показали, что существует генетическая изменчивость гороха по устойчивости и аккумуляции тяжелых металлов. Например, содержание кадмия в соломе гороха может варьировать в 3 раза в зависимости от генотипа растения. Обоснованная возможность сочетания в одном генотипе признаков повышенной устойчивости и минимального содержания тяжелых металлов в биомассе открывает перспективы для создания новых сортов гороха в целях получения экологически чистой продукции в условиях возрастающего загрязнения агроландшафтов тяжелыми металлами.

### ***8.9.13. Сроки и способы уборки урожая***

Для каждой культуры необходимо выбрать срок и способ уборки, обеспечивающие наибольший сбор урожая высокого качества и кормопротеиновых единиц с учетом биологических особенностей культуры, высоты, густоты и полеглости посева, сорта, урожайности, засоренности поля, погодных условий, наличия техники и т.д.

Зерновые культуры убирают преимущественно прямым комбайнированием и отдельно. При отдельной уборке скошенные и уложенные в валки хлеба по мере их подсыхания (через два-четыре дня) подбирают и обмолачивают. Этот способ хотя и более трудоемкий, но позволяет сократить потери, упростить технологию, уменьшить затраты на очистку и сушку зерна. Скашивание начинают в фазе восковой спелости при влажности зерна 35-20% на 5-10 дней раньше, чем прямое комбайнирование. Это уменьшает потери от осыпания и увеличивает урожайность на 3-5 ц/га.

Прямое комбайнирование применяют при полном созревании хлебов при влажности зерна 18-14% на чистых от сорняков полях. Этот способ менее

трудоемкий и более распространенный, но он увеличивает потери урожая, особенно при затянувшихся сроках уборки и на сильнозасоренных полях. Эти способы уборки должны дополнять друг друга с учетом складывающихся условий. Нельзя применять раздельную уборку на низкорослых и изреженных посевах. В дождливую погоду, когда зерно в валках долго просыхает и даже прорастает, следует отказаться от раздельной уборки.

Десикация посевов зерновых культур за две недели до уборки раундапом (3 л/га) или ураганом (2-4 л/га) при влажности зерна не более 30% позволяет подсушить сорняки и применить прямое комбайнирование.

Просо, гречиха, овес, сорго созревают неравномерно, их следует убирать раздельно, а скашивать при созревании 75-80% зерен, подбирать валки через три-четыре дня. Из зернобобовых культур прямым комбайнированием убирают сою, нут, неполегающие и нерастрескивающие сорта гороха и кормовых бобов (с предварительной десикацией или без нее), а остальные — раздельно.

Для мелкосеменных бобовых культур (люцерна и др.) возможен обмолот всего биологического урожая на стационаре.

Уборку подсолнечника начинают, когда у 85-90% растений корзинки станут бурыми и влажность семян снизится до 14-12%, и заканчивают за семь-девять дней. Для ускорения созревания можно применить десикацию реглоном супер (2 л/га), харвейдом (1,2 кг/га) или бастой (1,5-2 л/га) в начале побурения корзинок при влажности семян 35-25%.

Сахарную свеклу убирают поточным, перевалочным и поточно-перевалочным способами. Ботвоуборочная машина срезает ботву, а корнеуборочная машина выкапывает корнеплоды и грузит их в рядом идущий транспорт. При поточном способе уборки транспорт отвозит корнеплоды от корнеуборочной машины сразу на свеклопункт, а при перевалочном — в бурты на краю убранной части поля. При сочетании этих способов получается поточно-перевалочный способ уборки сахарной свеклы. Поточный способ уборки применяют при достаточном количестве транспортных средств, на чистых от сорняков полях при хорошей погоде. При недостатке транспортных средств и когда убранные корнеплоды нуждаются в доработке (удаление ботвы, прилипшей почвы и т. п.) применяют перевалочный способ. Современные свеклоуборочные комбайны («Холмер», «Кляйн», «Агрифак» и др.) позволяют за один проход скосить ботву, выкопать корнеплоды, накопить их в бункере и выгрузить в транспортные средства или бурт на краю поля.

Картофель убирают комбайнами или копателями с предварительным удалением ботвы. Комбайновую поточную уборку проводят на легких почвах. Товарный картофель от комбайнов поступает на сортировальный пункт, где его разделяют на крупную, среднюю и мелкую фракции и отправляют на реализацию. Раздельную уборку картофеля применяют на тяжелых и влажных почвах, непригодных для поточной уборки. Сначала картофель выкапывают картофеле-валкообразователем, подсушивают, подбирают (комбайном или вручную) и отправляют на сортировальные пункты. Возможна комбинированная уборка картофеля в две фазы. Сначала два ряда выкапывают копателем и укладывают клубни в междурядье двух смежных рядков. В то

же междурядье можно уложить клубни со смежных двух рядков с другой стороны. Затем двухрядный комбайн выкапывает эти два ряда и заодно подбирает валок картофеля. Этот способ увеличивает производительность комбайнов в 1,5-2 раза. Он применим при хорошей сепарации почвы и урожае клубней до 180 ц/га. В первую очередь убирают ранний товарный картофель, затем — семенные участки ранних сортов, остальные сорта — по мере их созревания. Массовую уборку начинают 15-20 августа и заканчивают 15-25 сентября до снижения среднесуточной температуры до  $+5^{\circ}\text{C}$ .

Кукурузу на силос убирают в молочно-восковой спелости силосоуборочными комбайнами, они срезают, измельчают скошенную массу и погружают в транспортные средства, которые отвозят ее к месту силосования.

Кормовые травы на сено, сенаж и травяную муку скашивают в фазе колошения (выметывания) злаковых и бутонизации — начале цветения бобовых культур.

#### **8.9.14. Оценка энергетической эффективности агротехнологий**

Одной из главных задач современных агротехнологий является повышение коэффициента использования энергии ФАР посевами сельскохозяйственных культур, прежде всего за счет роста экологической и энергетической эффективности управления техногенными энергетическими потоками в форме удобрений, пестицидов, сельскохозяйственной техники, ГСМ и др.

В решении проблемы рационального использования энергоресурсов в земледелии важная роль отводится адекватному анализу энергетических потоков, реализуемых в агротехнологиях с полным учетом всех категорий энергозатрат, связанных с выполнением комплекса технологических операций при возделывании сельскохозяйственных культур.

При энергетической оценке агротехнологий все энергозатраты можно условно разделить на две категории: прямые и косвенные. К прямым энергозатратам относятся затраты труда, расход ГСМ, затраты электроэнергии, твердых энергоносителей (уголь, торф, дрова), газа, пара, тепла и другие энергоресурсы, которые в качестве энергоносителей непосредственно используются (утилизируются) в агротехнологиях. К косвенным относятся энергозатраты на изготовление, хранение и транспортировку средств производства (сельскохозяйственная техника, семена, удобрения, мелиоранты, пестициды, стройматериалы и др.). Сюда же следует отнести энергетические эквиваленты затрат на добычу, переработку и транспортировку самих энергоносителей (нефть, уголь, лес, торф и др.) и сырья для производства черных и цветных металлов (железная руда, боксит и др.), из которых изготовлены тракторы, автомобили и сельскохозяйственные машины.

Расчет энергетической эффективности агротехнологий проводится в соответствии с данными технологических карт и нормативными энергетическими эквивалентами.

Суммарные энергозатраты на всю технологию возделывания сельскохозяйственной культуры ( $E_{\Sigma}$ ) определяются суммой энергозатрат на выполнение отдельных технологических операций по формуле

$$E_c = E_1 + E_2 + \dots + E_n, \quad (8.54)$$

где  $E_1, E_2, \dots, E_n$  — энергозатраты при выполнении 1, 2, ...  $n$ -й технологической операции, МДж.

По каждой технологической операции учитываются прямые и косвенные энергозатраты по формуле

$$E_c = (E_P^1 + E_K^1) + (E_P^2 + E_K^2) + \dots + (E_P^n + E_K^n), \quad (8.55)$$

где  $E_P^1$ , — прямые энергозатраты при выполнении 1, 2, ...  $n$ -й технологической операции, МДж;

$E_K^1, E_K^2, \dots, E_K^n$  — косвенные энергозатраты при выполнении 1, 2, ...  $n$ -й технологической операции, МДж.

В свою очередь, прямые энергозатраты при выполнении  $n$ -й технологической операции ( $E_P^n$ , МДж) рассчитываются по формуле

$$E_P^n = Z_G^n \cdot K_G + Z_T^n \cdot K_T + Z_E^n \cdot K_E, \quad (8.56)$$

где  $Z_G^n$  — затраты горюче-смазочных материалов при выполнении  $n$ -й технологической операции, кг;

$Z_T^n$  — затраты труда при выполнении  $n$ -й технологической операции, чел.ч;

$Z_E^n$  — затраты электроэнергии при выполнении  $n$ -й технологической операции, кВт.ч;

$K_G, K_T, K_E$  — энергетические эквиваленты ГСМ (МДж/кг), затрат труда (МДж/чел.ч), электроэнергии (МДж/кВт.ч) при выполнении  $n$ -й технологической операции.

При расчете косвенных энергозатрат учитываются время работы агрегатов и нормативы годовой загрузки, нормы выработки и их энергетические эквиваленты, устанавливаемые на основе межотраслевых балансовых расчетов, исходя из суммарных затрат на изготовление, хранение и транспортировку сельскохозяйственной техники.

Косвенные энергозатраты при выполнении  $n$ -й технологической операции ( $E_K^n$ , МДж) рассчитываются по формуле

$$E_K^n = t_D^n \cdot K_D + t_M^n \cdot K_M, \quad (8.57)$$

где  $t_D^n$  — время работы двигателя (трактора) при выполнении  $n$ -й технологической операции, ч;



Коэффициент энергетической эффективности агротехнологии ( $K_e$ ) рассчитывается по формуле

$$K_e = \frac{E_y}{E_c}, \quad (8.59)$$

где  $E_y$  — энергосодержание урожая, МДж/га;

$E_c$  — суммарные энергозатраты на реализацию агротехнологии, МДж/га.

Энергетические эквиваленты по всем категориям берутся из справочников.

## 8.10. Контроль качества продукции растениеводства, сертификация продукции и агропредприятий

### 8.10.1. Качество продукции растениеводства и стандартизация

Качество продукции растениеводства во многом определяет ее рыночную цену. Внутренний рынок и международная торговля требуют введения и дифференциации показателей качества, нахождения их объективных значений, выражаемых через измеряемые приборами количественные характеристики, которые далее будут рассмотрены на примере зерновых культур.

Желаемое качество, прежде всего, проявляется в требованиях стандартов. Национальные стандарты и товарные классификации зерна закрепляют требования к уровням качества в стране-производителе. Международные стандарты (предмет добровольных международных соглашений) ориентированы на требования, устраивающие все договаривающиеся стороны.

Стандарты на растениеводческую продукцию, как правило, устанавливают общие требования к качеству: товарный вид, отсутствие посторонних вкусов и запахов, а также требования и нормы, позволяющие классифицировать продукцию по сортам, классам, категориям и т.п. При этом в сопроводительных документах на сельскохозяйственные продукты, принимаемые к международной перевозке, указываются данные, соответствующие или национальным стандартам страны-получателя, или международным.

Стандарты, методы измерений и приборная база в различных странах различны, глобализация торговли зерновыми, как и другими продуктами растениеводства, требует их гармонизации. Тенденция гармонизации национальных стандартов стран-экспортеров продукции растениеводства становится всеобщей.

Россией взят курс на полноценное вхождение в европейское экономическое пространство, что автоматически требует интеграции российских стандартов с международными, последние становятся приоритетными.

Международные стандарты для сферы производства сельскохозяйственного сырья и оборота пищевых продуктов разрабатываются различными международными организациями по стандартизации, в первую очередь, Комиссией Кодекс Алиментариус (от лат. *alimentum* — обязывание), которая орга-

низована совместно ФАО (Продовольственная и сельскохозяйственная организация ООН) и ВОЗ (Всемирная организация здравоохранения) для осуществления объединенной программы ФАО/ВОЗ по разработке единых стандартов на продовольственные товары. В реализации этой программы участвуют 144 страны.

Гармонизация российских национальных стандартов с международными не может быть одномоментной, ибо затрагиваются коммерческие интересы многих российских производителей. Гармонизация требует переоснащения тысячи производственных и инспекционных лабораторий, проведения обучения персонала, и это неизбежно, поскольку международные стандарты представляют результат многолетней работы международных научно-промышленных обществ, следствие многолетних дискуссий, приведших к согласию многих сторон.

Так или иначе, но с принятыми ранее международным сообществом коллективными решениями по стандартизации придется считаться, хотя очевидно, что еще достаточно долгое время мы будем вынуждены в области стандартизации пользоваться действующей российской нормативной базой. Выгодным будет лишь постепенное, поэлементное введение международной базы. Главную роль в разработке единых (приемлемых для большинства стран) показателей качества зерновых, методик измерения и приборов играют Международное общество по химии и технологии зерна (ИСС) и Американская ассоциация по химии зерна (ААСС). Понятно, что российским ученым и производителям зерна необходимо существенно увеличить свое влияние в этих организациях, обеспечить свое участие в выработке всех принимаемых обществами рекомендаций, отдавая себе отчет в том, что принятые сегодня рекомендации завтра станут международными стандартами. Аналогичные упомянутым общества работают и по другим направлениям растениеводства.

Из всего многообразия показателей качества растениеводческой продукции в стандартах всегда выделяются наиболее важные: в картофеле для промышленной переработки — содержание крахмала, в зерне пшеницы — клейковины или белка, в корнеплодах сахарной свеклы — сахара, в семянках подсолнечника — содержание и кислотное число масла и т.д. В зависимости от характера использования продукции стандарты иногда ориентируют селекционеров на изменение отдельных качественных характеристик одного и того же вида растений в прямо противоположном направлении.

Примером может служить ячмень. Пивоваренные сорта его должны давать зерно с пониженным содержанием белка, от фуражных требуется противоположное. Нужно отметить еще одну деталь. Действующий сегодня ГОСТ 5060-86 «Ячмень пивоваренный» содержит соответствующий большинству европейских стандартов перечень измеряемых характеристик и по качеству подразделяет ячмень на два класса, но таким образом, что наш первый класс по некоторым характеристикам оказывается между их первым и вторым, что вызывает тенденцию снижения цены в международных операциях.



Стандарты, действующие сегодня в России и большинстве стран СНГ, были введены в период плановой экономики и отражают необходимость планового использования всего произведенного в стране зерна, а не только зерна высокого качества. Стандарты подразделяют показатели качества зерна на базисные, ограничительные и собственно качества. В международных стандартах подобного нет, используются лишь показатели качества.

Базисные (основные) показатели соответствуют такому уровню качества, при котором зерно имеет полноценные пищевые, кормовые или технические достоинства и может быть применено по целевому назначению без подработки. За зерно, отвечающее этим нормам, государство в советский период немедленно рассчитывалось с поставщиками. Зерно, удовлетворяющее ограничительным нормам, также принималось элеваторами. Эти нормы отражают возможность хранения и использования зерна после соответствующей подработки. В нормах по качеству осуществлена товарная классификация с подразделением на классы, типы, подтипы и т.п. Эти нормы важны для переработчиков, позволяют, например, смешивая зерно разных типов, формировать однородные партии на мукомольных заводах.

В качестве примера (табл. 8.89, 8.91) приведены выдержки из ГОСТ 9353-90 и ГОСТ 5060-86.

#### 8.89. Основные показатели товарной классификации мягкой пшеницы (ГОСТ 9353-90)

Показатели	Класс качества					
	высший	первый	второй	третий	четвертый	пятый
Сорта, включенные в список	Сильные			Сильные, ценные	Без ограничений	
Типовой состав	Первый-третий подтипы первого, четвертого типов, первый подтип третьего типа и пятый тип		Первый, третий-пятый типы		Первый, третий-пятый типы и смесь типов	
Содержание клейковины (не менее), %	36	32	28	23	18	Не ограничено
Группа клейковины	1	1	1	2	2	То же
Число падения, с	200	200	200	151-200	80-150	Менее 80
Стекловидность (не менее), %	60	60	60	Не ограничивается		
Проросшие зерна (не более), %	1	1	1	3	3	5
Натура (не менее), г/л	Базисная 750-730			710	710	Не ограничено
Фузариозные зерна (не более), %	1	1	1	1	1	1

Табл. 8.90 дает представление об ограничительных нормах по качеству пшеницы, поставляемой для различных целей.

Нормы, аналогичные нормам, приведенным в этих таблицах, разработаны и действуют в России для всей группы зерновых, наряду с общими требованиями (натура, сорная примесь и др.) они содержат специфичные для каждой культуры требования.

Главным показателем, характеризующим качество зерна пшеницы, в российских стандартах выступает клейковина (см. табл. 8.89), в международных стандартах таким показателем является содержание белка. Говорить однозначно, что контроль качества по содержанию белка более объективен, чем по клейковине нельзя, скорее наоборот, но такова сложившаяся мировая практика, с которой необходимо считаться.

### 8.90. Ограничительные нормы для поставляемой пшеницы, используемой на различные цели

Показатели	На муку	На крупу	На корм и комбикорм
Влажность, %	13,5	14,5	14,5
Сорная примесь, %	2,0	1,5	5,0
В том числе:			
минеральная примесь	0,3	0,3	1,0
галька	0,1	0,1	В пределах содержания минеральной примеси
шлак и руда	0,05	0,05	
Испорченные зерна, %	1,0*	0,2	1,0
Фузариозные зерна, %	1,0	1,0	1,0
Вредная примесь, %	0,2	0,2	0,2
В том числе:			
вязель и горчак ползучий	0,1	0,05	0,1
спорынья и головня	0,15	0,1	0,1
куколь	0,5	0,5	0,5
Головневые зерна (не более), %	10,0	10,0	10,0
Зерновая примесь (не более), %	5,0	5,0	15,0
В том числе:			
проросшие зерна пшеницы:			
мягкой первого и второго классов	1,0	1,0	
твердой первого и второго классов	0,5	0,5	
мягкой и твердой третьего и четвертого классов	3,0	3,0	
Зараженность вредителями	Не допускается, кроме зараженности клещом, не выше		
	второй степени	первой степени	второй степени

\* Для переработки в макаронную крупу — не более 0,2%.

### 8.91. Нормы качества для пивоваренного ячменя (ГОСТ 5060-86 «Ячмень пивоваренный»)

Показатели	Норма для класса	
	первого	второго
Цвет	Светло-желтый, желтый	Светло-желтый, желтый, серовато-желтый
Запах	Характерный для нормального зерна	
Состояние	Здоровый, негреющийся	
Влажность (не более), %	15,0	15,5
Белок (не более), %	12,0	12,0
Сорная примесь (не более), %	1,0	2,0
В том числе вредная примесь (не более)	0,2	0,2
В числе сорной примеси гелиотроп опушенноплодный и триходесма седая	Не допускаются	
Зерновая примесь (не более), %	2,0	5,0
В том числе мелкие зерна (не более)	5,0	7,0
Крупность (не более), %	85,0	60,0
Способность прорастания (не менее), %	95,0	90,0
Жизнеспособность, не ранее, чем через 45 дней после уборки (не менее), %	95,0	95,0
Зараженность вредителями	Не допускается, кроме зараженности клещом не выше первой степени	

Уже сегодня целесообразно заранее закупать оборудование и обучать персонал контрольных и производственных лабораторий работе с общепринятыми методиками определения количества белка в зерне.

Клейковина пшеницы представляет собой сложный белковый комплекс, получаемый при отмывании водой пшеничного теста. В этом комплексе молекулы белка при замешивании теста соединяются посредством дисульфидных, водородных, ионных и других связей в некий каркас, пронизывающий тесто. От клейковины зависят вязко-эластичные свойства теста, его способность удерживать углекислый газ, разрыхляться и давать при выпечке упругий эластичный и пористый мякиш.

Сорта пшеницы средней хлебопекарной силы (ценные) дают муку с хорошими хлебопекарными свойствами, но она не улучшает муку слабой пшеницы. Зерно такой пшеницы, как правило, содержит 11-13,9% белка, клейковины 25-27%, качество клейковины относится ко второй группе.

Слабая пшеница дает муку, хлеб из которой имеет небольшой объем и плохую пористость. Мука из такой пшеницы во время замеса теста нормальной консистенции поглощает немного воды, а тесто в процессе брожения и обработки быстро ухудшает свои физические свойства, становится жидким, неэластичным, липким. Слабая пшеница характеризуется небольшим содержанием белка (менее 11%), клейковины (менее 25%) или достаточным их количеством, но с клейковиной плохого качества (третьей группы).

Питательную ценность зерна определяет не только общее содержание белка, но и наличие в белке незаменимых аминокислот: лизина, триптофана,

метионина, фенилаланина, валина, треонина, изолейцина и лейцина, а для некоторых животных незаменимыми также являются аргинин и гистидин.

Особого внимания в числе показателей качества заслуживает наиболее простой из них — натура зерна, нашедшая повсеместное применение в практике внутренней и международной оценки товарного зерна. Ее издавна рассматривают как косвенный показатель выходов муки. Натурой называют массу зерна определенного объема. В России этот показатель принято выражать массой одного литра зерна в граммах, за рубежом — массой одного гектолитра зерна в килограммах. В селекционной работе используют взвешивание 0,25 л зерна.

Форма зерновки также имеет существенное значение для мукомольной промышленности. Установлено, что наилучшей считается шаровидная зерновка с неглубокой бороздкой ввиду того, что она легче размальывается, чем удлиненная. Предпочтительными с этой точки зрения оказываются сорта с шаровидной зерновкой.

Важным критерием оценки мукомольных свойств зерна пшеницы является его способность к крупнообразованию, обеспечивающая увеличение выхода муки высоких сортов. Крупнообразование зависит от структурно-механических свойств зерновки: твердозерность, сопротивление сжатию и раздавливанию, удару, растяжению, скалыванию и др.

Наиболее широкое распространение для оценки структурно-механических свойств зерна получил признак твердозерности. Его определяют различными методами. В США и Канаде для этой цели применяют индекс шелушения зерна, в Германии измеряют индекс прочности зерна с помощью микротвердомера. В России крупнообразующую способность пшеницы большей частью выявляют по степени измельчения зерна (дисперсность) в заданный промежуток времени на лабораторных мельницах.

Признаком, характеризующим способность зерна давать муку нужного качества, является его стекловидность. В основе этого понятия лежит зрительное восприятие внешнего вида зерна, обусловленное его структурой. Структурные особенности придают прозрачность, восковой вид стекловидному зерну или непрозрачность, матовый вид и белый цвет мучнистой зерновке. При размоле мучнистой пшеницы получают крупки беловатого и матового цвета с тупыми краями, при размоле же стекловидной пшеницы мука получается рассыпчатая, крупитчатая, хорошей севкости.

С 1934 г. и по настоящее время в России действует классификация товарной пшеницы по типам и подтипам. Классификацией охвачены шесть типов пшеницы. Среди них основу производства составляет пшеница мягкая краснозерная яровая первого типа (около 43% от всей производимой пшеницы) и озимая четвертого типа (около 51%). Доля зерна пшеницы остальных типов значительно меньше. Наименьшие посевные площади заняты под озимой твердой пшеницей шестого типа, который введен в классификацию только в 1985 г.

В основу деления пшеницы на типы положены три признака: биология растений (яровая, озимая), ботанический вид (мягкая, твердая), цвет оболочки (краснозерная, белозерная). Для зерна каждого типа предусмотрена допустимая

норма примеси зерен других типов. Характеристика пшеницы разных типов дополнена перечнем сортов, наиболее широко распространенных в производстве.

Каждый тип пшеницы разделен на подтипы с учетом уровня стекловидности зерна и его цвета. При этом для краснозерной пшеницы (озимой и яровой) предусмотрено деление на пять подтипов, различающихся оттенками основного красного цвета и степенью пестроты пробы, обусловленной наличием желтых, желтобоких, обесцвеченных и потемневших зерен.

Требования по стекловидности для зерна первого подтипа максимальны (не менее 75%), для зерна пятого подтипа минимальны (менее 40%). Уровнем стекловидности определяется также деление на подтипы пшеницы белозерной яровой.

Деление пшеницы на подтипы служит для дифференциации зерна по качеству на всех этапах работы с ним, в первую очередь при размещении и формировании на элеваторах первичных товарных партий во время приемки пшеницы. Применение подтипов играет положительную роль, поскольку при формировании товарных партий учитываются такие важные в технологическом отношении признаки, как стекловидность, цвет, а также сортовые особенности.

Признаков, заложенных в подтипы, недостаточно, чтобы разделять заготавливаемое зерно по хлебопекарным свойствам, т. е. получать однородные по силе партии. В связи с этим начиная с 60-х годов шло дальнейшее совершенствование количественной оценки качества товарного зерна пшеницы с целью выделения пшеницы — улучшителя. Появилось понятие «сила пшеницы» и разработан комплекс признаков, разносторонне характеризующих ее свойства, и схема испытаний. В табл. 8.92 приведено уточненное деление пшеницы по «силе», учитывающее практически все важные критерии качества.

### 8.92. Оценка пшеницы по «силе»

Признак качества	Пшеница	
	сильная	слабая
Содержание белка (на сухое вещество), %	Не менее 14	Менее 11
Стекловидность, %	60	60
Содержание сырой клейковины в зерне, %	28	25
Содержание клейковины в муке 70% выхода, %	32	30
Качество клейковины (не ниже), группа	1	2
Разжижение теста по фаринографу или валориграфу, единицы валориграфа	Не более 80	Более 150
Удельная работа на деформацию теста по альвеографу, Дж/г	Более 280	Менее 200
Упругость теста по альвеографу, мм	Не менее 80	-
Отношение упругости к растяжимости по альвеографу	1-2	-
Объемный выход хлеба при выпечке, см <sup>3</sup> :		
без сахара	450 и более	350
с сахаром	500 и более	400
с повторным промесом теста	700 и более	600
Отношение высоты хлеба к диаметру при выпечке:		
без сахара	0,40 и более	0,30
с сахаром	0,40 и более	0,30
с повторным промесом теста	0,55 и более	0,35

Наряду с прямыми признаками (объемный выход и формоустойчивость хлеба, выпеченного разными методами) в схему включен целый ряд косвенных признаков. Ведущее место отведено тем из них, которые характеризуют хлебопекарные свойства пшеницы: по количеству клейковины и ее качеству. Ограничения по стекловидности введены для того, чтобы высококачественное в хлебопекарном отношении зерно можно было оценивать и по мукомольным свойствам.

Методика испытания пшеницы по полной схеме достаточно сложна. понадобилось издание специального методического руководства, регламентирующего проведение всех предусмотренных схемой анализов. Этим руководством пользуются все технологические лаборатории, где проводится оценка пшеницы по силе.

Из-за сложности, трудоемкости и длительности выполнения анализов применение всей схемы в производственных лабораториях затруднено. В зависимости от конкретных технологических задач и профиля лабораторий на разных этапах работы с зерном возможно применение не полных комплексов показателей качества. В 1967 г. была разработана межведомственная система показателей для характеристики зерна пшеницы «по силе» на всех этапах работы с ним, начиная с научных исследований и кончая производственными условиями. Эта система показателей и сегодня продолжает действовать (табл. 8.93).

При селекции (на завершающих этапах, когда накапливается количество зерна, достаточное для анализов), сортоиспытаниях, ежегодно проводимых Государственной хлебной инспекцией обследования качества товарного зерна, при подборе партий на экспорт, в научно-исследовательской работе используются все показатели «силы» пшеницы.

**8.93. Система показателей «силы» зерна пшеницы, определяемых на разных стадиях**

Тип лабораторий и контрольных операций	Стекло-видность	Содержание белка	Количество клейковины	Качество клейковины	Реологические свойства теста	Выпечка после повторного промеса
1	2	3	4	5	6	7
Селекционные на стадиях контроля:						
ранних	+	+/-	+/-	+/-	+ -	+ -
завершающих	+	+	+	+	+	+
Госкомиссии по сортоиспытанию сельхозкультур	+	+	+	+	+	+
Госхлебинспекции при обследовании:						
урожая	+	+	+	+	+	+
сельхозпроизводителей	+	-	+	+	-	-

Продолжение табл. 8. 93

1	2	3	4	5	6	7
хлебоприемных предприятий при приемке зерна:						
всего	+	-	-	-	-	-
сильного и ценного	+	-	+	+	-	-
при подборе партий зерна на экспорт	+	+	+	+	+	+
мукомольных заводов, при приемке зерна	+	-	+	+	-	-
Мука на экспорт	-	+	+	+	+	+
Мука сортовая	-	-	+	+	+ -	+ -
Мука обойная	-	-	+	+	-	-
Хлебозаводы	-	-	+	+	+ -	+
Лаборатории НИИ и вузов	+	+	+	+	+	+

Показатели: (+) – обязательно, (+ -) – желательно при возможности, (-) – не требуется, (-/+) – при необходимости.

На этапе приемки хлебоприемными предприятиями сортов пшеницы, относящихся к сильной, достаточно оценивать их по сокращенному числу признаков – стекловидности, количеству и качеству клейковины, поскольку в процессе селекции, сортоиспытания и научных исследований все ботанические сорта пшеницы тщательно изучались по полной схеме.

Те сорта, которые признаны потенциально сильными, включаются в ежегодно пересматриваемый список сортов сильной пшеницы. Поскольку на качество зерна, кроме наследственных особенностей, влияют условия его выращивания, контроль товарной пшеницы по «силе» остается необходимым, хотя и с использованием сокращенной схемы.

### 8.10.2. Обеспечение качества продукции

Качество продукции растениеводства существенно зависит от сорта. Сорта сельскохозяйственных культур заметно различаются по способности повышать урожайность и качество с улучшением условий выращивания. Сорта интенсивного типа более динамично, чем иные, реагируют на применение удобрений, агрохимикатов, орошения и средств механизации. Однако реакция не всегда выражается в одновременном повышении качества и урожайности. Бывает, что рост урожайности сопровождается снижением показателей качества. Последнее означает, что в производственной технологической цепочке присутствуют операции (критические точки), требующие повышенного внимания, а возможно, и пересмотра.

Внесение изменений в технологии производства через выявление критических точек и усиление контроля качества в этих точках стало основным направлением получения высококачественной продукции растениеводства.

Мировым научным сообществом создана система (методика) обеспечения качества и безопасности пищевых продуктов НАССР (Hazard Analysis and Critical Control Points – Анализ рисков и критические контрольные точки), которая завоевала всеобщее признание, известна в русской транскрипции как НАССР, рекомендована и начала применяться в России.

С 1 июля 2001 г. введен ГОСТ Р. 51705.1-2001 «Системы качества. Управление качеством пищевых продуктов на основе принципов НАССР. Общие требования». Введение названного ГОСТа делает НАССР главным инструментом обеспечения качества продукции растениеводства. Общее представление о последовательности принятия решений при обеспечении качества методом НАССР дает рис. 8.4.

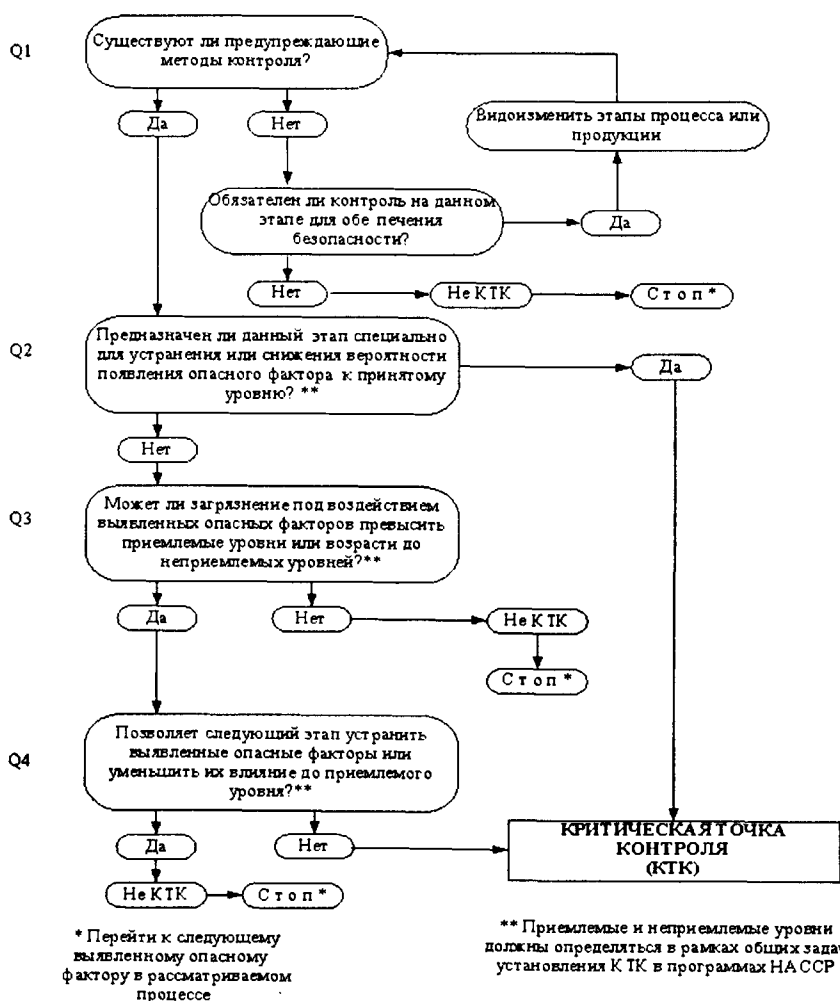


Рис. 8.4. Последовательность принятия решений при обеспечении качества продукции растениеводства методом НАССР



Детальное рассмотрение технологических операций и переходов, предусмотренное НАССР, требует, например, осуществления контроля качества зерновых непосредственно в процессе выращивания на поле, оставляя за лабораторией элеватора лишь контроль одного-двух параметров, необходимых элеватору для осуществления собственных действий по доработке, как правило, удаление сорной примеси т.п. Приемка на элеваторе 20-тонного зерновоза занимает в этом случае не более 3-5 мин. Принцип используется и для других культур массового производства. Приемка грузовика с сахарной свеклой на крупных европейских сахарных заводах также осуществляется за 3-5 мин.

Система НАССР, являясь общепризнанным магистральным путем обеспечения качества, требует значительных затрат как на обновление технологической базы, так и на повышение квалификации персонала. Технологический комплекс, отвечающий этой системе, должен гарантировать создание растениям условий, обеспечивающих получение продукции с заданными стандартом параметрами качества. К таким условиям относятся выбор предшественника, системы обработки почвы, удобрения, соблюдение технологии посева, уход за посевами, применение средств защиты растений, своевременная уборка, послеуборочная доработка и хранение.

Содержание белка в зерне зависит от погоды, агротехники и, особенно, азотного питания в период налива зерна. На качество зерна существенно влияют условия возделывания. Количество белка в зерне повышается в направлении с севера на юг и с запада на восток. Более высокое качество зерна отмечено на типичных черноземах, среднее — на выщелоченных черноземах и низкое — на подзолистых почвах.

НАССР обязывает учитывать все приведенные факторы. Поскольку климатические условия на территории хозяйств, расположенных в зоне действия обслуживающего их элеватора, имеют близкие характеристики, то жесткое соблюдение технологий выращивания зерновых и контроль в критических точках, действительно, обеспечивают гарантированное заданное стандартом качество.

В хозяйствах, не применяющих систему НАССР, перед уборкой целесообразно определить поля, с которых можно получить сильную или ценную пшеницу, и составить план предварительного обследования посевов на качество. На участках, где намечено получить высококачественное зерно, раздельную уборку начинают с середины восковой спелости при влажности зерна 25-30 %. Ранняя уборка на полях, где применяли позднюю азотную подкормку, может принести вред, так как на таких участках поступление азота в зерно заканчивается лишь в конце фазы восковой спелости.

Начинать уборку полезно с обкосов поля до 25-30 м. Полученное с обкосов зерно сыпают отдельно, оно бывает менее качественным. Обмолот валков желательно провести через два-три дня после скашивания. При достижении полной спелости приступают к прямому комбайнированию.

Высококачественную пшеницу убирают, в первую очередь, не допуская смешивания разнокачественного зерна. По результатам оценки на току фор-

мируют однородные по классности товарные партии. Зерно на току предохраняют от увлажнения, так как длительное увлажнение его ведет к обесцвечиванию, энзимо-микозному истощению, прорастанию и резкому ухудшению качества.

Своевременная очистка от примесей, щуплых и битых зерен и отлежка зерна в течение одного-двух месяцев улучшают качество зерна. Примерно так же можно формировать и контролировать качество урожая других сельскохозяйственных культур.

### ***8.10.3. Контроль качества и сертификация продукции***

Понятия контроль качества продукции растениеводства и сертификация товарных партий, хотя и сходны по типу применяемых измерений, но различны по направленности использования их результатов.

Контроль качества осуществляется в целях производства и может проводиться на всех этапах производства, транспортировки и хранения продукции собственными или сторонними лабораториями. Оперативное получение объективной информации по качеству позволяет своевременно принимать необходимые решения. Производственный контроль качества производители, как правило, организуют в виде входного, операционного и заключительного (выходного) контроля.

Входной контроль (приемочный) — это контроль, например, качества семян, удобрений и всего того, что поступает со стороны. Операционный контроль — контроль качества продукции растениеводства на промежуточных стадиях производства и хранения. По результатам выходного контроля (заключительного) производителем принимаются решения об использовании продукции, в том числе решение о предъявлении ее для обязательной сертификации, если продукция направляется в продажу или на перерабатывающие предприятия.

Сертификация — деятельность третьей стороны, независимой от изготовителя (продавца) и потребителя продукции, по подтверждению соответствия отдельных партий продукции установленным стандартам, если сертификация является обязательной, или техническим условиям, утвержденным производителем, если сертификация является добровольной.

Сертификация проводится аккредитованными органами по сертификации, которыми могут быть организации любой правовой формы, располагающие необходимыми лабораториями и квалифицированным персоналом, прошедшие процедуру аккредитации, посредством которой уполномоченный государством орган официально признает возможность выполнения органом по сертификации работ в заявленной области. Основными, но не единственными органами по сертификации зерновых являются подразделения Государственной хлебной инспекции (ГХИ).

Сертификат подтверждает, что изготовитель (продавец) обеспечил соответствие реализуемой продукции требованиям нормативных документов, на соответствие которым продукция была сертифицирована и маркирована.

Сертификация бывает обязательной и добровольной. Обязательной сертификации подлежат продукция и услуги, от которых зависят безопасность окружающей среды, здоровья, жизни и имущества потребителя. Вся пищевая продукция и сырье сертифицируются в обязательном порядке, но обязательными к предъявлению являются лишь параметры безопасности, отраженные в ГОСТ и медико-биологических требованиях (МБТ) по продуктам, подпадающим под соответствующие группы Отраслевых классификаторов продукции (ОКП).

Целью добровольной сертификации является получение преимуществ в конкурентной борьбе. Производитель через добровольную сертификацию, раскрывающую весь комплекс показателей качества, гарантирует обществу заявленный изготовителем уровень качества. Головной организацией по добровольной сертификации является ВНИИ сертификации Госстандарта РФ.

Федеральный закон №184-ФЗ «О техническом регулировании» разрешил не только предприятиям, но и физическим лицам самостоятельно разрабатывать и вводить в действие технические условия на выпускаемую ими продукцию, в том числе пищевую. Роль сертификации резко возросла.

Продукцию, подлежащую обязательной сертификации, подразделяют на скоропортящуюся со сроком годности или хранения до одного месяца (кратковременного хранения) и более одного месяца (длительного хранения). Схемы сертификации различны.

Выбор схемы сертификации зависит от вида и специфики свойств продукции, масштабов и способов ее производства и реализации, направления использования и др. Схема сертификации — это совокупность действий, результаты которых рассматриваются в качестве доказательства соответствия продукции установленным требованиям. В России применяется десять схем сертификации пищевых продуктов. В основе всех схем заложено испытание образцов, т. е. выборочный контроль. Итогом сертификации является выдача сертификата государственного образца.

Порядок проведения обязательной сертификации продукции растениеводства включает в себя: подачу и рассмотрение заявки на сертификацию с прилагаемыми документами; принятие решения по заявке, в том числе выбор схемы сертификации; отбор, идентификацию образцов (проб) и их испытания; анализ состояния производства (если это предусмотрено схемой сертификации) или сертификацию систем качества; анализ полученных результатов и принятие решения о возможности выдачи сертификата соответствия; выдача сертификата и лицензии на применение знака соответствия; инспекционный контроль над сертифицированной продукцией (в соответствии с применяемой схемой сертификации); корректирующие мероприятия при нарушении соответствия продукции установленным требованиям и при неправильном применении знака соответствия.

Сертификация зерна, например, предусматривает определение следующих показателей: органолептические (внешний вид, цвет, запах), физико-химические (натура, стекловидность, количество и качество клейковины),

токсичные элементы, микотоксины, вредная примесь, зараженность зерна фузариозом, наличие пестицидов, радиоактивных веществ, а также стекла и металла.

Перед проведением обязательной сертификации проводится идентификация продукции по органолептическим показателям на соответствие ее наименованию. При отрицательных результатах идентификации продукция сертификации не подлежит. Выдача сертификата соответствия осуществляется при наличии акта отбора проб, протокола сертификационных испытаний партии, гигиенического сертификата, документов, подтверждающих соответствие сырья требованиям безопасности, выданных уполномоченным органом, документов, подтверждающих соответствие упаковочных материалов и тары требованиям безопасности.

Производители продукции растениеводства и центры по сертификации, как правило, используют выборочный метод контроля, когда по рекомендованным нормативными документами схемам производится отбор проб, которые затем направляются в лаборатории.

Понятно, что выборочный контроль не может обеспечить 100% гарантии качества, однако трудоемкость тотального контроля качества продукции столь велика (требуется проверка каждой единицы продукции), что выборочному контролю пока трудно найти альтернативу.

Главным недостатком выборочного контроля остается его подверженность закону десятикратного увеличения потерь. Смысл этого закона состоит в том, что при обнаружении брака и переходе брака с одной контролируемой технологической операции на другую до 10 раз могут увеличиться затраты, требуемые на его последующее исправление.

Альтернативой выборочному контролю качества продукции стал контроль не собственно продукции, а заявленных технологий ее производства и контроль качества подготовки персонала.

#### ***8.10.4. Сертификация агротехнологий и агропредприятий***

Основным направлением борьбы за качество альтернативным выборочному контролю стало использование международных стандартов серии ИСО 9000, в основу которых положен не контроль собственно качества продукции, выпускаемой предприятием, а контроль технологической культуры предприятия, осуществляемый через предписываемую стандартом систему документооборота. Эта система делает предприятие открытым для общественности, позволяет сертифицирующему органу не только контролировать состояние технологического оборудования и контрольно-измерительных приборов, но и отслеживать соответствие стандарту профессионального уровня работников.

Системой документооборота устанавливается персональная ответственность каждого работника на своем рабочем месте в системе работник-технология за соблюдение технологических режимов, должностных инструкций и уровня профессиональной подготовки.

Предлагаемый стандартом ИСО 9000 механизм документооборота позволяет в случае снижения качества определить конкретного виновника. Определяющими параметрами рассматриваются качественные характеристики персонала и степень детализации технологий. Высокое качество продукции возникает как следствие. Под качественными характеристиками персонала понимается совокупность профессиональных, нравственных и личностных свойств, являющихся конкретным выражением соответствия персонала тем требованиям, которые предъявляются к должности или рабочему месту. Качество технологий обеспечивается в основном применением уже упоминавшейся системы НАССР, хотя известны и другие методы.

Переход предприятия на работу по стандартам серии ИСО 9000 требует его сертификации и является сугубо добровольным. Сертификация предприятий производится аккредитованными в органах ИСО уполномоченными на это национальными сертификационными центрами или непосредственно сертификационными центрами ИСО. По сути, переход на стандарт ИСО 9000 есть публично взятые на себя предприятием моральные обязательства по выпуску высококачественной продукции, подкрепленные через сертификацию «рассекречиванием» технологического состояния предприятия и реальной возможностью найти и наказать конкретного виновника брака, если таковой будет иметь место.

Сертификация агропредприятий на соответствие стандартам серии ИСО 9000 — это требующая долговременной подготовки дорогостоящая операция, выгодная высокотехнологичным предприятиям, действительно желающим и способным выйти на европейские рынки.

Идеология стандартов ИСО 9000 зародилась в Германии и стала внедряться с середины 70-х годов XX века. За более чем 25 лет, прошедших с того времени, лишь немногим более 50% промышленных предприятий Германии перешло на эти стандарты. В сельском хозяйстве этот показатель значительно ниже, возникают специфичные проблемы.

Для перехода на стандарты ИСО 9000 в помощь сельхозпредприятиям необходимо разрабатывать типовые наборы агротехнологий, адаптированных к различным экологическим условиям, уровням интенсификации производства, разным хозяйственным укладам в рамках адаптивно-ландшафтных систем земледелия, создавать федеральные и региональные регистры сельскохозяйственных машин. Даже в том случае, если вся эта работа будет проделана, хозяйствам будет необходимо выполнить значительный объем работ по документальному оформлению своих индивидуальных технологических особенностей.

При сертификации учитываются природные условия возделывания сельскохозяйственных культур, сорт и семена, ресурсы интенсификации (минеральные и органические удобрения, мелиоранты, пестициды, ретарданты), структура и элементная база технологического процесса, выходные параметры (урожайность, производительность труда, затраты энергии), показатели экологической безопасности и многое другое.

Несмотря на значительные трудности, переход на стандарт ИСО 9000 остается самым перспективным направлением для тех сельхозпроизводителей, которые стремятся выйти на международные рынки продовольственного сырья. Прежде других над этим стоит задуматься производителям зерновых. Выполнение национальной программы по наращиванию производства и повышению качества зерновых в России становится насущной необходимостью.

## 8.11. Проектирование кормопроизводства

### 8.11.1. Современное состояние кормопроизводства и новые требования к его формированию

В XX веке в стране господствовал унитарный подход к специализации животноводства и связанного с ним кормопроизводства. Широкое распространение получило строительство крупных птицефабрик, животноводческих комплексов для крупного рогатого скота, овец и свиней. Причем места для них выбирались не на основе глубокого изучения природных условий, а приказным порядком. В то же время мелкие деревни с их небольшими колхозными фермами были признаны бесперспективными. Поэтому проектировщикам при разработке кормовой базы для гигантских комплексов приходилось подстраиваться под административные решения и подгонять свои расчеты, не обращая внимания на экономику.

При переходе на адаптивно-ландшафтные системы земледелия соотношение различных угодий (в том числе природных сенокосов и пастбищ) и структура посевных площадей полевых культур (в том числе кормовых) должны вытекать из агроэкологической оценки земли. Одновременно необходимо учитывать производственно-ресурсный потенциал товаропроизводителей и разнообразие хозяйственных укладов.

В современном развитии земледелия России с углублением его дифференциации применительно к природным, экономическим и социальным факторам возрастает интегрирующая значимость кормопроизводства, которое оказывает определяющее влияние не только на состояние животноводства, но и на повышение эффективности производства продуктов растениеводства, плодородие почв, устойчивость агроландшафтов, биоразнообразие, экологическую безопасность.

### 8.11.2. Состояние природных кормовых угодий

Доля кормовой площади различается в зависимости от природных условий. Природные кормовые угодья в лесной зоне занимают 23,5 млн га, или 40,5% площади сельхозугодий, в лесостепной и степной — 33,3 млн га, или 27,9%, в полупустынях — 9,2 млн га, или 83,6%, в горных районах — 21,2 млн га, или 66,8%. Во всех зонах под корма используются поймы рек.

В европейской лесостепи все водоразделы, занятые черноземами и серыми лесными почвами, распаханы. Природные кормовые угодья сохранились только на склонах и днищах оврагов, в долинах рек. Преобладают засухоустой-

чивые злаки урожайностью 1,2-1,5 т/га. Основные пастбища азиатской лесостепи размещены на солонцовых комплексах. Урожайность их 0,6-0,8 т/га.

Природные степи в западной части России сохранились небольшими островками. В летнюю засуху значительная часть многолетних трав, особенно ксерофитных злаков, почти прекращают свою жизнедеятельность. Под пастбища обычно отведены крутые покатые склоны. Растительный покров здесь довольно изрежен. Небольшие площади нераспаханных природных степей расположены на комплексах черноземов и темно-каштановых почвах с солонцами. Урожайность колеблется от 0,8 до 1,8 т/га сухого вещества.

В лесостепной и степной зонах имеют место низинные, пойменные, лиманные луга и даже болота. Они чередуются со степными и лугово-степными пастбищами на песчаных и супесчаных почвах. В связи с различной влагообеспеченностью урожайность травостоев колеблется от 0,3 до 4 т/га сухого вещества.

Полупустынная зона характеризуется доминированием природных кормовых угодий низкой продуктивности, причем на долю пастбищ приходится более 70% площади.

В горных районах природные кормовые угодья занимают около 13% территории.

ПКУ — важнейший источник не только кормовых, но и лекарственных, пищевых, технических, декоративных и других растений. Это банк биоразнообразия ценнейших растительных ресурсов, место обитания реликтовых растений, животных и птиц. Растительность ПКУ имеет большое природоохранное значение. Она играет большую противозерозионную роль, предохраняя поймы и склоны от размыва, а в степных и аридных зонах защищает от ветровой эрозии.

Несмотря на огромную территорию, занимаемую природными кормовыми угодьями, доля получаемых на них кормов составляет лишь 1/3 от общего объема их производства, что связано с низкой продуктивностью и эффективностью их использования. Это привело к неоправданному расширению доли производства объемистых кормов на пахотных землях.

### ***8.11.3. Размещение отраслей животноводства в соответствии с природными условиями***

Размещение отраслей животноводства должно быть адаптировано в соответствии с особенностями кормопроизводства применительно к природным и экономическим условиям отдельных регионов страны.

Развитие молочного и мясного скотоводства, на долю объемистых кормов которого приходится 70-75% по питательности от общего их расхода, наиболее целесообразно в природных зонах, благоприятных для травосеяния, при наличии продуктивных природных сенокосов и пастбищ. Молочное и мясное скотоводство должно развиваться на основе стойлово-пастбищной системы содержания животных. Это позволит также использовать естественные угодья и создавать культурные пастбища с регулируемым использованием их при выпасе животных. В хозяйствах с высокой распаханностью земель

будут применяться стойлово-выгульное содержание и стойлово-лагерная система содержания скота. В высокоинтенсивном молочном скотоводстве широкое применение должно получить строго нормированное многократное скармливание комбикормов и добавок из автоматизированных кормушек, обеспечивающее наиболее рациональное их использование и раздой коров.

Другим направлением обеспечения сбалансированного полнорационного кормления высокопродуктивных пород может стать скармливание кормосмесей разных по подбору кормов и питательности в зависимости от удоев и физиологического состояния животных.

Молочному направлению скотоводства наиболее полно отвечают природные условия Северо-Западной и Центральной частей таежно-лесной зоны европейской территории с высокой степенью интенсификации, особенно в пригородных районах, где оно сочетается с птицеводством. Это обусловлено высокой плотностью городского населения и относительно малой транспортабельностью этих видов продукции.

На Юго-Востоке европейской части лесной зоны основное направление животноводства — молочно-мясное. Этот район является поставщиком масла, сыра и говядины.

Северная лесостепь европейской части — зона развитого скотоводства, свиноводства и птицеводства. Здесь наиболее высок уровень производства свинины на душу населения и в структуре производства мяса.

Южная часть лесостепной зоны, степная и полупустынная зоны европейской части выделяются как база производства мяса и тонкой шерсти. В настоящее время здесь размещено более 20% поголовья овец России. Развивается также молочно-мясное и мясное скотоводство.

Сухостепная часть и предгорья европейской части располагают благоприятными условиями для развития различных отраслей животноводства: молочно-мясного и мясного скотоводства, овцеводства, свиноводства и птицеводства. Здесь размещается 1/3 поголовья овец в России и производится более 40 % шерсти от общего ее объема по России.

Лесные и лесостепные районы Урала характеризуются развитием молочно-мясного скотоводства и свиноводства. На юге региона, в степной части, где значительные площади заняты природными пастбищами, наиболее целесообразно развитие полутонкорунного и тонкорунного овцеводства и специального мясного скотоводства.

В Западной Сибири развиты различные отрасли животноводства, в том числе молочно-мясное скотоводство и тонкорунное овцеводство.

Восточная Сибирь отличается более низкой интенсивностью развития животноводства. Значительная часть продукции, необходимой для питания населения, завозится из других районов.

В Дальневосточном регионе удовлетворение спроса населения в продуктах питания за счет собственного производства обуславливает развитие молочно-мясного скотоводства и птицеводства, продукция которых менее транспортабельна.



Таким образом, зонами производства цельномолочной продукции являются районы с высокой концентрацией городского населения — Центральные и Северо-Западные. Товарными зонами по производству и поставкам в другие регионы продукции переработки молока (масло, сыр и др.) остаются районы с меньшей плотностью городского населения: Волго-Вятский, ЦЧЗ, Поволжский и Западно-Сибирский.

Говядина в основном производится за счет свехремонтного поголовья молочного стада (в районах с молочно-мясным направлением скотоводства). Мясные фермы в новых районах (Нечерноземье, Волго-Вятский, Дальний Восток и районы БАМа), как правило небольшие, созданы в качестве дополнительной отрасли в экономически крепких хозяйствах с производством молока, элитным семеноводством. Такие мясные фермы позволяют наиболее полно и эффективно использовать местные ресурсы (отдаленные пастбища, рабочую силу). Специализированное мясное скотоводство предполагает более широкое развитие в районах с высоким удельным весом естественных пастбищ в структуре сельхозугодий и дефицитом рабочей силы: в степных районах Урала, Западной и Восточной Сибири, Поволжья и Северного Кавказа.

Развитие отраслей животноводства целесообразно формировать на базе рационального сочетания крупного, среднего и мелкотоварного производства.

#### ***8.11.4. Расчет потребности животных в кормах***

Основные различия потребности в кормах зависят от видов животных (травоядных, моногастричных) и птицы, половозрастных групп, специализации производства продукции (молоко, мясо, шерсть, яйца и др.).

В качестве основного корма травоядные животные потребляют зеленые корма и продукты их консервирования (сенаж, сено, силос из провяленных трав, силос кукурузы и т.п.). Эти корма почти не используются моногастричными животными и птицей, конкурирующими за зерно с человеком. Высокопродуктивным травоядным животным скармливают дополнительно концентрированные корма.

В рационах свиней в зависимости от типов рационов наряду с комбикормами скармливают картофель, корнеплоды, травяную муку и травы из бобовых культур.

Основными компонентами полнорационных комбикормов для птицы являются зерно злаков — кукурузы, пшеницы, ячменя, проса, зернобобовых. Шроты, дрожжи и корма животного происхождения служат источниками протеина и незаменимых аминокислот. Высокая концентрация обменной энергии и протеина достигается путем производства высокобелковых зернобобовых культур и переработки масличных, в том числе ярового и озимого рапса — жмыхов и шротов.

Концентрация обменной энергии, протеина (в том числе переваримого) и клетчатки в сухом веществе рациона — главные показатели нормирования потребности животных.

Повышение конверсионного коэффициента превращения кормовых средств в продукты животноводства за счет увеличения питательности кормов служит основой роста рентабельности производства. Так, общие удельные затраты антропогенной энергии при производстве одного и того же количества молока на одну треть ниже при надое 6 тыс. кг по сравнению с надоями 3 тыс. кг молока [12]. Многие молочные породы скота в России в настоящее время могут обеспечить удой 10 тыс. кг молока в год, а мясные породы могут давать среднесуточные привесы более 1 кг [33].

Только при высокой концентрации обменной энергии, сбалансированности по протеину (для свиней и птицы, в том числе по незаменимым аминокислотам, обеспеченности витаминами и минеральными элементами) достигается высокая продуктивность животных.

В молочном скотоводстве половина необходимых питательных веществ должна покрываться за счет основных кормов. Рационы из качественных высокопитательных кормов при уровне обменной энергии 11 МДж/кг сухого вещества и концентрации сырого протеина 15-18% даже без комбикормов обеспечивают надой молока 20 кг и даже 24 кг в сутки, прирост ремонтного молодняка старше 5-6 месяцев — 650-850 г. Введение в рационы с такими объемистыми кормами концентратов (комбикормов) обеспечивают удои 35-40 кг у высокопродуктивных коров, высокий прирост молодняка в послемолочный период [33].

При планировании годовой продуктивности на фуражную корову 4500-5000 кг молока питательность корма должна составлять не менее 0,8 корм. ед., или 0,94 МДж ОЭ в 1 кг сухого вещества, концентрация сырого протеина не менее 11,5%, при надое 6500-7000 кг — не менее 11,4 МДж ОЭ и 16% сырого протеина. Для достижения более высоких надоев необходимо иметь корма с большей концентрацией обменной энергии и сырого протеина на уровне 17-18%.

Для эффективного использования концентрированных кормов содержание обменной энергии и протеина в них должно составлять для жвачных 11,5-12 МДж ОЭ и 14-16% СП, для свиней — 13-13,5 МДж и 15-16% СП, для птицы — 14-14,5 МДж и 20-25% СП.

Проектирование кормопроизводства для конкретного хозяйства проводят на определенное поголовье с учетом видов и половозрастных групп животных, а также на планируемую животноводческую продукцию. При этом используют детализированные нормы кормления и типовые рационы, принятые в зоотехнии. Обеспечение потребности животных различного уровня продуктивности в энергии и питательных веществах проектируется на основании специальных нормативов. Тип кормления разных животных с учетом их возраста и продуктивности рассчитывается в соответствии с принятыми рационами. На основании структуры кормовых рационов и нормативов затрат кормов на производство продукции разрабатываются специальные таблицы годовой потребности и обеспеченности кормами для всех видов и половозрастных групп животных.

При расчетах годовой потребности по видам кормов их питательность берется из зоотехнических справочников. По данным анализов качества и питательности кормов (не реже одного раза в месяц) вносятся коррективы в принятые рационы.

При определении потребности животных в питательных веществах учитывают поедаемость сухого вещества и содержание энергии в 1 кг сухого вещества (табл. 8.94).

Содержание клетчатки в сухом веществе рациона высокопродуктивных коров должно составлять 18-20%.

Потребность коров в питательных веществах определяется в соответствии с массой животных, физиологическим состоянием и продуктивностью (табл.8.95).

#### 8.94. Поедаемость и удой коров в зависимости от качества корма [99]

Обменная энергия основного корма, МДж/кг сухого вещества	Поедаемость сухого вещества за сутки, кг	Возможный удой за сутки, кг
11 и выше	14	20-24
10,5-10,9	12,5	15
10-10,4	11,5	10
9,6-9,9	9	5
9-9,4	8	2

#### 8.95. Потребность коров в энергии [99]

Потребность	Потребление сухого вещества за сутки, кг	Обеспечение обменной энергией за сутки, (ОЭ), МДж
Для поддержания жизни	10-12	58
Для сухостойного периода (шесть-четыре недели до отела)	10-12	80
Для сухостойного периода (три недели до отела)	10,0	91
Для коров с удоем, кг:		
10	12,2	112
15	14,1	138
20	15,8	164
25	17,7	190
30	19,5	216
35	21,3	242
40	23,0	268
45	Более 24	293

Высокопродуктивных коров (с удоем свыше 8 тыс. кг молока) следует кормить индивидуально. Скармливание концентрированных кормов свыше 6 кг в сутки на голову должно производиться тремя порциями. Для других видов животных расчеты проводятся аналогично.

Кормовой баланс хозяйства подразделяется на два периода: летний и зимний, если не планируется круглогодичного стойлового содержания. Соотношение между периодами отличается в различных зонах и провинциях страны. Например, в Среднерусской провинции южнотаежно-лесной зоны летний (пастбищный) период составляет примерно пять месяцев, а зимний (стойловый) — семь. Практикой хозяйств установлено, что за пять летних месяцев здесь получается примерно 60-70% от годового производства молока и мяса, а за семь зимних — только 30-40%. В более южных районах летний период увеличивается, а на севере сокращается. Причем себестоимость животноводческой продукции в летнее время намного ниже, чем в зимнее. Поэтому при проектировании кормопроизводства главное внимание должно обращать на высококачественное и бесперебойное кормление животных в летнее время, чтобы как можно больше увеличить долю этой продукции, особенно при условиях выравненных цен на молоко в течение всего года (табл. 8.96, 8.97).

**8.96. Примерные нормы расхода кормов на одну голову  
молодняка КРС в год**

Показатели	Продукция выращивания на одну голову в год, кг				
	101-110	151-160	201-210	251-260	>260
Норма расхода кормов на одну голову в год, ц корм. ед.	14,5	16,9	19,8	23,2	24,5
Норма расхода переваримого протеина на 1 корм. ед., г	94	98	103	108	110

**8.97. Структура расхода кормов на продукцию выращивания  
молодняка КРС, %**

Продукция на одну голову в год, кг	Различные корма								концен- траты	молоч- ные, всево
	зеленые		сочные		грубые					
	всево	в том числе пастбищ- ные	всево	в том числе силос	всево	в том числе				
					сено	сенаж	солома			
101-110	32	22	17	16	27	19	3	5	20	4
151-160	25	16	19	16	26	16	6	4	25	5
201-210	23	14	20	17	24	12	9	3	27	6
251-260	20	10	22	18	23	11	12	-	29	6

Существуют три типа летнего содержания животных: пастбищное, стойлово-выгульное и комбинированное (пастбищно-стойловое). Однако стро-

гую границу между ними провести трудно. В большинстве хозяйств в настоящее время применяется комбинированное содержание животных, при котором какое-то количество кормов они получают на естественных пастбищах, а недостающую часть им доставляют в скошенном виде. В зависимости от состояния и продуктивности естественных пастбищ в различных хозяйствах соотношение пастбищной и скошенной трав будет меняться, что должно учитываться при проектировании.

При стойлово-выгульном содержании животные обеспечиваются в основном зелеными кормами в скошенном виде, но допускается также небольшой выпас во время прогулки. При пастбищном содержании они получают большинство зеленых кормов путем скармливания трав на корню, но в засушливые периоды может также частично использоваться подкормка в скошенном виде.

Наиболее дешевые зеленые корма можно получать на культурных пастбищах. Пастбищное содержание животных сокращает затраты труда и материальных ресурсов на 50-70% по сравнению со стойлово-выгульным за счет исключения работ по скашиванию, подвозу и раздаче объемистых зеленых кормов. Это способствует снижению себестоимости животноводческой продукции и повышению ее рентабельности. Молоко, которое получают в летний период при выпасе коров на пастбище, примерно в 2 раза дешевле по сравнению со среднегодовыми показателями.

Однако культурные пастбища еще не получили широкого распространения в нашей стране, в том числе в лесостепной зоне. Необходимо вернуться к этой проблеме на новой социально-экономической и экологической основе.

#### ***8.11.5. Ассортимент кормовых культур***

Подбор и структура кормовых культур должны отвечать следующим основным требованиям:

- обеспечивать высокую кормовую ценность;
- отвечать агроэкологическим условиям возделывания и оказывать благоприятное средообразующее влияние;
- рационально сочетать производство кормов с пашни и луговых угодий;
- обеспечивать высокую экономическую эффективность.

Интенсификация животноводства, особенно свиноводства, а также птицеводства самым непосредственным образом зависит от структуры фуражного зерна. По концентрации обменной энергии в зерне среди злаковых культур первое место для всех видов животных и птицы принадлежит кукурузе. Увеличение производства зерна кукурузы возможно как на основе интенсификации в традиционных зонах возделывания, так и путем расширения посевов раннеспелых гибридов в более северных районах Центрально-Черноземной зоны, Поволжья и Урала. Ограниченность возделывания этой культуры в южных регионах России обусловлена критическими уровнями влагообеспеченности. На смену кукурузе здесь приходит сорго.

Северная граница возделывания кукурузы на силос ограничивается теплообеспеченностью, при которой возможно устойчивое формирование по-

чатков с зерном не ниже восковой спелости. Именно такой силос может экономически конкурировать по питательности (более 11 МДж/кг ОЭ) с силосом из более дешевых многолетних трав.

Зернобобовые культуры — горох, вика пелюшка, люпин и другие обладают высоким содержанием ОЭ и играют определяющую роль в решении белковой проблемы, особенно в свиноводстве и птицеводстве. Новые сорта сои северного экотипа расширяют ареал возделывания этой культуры в северной лесостепи. Из масличных культур ведущая роль в обеспечении белком принадлежит озимому и яровому рапсу.

В соответствии с адаптивным потенциалом растений, возможностью получения устойчивых урожаев в Северо-Западном природно-экономическом районе приоритетное значение имеют такие зернофуражные культуры, как ячмень, озимая рожь, вика яровая, пелюшка, люпин, горох, рапс; в Центральном и Волго-Вятском — озимые рожь, пшеница и тритикале, ячмень, кукуруза, горох, вика, пелюшка, люпин, рапс; Центрально-Черноземном — зернобобовые, кукуруза, ячмень, сорговые; Поволжском — кукуруза, ячмень, зернобобовые, сорговые; Северо-Кавказском — кукуруза, зернобобовые; Уральском — озимая рожь, пшеница, ячмень, зернобобовые; Западно- и Восточно-Сибирском — ячмень, зернобобовые; Дальневосточном — кукуруза, зернобобовые.

При производстве объемистых кормов ведущая роль принадлежит многолетним травам. Стратегическим направлением в развитии полевого и лугового травосеяния является расширение посевов бобовых трав и их смесей со злаковыми. Бобовые культуры — основной источник биологического азота. Использование этих растений позволяет:

при поедании вволю травяных кормов увеличить суточные надои на 1,4-4 кг молока в расчете на корову по сравнению со злаковыми травами, удобренными азотом;

сократить затраты на возделывание;

увеличить продуктивность природных кормовых угодий, многолетних трав на пашне и последующих культур севооборота;

снизить расход затрат на комбикорма путем лучшей обеспеченности белком основного корма;

производить высококачественную экологически безопасную кормовую и животноводческую продукцию.

В лесной зоне европейской части России, в таежной и подтаежной зонах Сибири и на Дальнем Востоке основной многолетней бобовой культурой является клевер луговой. В структуре посевных площадей на пашне ему отводится около половины занимаемых под многолетними травами площадей. Урожайность клевера лугового в северных и восточных регионах составляет 6-8 т/га, центральных и западных районах лесной зоны европейской части России — 8,5-10 т/га. В Западной и Восточной Сибири на его долю отводится 20-25% от посевных площадей трав.

Люцерна приоритетна в лесостепи и степи. Однако и в лесной зоне европейской части России ее посевы могут быть расширены в 2-3 раза. Урожай-

ность люцерны в центральных, южных и восточных районах лесной зоны европейской части составляет 8-10 т/га. Ее доля в полевом травосеянии европейской части и Западной Сибири может достигать 40-45%.

Ареал распространения эспарцета, который отрицательно реагирует на кислую реакцию почвенной среды, ограничивается черноземными почвами лесостепной и степной зон. Донник — непревзойденная культура для солонцовых почв.

В решении проблемы кормового белка и обогащения почвы биологическим азотом особое значение имеет создание травостоев на основе смесей из различных бобовых трав (без или с добавлением злаковых видов).

За последнее десятилетие созданы экологически дифференцированные сорта кормовых культур с высокой устойчивостью к неблагоприятным факторам среды, универсальностью использования на полевых землях, сенокосах и пастбищах. В частности, принципиально важным преимуществом новых сортов клевера лугового является высокая зимостойкость, что позволило продвинуть на 300 км северную зону устойчивого возделывания и семеноводства этой культуры. По концентрации энергии и протеина кормовая масса этих сортов клевера лугового при уборке в фазу бутонизации приближается к зерну зерновых и зернобобовых культур. Кроме того, с корневыми и пожнивными остатками в почву после клевера лугового поступает более 150 кг/га биологического азота, что позволяет получать в последствии высокие и устойчивые урожаи зерновых культур.

Созданы сорта люцерны с высокой (8-10 т/га) продуктивностью, повышенной зимостойкостью и симбиотической азотфиксацией.

Среди новых кормовых бобовых культур все большее внимание уделяется козлятнику. Особенности культуры являются высокая продуктивность кормовой массы, азотфиксирующая способность, продуктивное долголетие (восемь лет и более). Эта культура обладает большой экологической пластичностью. Ее посевы распространяются на дерново-подзолистых, серых лесных почвах и черноземах с реакцией почвенного раствора, близкой к нейтральной. Для нее пригодны осушенные торфяники и кратко затопляемые пойменные земли. Успешное возделывание достигается при сумме осадков 450-500 мм, при меньшем количестве — на орошаемых землях.

Однолетние травы в основном предназначены для производства зеленых кормов в летний период, в меньшей степени используются для заготовки кормов на зимний период.

Ведущим направлением в повышении качества производимых кормов является формирование бобово-злаковых травостоев. В европейской части России однолетние смеси возделывают преимущественно в занятых парах в качестве предшественников озимых зерновых культур. В Нечерноземной зоне наряду с традиционными вико-овсяными, горохо-овсяными, пелюшко-овсяными смесями существенные преимущества имеют многочленные агрофитоценозы, например, горох или вика с люпином, кормовыми бобами, смеси с овсом, подсолнечником, яровым рапсом.

В регионах с ограниченной влагообеспеченностью преимуществом обладают посевы суданской травы, кормового проса в смеси с яровой и озимой викой, донником и т. п.

Возделывание кормовых культур на пашне осуществляется в различных типах севооборотов.

При определении доли производства травяных и других сочных, грубых кормов в севооборотах необходимо учитывать три условия:

возможные объемы поступления кормов с луговых угодий;

средообразующую роль многолетних трав в севооборотах;

экономическую эффективность скармливания основного вида корма в сочетании с комбикормами.

При соотношении в рационе основных (травяных) и концентрированных кормов 2:1 соотношение площадей под многолетними травами и зерновыми культурами в севообороте составит 1:1 при отсутствии в хозяйстве лугов. Например, при скармливании вволю корма, заготовленного из бобово-злаковых и злаковых культур ранних сроков уборки (12 кг сухого вещества в сутки), возможный удой составляет порядка 15 кг молока. Введение в рацион концентратов (5-7 кг в сутки) позволяет увеличить концентрацию обменной энергии и получить надои на уровне 25-30 кг в сутки.

В таежных районах европейской части приоритетным направлением в развитии полевого кормопроизводства является формирование многокомпонентных бобовых (например, люцерна + клевер луговой) и бобово-злаковых травостоев в сочетании с зернофуражными культурами, что позволяет увеличить в 1,5-1,8 раза продуктивность севооборотов по сравнению с традиционным возделыванием клеверо-тимофеечных смесей.

В степной зоне многолетние травы размещают преимущественно на склоновых эрозионно-опасных землях. Состав культур в травосмесях, уровень насыщения ими севооборотов играют ключевую роль в предотвращении эрозии почв. В лесостепных и степных районах ведущую роль в качестве кормовых культур на склоновых землях играют травосмеси с доминированием люцерны и костреца безостого. Формирование состава травосмесей и других культур севооборота зависит от сложности эрозионного ландшафта, расчлененности территории и экспозиции склонов.

#### ***8.11.6. Организация культурных пастбищ***

Пастбищное содержание травоядных животных имеет ряд существенных преимуществ по сравнению с другими видами содержания скота. Высококачественный пастбищный корм обеспечивает 20-24 кг надоя молока на корову в сутки. Пастбищный корм в 2-3 раза дешевле по сравнению со скармливанием массы в кормушках и в 4 раза дешевле, чем при круглогодичном стойловом кормлении силосом, сенажом, сеном. При этом та же техника может быть задействована в основном для заготовки кормов на зиму вместо ее использования на косьбу, транспортировку и раздачу зеленой массы.

По сравнению со стойловым содержанием при пастьбе расходы на осеменение коров сокращаются более чем в 2 раза, отпадает или сокращается не-



обходимость в покупке лекарственных препаратов, а использование молока или мяса животных, получающих пастбищный корм, повышает устойчивость организма человека к стрессам.

Ориентировочная потребность в зеленых кормах для дойных коров на пастбище устанавливается с учетом средней массы животных и размеров гурта. Корова массой 50-550 кг может потребить в день около 14-15 кг сухого вещества или 70-80 кг зеленой массы, а при массе 600-650 кг — 17-18 кг сухого вещества или 85-90 кг зеленой массы. Максимальные размеры гурта для дойного стада составляют 200 голов.

При проектировании культурного пастбища необходимо учитывать среднюю продолжительность его использования, а также неравномерность поступления кормов по циклам стравливания. Например, в лесостепной зоне самая высокая продуктивность бывает в первом и втором циклах стравливания — май (34%), июнь (32%), а во второй половине вегетационного периода она постепенно затухает (третий цикл — 20%, четвертый — 14% от общей за летний период). Продолжительность пастбищного периода по средним многолетним данным составляет здесь 145-150 дней.

Для полной обеспеченности зелеными кормами за счет пастбищ площадь их рассчитывают не по средней урожайности за весь летний период, а по более низкой величине во второй его половине. Учитывают также количество продуктивных животных и поедаемость пастбищного корма, которая при самых прогрессивных способах пастбы (загонный, загонно-порционный) составляет 80-85%. Если планируется полное обеспечение зелеными кормами за счет культурных пастбищ (70 кг на одну голову в день), то при урожайности 100 ц/га требуется выделить на весь летний период 2 га на одну корову; при урожайности 200 ц/га — 1 га и при урожайности 300 ц/га — 0,5 га.

Если же проектируется обеспечение зелеными кормами за счет культурных пастбищ на 70-80%, а остальная потребность удовлетворяется за счет других кормовых культур, выращиваемых на пашне, то вышеуказанные площади можно сократить соответственно до 1; 0,5 и 0,3 га на одну корову. Однако излишки зеленой массы, которые чаще всего бывают только в первом цикле стравливания, можно использовать в скошенном виде для другого поголовья или заготовки консервированных кормов на зиму.

Культурные пастбища для дойных коров (общественные и фермерские хозяйства) проектируют, как правило, рядом с фермами, чтобы не делать дополнительных затрат на строительство летних лагерей, так как за счет этого содержание животных возрастает более чем на 50%. При этом самые отдаленные загоны не должны быть расположены от фермы далее 2 км, так как каждый дополнительный 1 км перегона приводит к потере 0,5-1 кг молока. Культурные пастбища для личных подсобных хозяйств должны проектироваться в непосредственной близости от них.

Бессистемный выпас на естественных пастбищах приводит к изреживанию ценных кормовых трав, распространению сорных, вредных и ядовитых растений, а в результате — к вырождению травостоя, снижению урожайности и качества кормов. Поэтому для пастбищ должны обязательно проектироваться пастбищеобороты, загонная и загонно-порционная системы пастбы.

С этой целью они разбиваются на загоны, которые огораживают по периметру и скотопрогону постоянной изгородью. Для выделения однодневных порций целесообразно использовать современные электроизгороди («электропастухи»).

Трава в фазе кущения или начала выхода злаков в трубку без плодоносящих побегов (колос, метелка) представляет собой ценный пастбищный корм, сбалансированный по питательным веществам и богатый протеином, который хорошо поедается животными.

#### ***8.11.7. Технологии улучшения природных кормовых угодий***

Современные технологии улучшения и использования кормовых угодий основываются на следующих принципах:

производство высококачественных экологически безопасных кормов при сохранении окружающей среды от разрушения;

выбор оптимальных уровней интенсификации применительно к конкретным агроэкологическим условиям ландшафтов;

достижение максимальной рентабельности производства с учетом выхода животноводческой продукции.

Природные кормовые угодья улучшают в зависимости от мелиоративного состояния и состава травостоя коренным или поверхностным способом. Технологии коренного улучшения состоят из комплекса приемов по созданию высокопродуктивных сеяных сенокосов и пастбищ. Технологические приемы, применяемые при поверхностном улучшении, направлены на улучшение состава и увеличение продуктивности естественных травостоев.

Коренное улучшение в таежной и лесостепной зонах целесообразно проводить на закустаренных, закочкаренных, заболоченных лугах, а также на выродившихся естественных и старосеяных травостоях. В степной зоне коренное улучшение проводят на сильно сбитых и малоценных по ботаническому составу выгонах на склоновых землях, солонцах и солонцовых комплексах. Поверхностное улучшение проводится на незакустаренных, незакочкаренных лугах с наличием в лесной и лесостепной зонах не менее 30%, в степной 50 % ценных видов трав. На крутых склонах лесостепи и степи при затрудненном применении почвообрабатывающей техники поверхностное улучшение необходимо сочетать с почвозащитными мероприятиями.

Наибольшая экономическая отдача от приемов улучшения достигается на пойменных землях и низинных лугах. Суходольные луга располагаются на более бедных почвах, поэтому затраты на окультуривание почв здесь выше.

Культуртехнические работы включают в себя расчистку древесно-кустарниковой растительности, выкорчевку пней, удаление камней, первичную обработку почвы. В зависимости от закочкаренности и закустаренности территории, особенностей структуры почвенного покрова и почв применяются различные технологии культуртехнических работ.

Коренное улучшение лугов, освоение осушенных угодий под сенокосы и пастбища проводят путем ускоренного залужения или посева травосмесей

вслед за обработкой почвы с предварительным одно-двухлетним возделыванием однолетних культур.

Ускоренное залужение наиболее целесообразно, прежде всего, на пойменных и склоновых участках, подверженных эрозии.

Предварительное возделывание однолетних культур целесообразно на осушенных лугах, особенно с осоковыми кочками, слаборазложившимся торфом, в степной зоне на солонцовых почвах. В качестве предварительных культур в лесной зоне высевают подсолнечник, райграс однолетний, горохо-, вико-овсяные и другие смеси; в степных районах на солонцовых почвах — просо, суданскую траву, донник.

Основной способ обработки почвы суходольных, пойменных, осушенных лугов со средней и мощной дерниной заключается в дисковании тяжелыми боронами в два следа или фрезеровании с последующей запашкой плугами с полувинтовыми отвалами для оборота пласта на дно борозды и затем дискования в два-четыре следа. Такая обработка хорошо измельчает дернину, способствует ускорению минерализации органического вещества, создает условия для формирования продуктивных травостоев.

На суходольных лугах с мелкой 4-7 см дерниной осуществляют безотвальную обработку: дискование в три-четыре следа или фрезерование в два следа, или сочетание фрезерования с дискованием. При такой обработке не выворачивается на поверхность бедный подзолистый горизонт почвы.

На низинных и суходольных лугах временного избыточного увлажнения применяют комбинированные обработки почвы, сочетающие вспашку и безотвальное рыхление.

В лесостепной и степной зонах при коренном улучшении сенокосов и пастбищ балочных склонов в зависимости от их крутизны осуществляют следующие технологические операции:

на пологих склонах (до 5°) — дискование в два-три следа или фрезерование в один след, затем отвальная вспашка, дискование, культивация с боронованием, прикатывание;

покатые склоны средней крутизны (5-10°) дискуют в три-пять следов, прикатывают или вслед за двукратным дискованием ведется безотвальная обработка стойками СибИМЭ, затем вновь дискование в два следа и прикатывание;

крутые склоны (более 10°) — глубокое (на 30-35 см) безотвальное рыхление стойками СибИМЭ, дискование в три-четыре следа по диагонали участка, прикатывание.

Необходимым мероприятием при улучшении суходольных лугов на дерново-подзолистых, светло-серых лесных почвах, осушенных переходных торфяниках является известкование. Известкуют улучшенные луга с рН почвы ниже 5 и при рН 5,1-5,5 при посеве бобово-злаковых травосмесей. Нормы известки должны обеспечить сдвиг кислотности до 5,5-5,8 для злаковых травостоев и 6 — для бобово-злаковых смесей. Ориентировочные дозы известки — 3-4 т/га для легких и 5-8 т/га для суглинистых почв. Известкова-

ние проводят после основной обработки дернины и выравнивания поверхности. Известь вносится на глубину 10-12 см.

Составление травосмесей осуществляется с учетом агроэкологического типа улучшаемого кормового угодья, способа использования травостоя — пастбищного, сенокосного, разных по скороспелости травосмесей.

Предпочтение целесообразно отдавать бобово-злаковым травостоям. Злаковые смеси имеют преимущества в экстремальных экологических условиях, например, на долгопоемных участках, лиманах длительного затопления, солонцах. В северной лесостепи при создании позднеспелых сенокосов в состав травосмесей включают люцерну синегибридную и костра безостого, раннеспелых — овсяницу луговую и ежу сборную, среднеспелых — клевер луговой, люцерну синегибридную. В более засушливых условиях лесостепи и степи для залужения склонов (включая южные экспозиции), оврагов и песчаных земель используют житняк ширококолосный, костер безостый, эспарцет песчаный, люцерну желтую или пестрогибридную.

На склоновых землях южной лесостепи состав смесей состоит из люцерны синегибридной, пырея бескорневищного, пырея среднего. На смытых почвах склонов степной зоны вместо костра безостого используют костер прямой. Они в сочетании с люцерной желтой возделываются на глубоких солонцах. На более мелких преимущество имеют донники с костром прямым, житняком гребневидным или пустынным.

На лиманах с кратковременным затоплением высевают люцерну или эспарцет с костром безостым. При средней продолжительности затопления в состав травосмеси включают костер безостый, лисохвост луговой, полевицу гигантскую. Наибольшую устойчивость к длительному затоплению имеет пырей ползучий.

В поймах рек, на осушенных болотах при создании злаковых травостоев наибольшее распространение имеет костер безостый, овсяница луговая, тимфеевка луговая, в Восточной Сибири — костер безостый в смеси с пырейником сибирским.

В условиях орошения в Поволжье, Восточной Сибири, на Южном Урале особое преимущество по урожайности и высокой питательности, в том числе содержанию белка, имеют посевы люцерны сине- и пестрогибридной.

На торфяных почвах наиболее адаптированы к этим условиям двукисточник тростниковидный, овсяница тростниковидная, костер безостый и др.

Во всех регионах при введении (интродукции) бобовых культур (козлятник, люцерна, люпин, астрагал, соя и др.) необходимо применение соответствующих биопрепаратов (см. раздел 8.9.12).

Предпосевная обработка семян в этом случае обеспечит повышение продуктивности на 30-100% (и более), что связано с отсутствием специфических клубеньковых бактерий на новых для данной культуры почвах. При этом существенно повышается накопление протеина и резко улучшается перезимовка многолетних бобовых.

### 8.11.8. Организация зеленого конвейера

Зеленый конвейер представляет собой систему организационных, агротехнических и экономических мероприятий, обеспечивающих максимально продолжительное, бесперебойное поступление кормов высокого качества в полной потребности. Его проектируют с учетом почвенно-климатических условий конкретного хозяйства, специализации и структуры животноводства.

Большинство культур зеленого конвейера обычно размещают в специализированных кормовых севооборотах, вблизи животноводческих ферм или летних лагерей, чтобы избежать дальних перегонов животных и перевозок зеленой массы. В него необходимо включать виды, сорта и гибриды кормовых культур с таким расчетом, чтобы обеспечить ритмичное и бесперебойное снабжение всего поголовья животных биологически полноценными кормами.

Проектирование зеленого конвейера начинают с естественных пастбищ и посевов многолетних трав прошлых лет. Для этого уточняют их площади и урожайность, массу травы, которая будет получена в каждом месяце и период ее использования в зависимости от суточной потребности и оптимальной для скармливания фазы развития растений; учитывают также процент поедания кормов. Например, в Среднерусской провинции лесостепной зоны самые ранние корма (примерно с 10 по 15 мая) могут быть получены с естественных пастбищ на южных склонах за счет озимых культур и многолетних злаковых трав. С 20 по 25 мая используют озимую рожь в течение двух-трех недель, затем тритикале и озимую пшеницу (пять-семь дней). Для повышения качества зеленых кормов озимые зерновые должны выращиваться в смеси с высокобелковыми культурами (вика мохнатая, сурепица и рапс озимые). В дальнейшем озимые зерновые культуры грубеют и плохо поедаются животными.

Примерно в середине июня подходит первый укос многолетних бобово-злаковых смесей (20-25 дней). Во второй половине июня и в начале июля начинают скашивать однолетние смеси (овес, вика яровая и мохнатая, горох посевной и полевой, яровые сурепица и рапс). При благоприятных условиях увлажнения и минерального питания в конце июля – начале августа формируется второй укос многолетних сеяных трав и естественных пастбищ. При недостатке влаги в середине лета второй укос отрастает слабо. В то же время однолетние травы вторых и третьих сроков сева еще не успевают к этому времени сформировать хороший урожай.

Для устранения дефицита зеленых кормов в июле при засушливых условиях очень перспективны загущенные посевы засухоустойчивых культур (кукуруза, сорго сахарное, суданская трава, сорго-суданковые гибриды, пайза, кормовое просо и др.), которые высевают на небольших площадях в общепринятые для них сроки. За счет большой густоты стояния растений они намного опережают обычные (пунктирные или широкорядные) посевы этих же культур по темпам нарастания зеленой массы и формируют высокий урожай за 50-60 дней вегетации.

В августе и сентябре основным источником зеленых кормов являются обычные посевы этих же культур. Кроме того, при благоприятном увлажнении могут быть получены третьи укосы многолетних трав. В осенний период (сентябрь, октябрь) можно скармливать корнеплоды и бахчевые культуры, а также различные отходы растениеводства и овощеводства.

При проектировании зеленого конвейера важное значение имеют промежуточные посевы, которые возделывают в кормовых и других севооборотах до посева или после уборки основных культур. В лесостепной зоне после уборки озимых на зеленый корм в качестве поукосных культур более перспективными являются засухоустойчивые растения (кукуруза, сахарное сорго, суданская трава, сорго-суданковые гибриды, пайза, кормовое просо, подсолнечник и др.). После уборки однолетних трав на зеленый корм во второй декаде июля в качестве поукосных целесообразно использовать следующие культуры: горох, кормовые бобы, овес, ячмень, подсолнечник.

После уборки гороха, ячменя и озимых на зерно в качестве пожнивных культур в начале августа можно сеять только растения семейства капустных: яровые рапс, сурепица, редька масличная, горчица белая и др. Эти культуры продолжают вегетировать до  $-8^{\circ}\text{C}$ , поэтому их можно использовать в системе зеленого конвейера весь октябрь, а в отдельные годы и в ноябре. Очень важно, что по содержанию сырого протеина они приближаются к бобовым растениям. За счет широкого внедрения позднего звена зеленого конвейера можно продлить содержание животных на летних кормах на 1-1,5 месяца и сэкономить значительное количество консервированных кормов, заготовленных на зиму. При средней урожайности различных культур от 150 до 250 ц/га на одну условную голову КРС требуется примерно 0,5-1 га пашни.

С агрономической точки зрения набор различных культур в зеленом конвейере целесообразно иметь небольшой и по возможности с одинаковыми приемами их возделывания, что будет способствовать снижению затрат. В то же время с зоотехнической точки зрения предпочтение отдается более широкому разнообразию зеленых кормов, так как животные неохотно поедают в течение длительного периода одну и ту же культуру. В связи с этим при проектировании зеленого конвейера рассчитанные площади целесообразно расширить, чтобы в каждом месяце можно было использовать две-три различные культуры. Излишки зеленой массы можно использовать для заготовки на зимний период сена, силоса и сенажа.

#### ***8.11.9. Заготовка кормов на зимний период***

В общественных хозяйствах на зиму заготавливают корма грубые (сено, сенаж, солома), сочные (силос) и фуражное зерно для приготовления концентрированных кормов. В фермерских и личных подсобных хозяйствах обычно производят зеленые корма и продукты их консервирования (сенаж, силос, сено), сочные (корнеплоды, картофель, бахчевые культуры). Главной целью консервирования кормов является максимальное сохранение биологической ценности зеленой массы. Питательность заготавливаемых кормов зависит от химического состава растений. Наряду с агроэкологическими ус-

ловиями особое влияние на качество заготавливаемых кормов оказывают сроки уборки и технологии приготовления. Оптимизация сроков уборки и строгое выполнение регламента технологии заготовки позволяют производить корма с содержанием обменной энергии более 10 МДж/кг сухого вещества, что отвечает потребности высокопродуктивных животных.

В соответствии с ГОСТ 4808-87 качество сена должно отвечать следующим основным требованиям. Массовая доля в сухом веществе сырого протеина должна составлять: естественные сенокосы – 11% (первый класс), 9 (второй класс), 7% (третий класс); сеяный злаковый травостой – 13% (первый класс), 10 (второй класс), 8% (третий класс); сеяный бобово-злаковый травостой – 14% (первый класс), 11 (второй класс), 9% (третий класс); сеяный бобовый травостой – 16% (первый класс), 13 (второй класс), 10% (третий класс).

В соответствии с ОСТ 10201-97 качество сенажа должно отвечать следующим основным требованиям. Массовая доля сухого вещества во всех трех классах может колебаться от 40 до 60%. Массовая доля сырого протеина в сухом веществе злаковых трав должна составлять 12% (первый класс), 10 (второй класс), 8% (третий класс). Для бобово-злаковых травосмесей эти показатели равны соответственно 13, 11 и 9%, для клевера – 15, 13 и 11%, для других бобовых трав 16, 14 и 12%.

В соответствии с ОСТ 10202-97 массовая доля сухого вещества в силосе первого класса может колебаться от 18% (подсолнечник) до 30% (проявленные многолетние травы); для второго класса эти показатели должны быть 15-30%, а для третьего класса – 15-25%. Массовая доля сырого протеина в сухом веществе должна составлять: первый класс – от 11% (кукуруза, сорго, злаковые травы и др.) до 15% (бобовые травы); второй класс – от 7,5% (кукуруза, сорго) до 13% (бобовые травы), третий класс – от 7,5% (кукуруза, сорго) до 11% (бобовые травы).

#### ***8.11.10. Устройство территории пастбищ***

Организация территории пастбищ включает в себя следующие задачи:

- закрепление пастбищ за животноводческими фермами;
- размещение гуртовых и отарных участков;
- организация пастбищеоборотов;
- размещение загонов очередного стравливания;
- размещение летних лагерей, водных источников и скотопрогонов;
- обоснование устройства территории пастбищ.

Основными требованиями, учитываемыми при устройстве территории пастбищ, являются:

- соответствие качества травостоя гуртовых участков биологическим особенностям разных видов и возрастных групп животных;
- устранение дальних перегонов животных и приближение мест производства зеленых кормов в севооборотах к местам их потребления скотом в пастбищный период.

При устройстве территории пастбищ особое внимание обращается на природное и сельскохозяйственное состояние участков. От степени изученности существующего экологического состояния и использования пастбищ зависит их территориальная организация.

При устройстве производится согласованное размещение линейных элементов, устанавливаются структура и площади.

Закрепление пастбищ за животноводческими фермами и комплексами производится с учетом их пригодности для пастбы различных видов животных, особенностей летнего содержания скота, качества травостоя.

При определении площади пастбищ ( $\Pi$ ) га, закрепленных за животноводческой фермой, необходимо исходить из потребности животных в зеленом (сухом веществе) корма ( $H$ ) ц, проектной урожайности пастбищ ( $У$ ) ц/га, а также площади пастбищ, используемых ежегодно в порядке пастбищеоборота под сенокосение, заготовку сенажа и силоса, отдых и восстановление травостоя и площади, отводимой под скотопрогоны, летние лагеря и водоисточники:

$$\Pi = \frac{1,25 H}{У}.$$

Этот метод расчета применим только к фермам крупного рогатого скота и овцефермам. Свиньи и птица получают зеленую массу с полей севооборотов и прифермских участков.

Для пастбищного содержания производится формирование выпасных групп животных: крупный рогатый скот объединяют в гурты, овец – в отары, различные виды скота (смешанный скот) – в стада, лошадей – в табуны, за которыми закрепляют постоянные участки пастбищ, так называемые гуртовые.

Коров формируют в гурты не более 200 голов, телят до 6-месячного возраста – до 100 голов, откормочный молодняк крупного рогатого скота – по 200-300, отары овец – по 600-1200, табуны лошадей – по 30-100 голов. Выпасные группы личного скота формируют в зависимости от размещения населенных пунктов и величины стада.

Расчетная площадь гуртовых, отарных участков зависит от потребности в зеленой массе одной головы скота в сутки, поголовья скота в гурте, продолжительности пастбищного периода и продуктивности пастбищ. При этом необходимо учитывать площадь пастбища, используемую ежегодно в порядке пастбищеоборота под сенокосение, отдых и восстановление травостоя, а также площадь, отводимую под скотопрогоны, летние лагеря и водные источники.

Расчетную площадь гуртового (отарного) участка ( $\Pi$ ) можно рассчитать по формуле (га)

$$\Pi = \frac{1,25 H \cdot K \cdot Д}{У}, \quad (8.60)$$

где  $H$  – суточная потребность животного в зеленой массе, кг корм. ед.;  
 $K$  – количество скота в гурте (отаре);



$D$  – продолжительность пастбищного периода, дни;

1,25 – коэффициент, включающий в себя 20% от расчетной площади, выделяемой в порядке пастбищеоборота под сенокосение, отдых и восстановление травостоя и 5% – от отводимой под летние лагеря, водные источники и скотопогоны;

$У$  – проектная урожайность пастбища, кг корм. ед. с 1 га.

При недостаточной обеспеченности пастбищами в приведенную формулу вводят коэффициент обеспеченности пастбищами, который равен отношению имеющейся площади к расчетной ( $K = P_n : P_r$ ).

Границы гуртовых и отарных участков совмещают с дорогами, естественными урочищами, скотопогонами, пастбищезащитными лесными полосами и другими элементами ситуации.

Для повышения продуктивности пастбищ и улучшения качества травостоя разрабатывается система пастбищеоборотов. В зависимости от природных и экономических условий применяют разные виды пастбищеоборотов.

Под пастбищеоборотом понимают систему использования пастбищ и ухода за ними, направленную на поддержание и увеличение их продуктивности путем последовательного чередования выпаса, отдыха и сенокосения, заготовки сенажа и силоса по годам на отдельных участках в сочетании с другими мероприятиями по возобновлению и улучшению травостоя. Оставленные для отдыха и восстановления травостоя участки пастбищ служат вместе с тем и страховым фондом, т. е. в неблагоприятные для роста трав годы они могут использоваться под выпас скота.

Схемы пастбищеоборотов различаются в зависимости от природных особенностей пастбищного участка, его площади и продуктивности, типа травостоя, сроков и интенсивности отрастания, системы производства кормов.

Пастбищеобороты разрабатывают одновременно с проектированием гуртовых участков или загонов очередного стравливания и совмещают с ними. При гуртовых участках больших размеров проектируют такие пастбищеобороты, которые предусматривают мероприятия по использованию пастбищ и уходу за ними в пределах загонов очередного стравливания. На участках небольших размеров, исключающих возможность проектирования расчетного числа загонов очередного стравливания, пастбищеоборотным считается выпасной (гуртовой) участок. При создании пастбищеоборота в системе выпасных (гуртовых) участков число их увеличивается на два-три, чтобы в порядке ротации проводить мероприятия по улучшению или возобновлению травостоя и скашиванию травы на сено или зеленую подкормку. На остальных участках осуществляют выпас. В пастбищеоборот объединяют выпасные участки, используемые одним видом скота. Число лет пастбищеоборота предопределяет число выпасных участков и площадь пастбищ, которая ежегодно выделяется для сенокосения с возможным позднеосенним выпасом по отаве, отдыха и обсеменения. Ротация пастбищеоборота зависит от климатических условий, почв, типов пастбищ. Продолжительность ротации пастбищеоборота в лесной зоне 10-12, степной и лесостепной зонах 3-6 лет. Примерные схемы пастбищеоборотов приводятся в табл. 8.98.-8.108.

Каждый гуртовой (отарный) участок делится на загоны. Загоны очередного стравливания проектируют на всех видах пастбищ (культурных, улучшенных, естественных) независимо от уровня продуктивности, характера использования травостоя. При проектировании решают следующие задачи:

- определение числа и размеров загонов;
- установление формы загонов;
- размещение загонов.

Число загонов зависит от принятого пастбищеоборота и определяется исходя из продолжительности периода отрастания травы, числа дней пастбы в одном загоне за один цикл стравливания, продуктивности пастбищ, площади гуртового участка.

### 8.98. Схема пастбищеоборота для суходольных пастбищ лесостепи

Год ротации	Номер пастбищного участка						
	I	II	III	IV	V	VI	VII
	Номер гуртового участка						
	1	2	3	4	5	-	-
Первый	1	2	3	4	5	Ул.	О
Второй	1	2	3	4	Ул.	О	5
Третий	1	2	3	Ул.	О	4	5
Четвертый	1	2	Ул.	О	3	4	5
Пятый	1	Ул.	О	2	3	4	5
Шестой	Ул.	О	1	2	3	4	5
Седьмой	О	1	2	3	4	5	Ул.

### 8.99. Схема пастбищеоборота для суходольных пастбищ степи

Год ротации	Номер пастбищного участка				
	I	II	III	IV	V
	Номер гуртового участка				
	1	2	3	-	-
Первый	Ул.	1	2	3	О
Второй	О	Ул.	1	2	
Третий	1	О	Ул.	2	3
Четвертый	1	2	О	Ул.	3
Пятый	1	2	2	О	Ул.

### 8.100. Схема пастбищеоборота для суходольных пастбищ лесостепи

Год ротации	Номер пастбищного участка			
	I	II	III	IV
	Номер гуртового участка			
	1	2	-	-
Первый	Л	2	Ул.	О
Второй	1	Ул.	О	2
Третий	Ул.	О	1	2
Четвертый	О	1	2	Ул.

## 8.101. Схема пастбищеоборота для суходольных пастбищ степи

Год ротации	Номер пастбищного участка		
	I	II	III
	Номер гуртового участка		
	1	2	-
Первый	1	2	Ул.
Второй	1	2	О
Третий	1	Ул.	2
Четвертый	1	О	2
Пятый	Ул.	2	1
Шестой	1	2	1

Условные обозначения: цифры 1, 2, 3... и т.д. означают очередность пастбы скота на участках (загонах) соответствующих гуртов;

Ул. – мероприятия по улучшению с целью возобновления (восстановления) травостоя в данном году;

О – естественное обсеменение участка (загона) или сенокосение во влажные годы на сено и зеленый корм.

На высокопродуктивных культурных пастбищах может быть 5-7 циклов стравливания, на естественных – 3-5.

Для определения числа загонов можно пользоваться формулой

$$K = \frac{II+Ч}{Ч} + O, \quad (8.61)$$

где  $K$  – число загонов;

$II$  – период возобновления травостоя, дни;

$Ч$  – средняя численность стравливания загона в течение одного цикла, дни;

$O$  – число загонов, выделяемых в порядке пастбищеоборота для сенокосения, отдыха и обновления травостоя, которая принимается 15-20% от регулярно стравливаемых загонов.

Период отрастания травостоя в зависимости от вида пастбищ, типа травостоя, характера увлажнения и месяца (или цикла стравливания) колеблется от 18-20 до 30-35 дней пастбищного сезона, иногда до 40 дней.

При орошении травостой после стравливания возобновляется в среднем за 24-26 дней. Продолжительность пребывания скота в загоне по санитарно-профилактическим соображениям, а также во избежание вторичного использования травостоя в одном цикле стравливания не должна превышать 1-3 дней на культурных и 4-6 дней на других видах пастбищ.

Число загонов должно быть кратным числу участков пастбищеоборота. Размеры сторон загонов и их соотношение устанавливаются с учетом организации рациональной пастбы животных, производительного использования сельскохозяйственной техники по уходу за травостоем, минимальных затрат на ограждение, а при орошении – удобства работы поливной техники.

### 8.102. Схема ротации пастбищеоборота в системе загонов очередного стравливания для суходольных пастбищ степи и лесостепи

Год ротации	Номер загона очередного стравливания							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Первый	Ул.	2	3	4	5	6	1	0
Второй	0	Ул.	3	4	5	6	1	2
Третий	1	0	Ул.	4	5	6	3	2
Четвертый	1	2	0	Ул.	5	6	3	4
Пятый	1	2	3	0	Ул.	6	5	4
Шестой	1	2	3	4	0	Ул.	5	6
Седьмой	1	2	3	4	5	0	Ул.	6
Восьмой	1	2	3	4	5	6	0	Ул.

Загоны очередного стравливания должны быть однотипными по травостою и размещены длинными сторонами поперек склона одинаковой экспозиции. В степных, полупустынных и пустынных районах с равнинным рельефом загоны размещают длинной стороной перпендикулярно направлению господствующих ветров или с востока на запад, чтобы избежать движения животных при пастьбе против солнца. Минимальная протяженность скотопрогонов достигается при размещении загонов по так называемой коридорной системе с выходом их коротких сторон на скотопрогон.

Длина загона рекомендуется не более 600-800 м, ширина устанавливается с учетом двойного нормального разворота стада, но не менее 100 м, форма прямоугольная, соотношение сторон 1:2 или 1:3. Длинная сторона размещается поперек склона, короткая сторона загона – вдоль склона по линии стока. Границы совмещают с искусственными и естественными рубежами.

После размещения загонов очередного стравливания окончательно устанавливается порядок использования пастбищ с учетом принятого пастбищеоборота для данного вида скота или гуртового участка.

Для ограждения загонов используют постоянные, переносные или комбинированные изгороди. Иногда применяют зеленые изгороди из кустарника. Постоянная изгородь из деревянных или железобетонных столбов, устанавливаемых на расстоянии 4-6 м и соединенных тремя-пятью рядами проволоки, жердей, может возводиться по границам гуртового и старного участков и вдоль скотопрогонов. Временная электроизгородь часто используется для выделения порционных участков, а в отдельных случаях и загонов.

Одновременно с размещением гуртовых участков и загонов очередного стравливания намечаются места для строительства летних лагерей, источников водоснабжения, проектируются скотопрогоны. Строительство летних лагерей (навесы, постройки для жилья, хранения продуктов и кормов, искусственного осеменения и др.) предусматривается для сокращения расстояний перегонов животных при удаленности пастбищ от фермы на расстояния, превышающие допустимые для данного вида и группы животных. В одном летнем лагере могут размещаться две-три выпасные группы скота.

Участок для строительства летнего лагеря должен размещаться по возможности в центре пастбищного массива, вблизи водного источника, быть сухим, защищенным от ветров, иметь хорошие подъездные пути. Площадь летнего лагеря устанавливается из расчета 50-60 м<sup>2</sup> на корову и 20-30 м<sup>2</sup> на голову молодняка крупного рогатого скота.

Размещение пастбищезащитных лесных полос производится по границам выпасных участков. Расстояние между лесополосами по длинной стороне гурта 200-300 м, по короткой (поперечной) – 1500-2000 м, ширина лесных полос 7,5-15 м.

Зеленые зонты (куртины) площадью 0,2-1,2 га размещают вблизи водных источников. Количество зонтов зависит от числа гуртов и наличия водных источников.

На пастбищных угодьях создают энтомологические участки для диких животных, птиц, насекомых опылителей и ценной растительности. Такие участки размещают по опушкам пастбищезащитных лесных полос и зеленых зонтов в местах сукцессии, а также в водоохраных зонах прудов, водоемов, озер, ручьев, копаней, малых рек. Площадь энтомологических участков и их количество зависят от числа обитаемых популяций.

#### ***8.11.11. Устройство территории сенокосов***

Устройство территории сенокосов заключается в размещении сенокосооборотных и бригадных участков, дорожной сети и скотопрогонов, водных источников, полевых станов.

На основе землеустроительного обследования уточняют площади, размещение сенокосов, закрепление их за производственными подразделениями, мероприятия по их улучшению.

Под сенокосооборотом понимается система использования сенокосов и ухода за ними, предусматривающая чередование сроков сенокосения и выпаса по отаве, проведение мероприятий по улучшению травостоя. Сенокосы закрепляются за теми бригадами, на территории которых они расположены. После закрепления сенокосов за бригадами устанавливается сенокосооборот, предусматривающий деление сенокосов на четыре-пять участков для использования по определенной схеме. Для каждого типа сенокоса (суходольный, пойменный, улучшенный и т.д.) вводится самостоятельный сенокосооборот.

При проектировании сенокосооборотных участков учитывают следующие основные требования: они должны быть компактными, примерно одинаковыми по площади, однотипными по характеру травостоя, удобными по размерам сторон и конфигурации для механизированного сенокосения, а при орошении – для производительного использования поливной техники. Границами бригадных и сенокосооборотных участков могут быть дороги, ручьи, канавы, балки и другие естественные элементы.

На сенокосах размещают энтомологические заказники и кормовые поля для дикой фауны.

Сочетание разных видов пастбище- и сенокосооборотов в агроландшафтах способствует оптимальному их функционированию, улучшению их видового разнообразия.

Схемы ротации пастбищеоборотов и сенокосооборотов для степи и лесостепи приведены в таблицах 8.103.-8.106.

#### 8.103. Схема ротации сенокосооборота при одноукосной системе использования суходольных сенокосов лесостепи

Год ротации	Номер сенокосооборотного участка (поля)			
	1	2	3	4
Первый	Ук	Уо	Уц+в	Уц
Второй	Уо	Уц+в	Уц	Ук
Третий	Уц+в	Уп	Ук	Уо
Четвертый	Уц	Ук	Уо	Уц+в
Пятый	Ук	Уо	Уц+в	Уц

#### 8.104. Схема ротации сенокосооборота для двухукосных заливных сенокосов лесостепи

Год ротации	Номер сенокосооборотного участка (поля)					
	1	2	3	4	5	6
Первый	Унк	Ук	Уб	Уо	Уц+в	Уц
Второй	Ук	Уб	Уо	Уц+в	Уц	Унк
Третий	Уб	Уо	Уц+в	Уц	Унк	Ук
Четвертый	Уо	Уц+в	Уц	Унк	Ук	Уб
Пятый	Уц+в	Уц	Унк	Ук	Уб	Уо
Шестой	Уц	Унк	Ук	Уб	Уо	Уц+в

#### 8.105. Схема ротации сенокосооборота для одноукосных суходольных сенокосов степи

Год ротации	Номер севооборотного участка (поля)				
	1	2	3	4	5
Первый	Ук	Ук	Уо	Уц+в	Уц
Второй	Ук	Уо	Уц+в	Уц	Ук
Третий	Уо	Уц+в	Уц	Ук	Ук
Четвертый	Уц+в	Уц	Ук	Ук	Уо
Пятый	Уц	Ук	Ук	Уо	Уц+в

**8.106. Схема ротации сенокосооборотов  
для высокоурожайных одноукосных сенокосов лесостепи**

Год ротации	Номер севооборотного участка (поля)			
	1	2	3	4
Первый	Упц	Уц	Уо	Ук
Второй	Уц	Уо	Ук	Упц
Третий	Уо	Ук	Упц	Уц
Четвертый	Ук	Уцп	Уц	Уо

**8.11.12. Составление картограммы мероприятий по организации,  
использованию и улучшению кормовых угодий**

После разработки мероприятий по улучшению кормовых угодий и составления необходимых расчетов и документации оформляется картограмма мероприятий. Картографической основой для составления картограммы служит карта типов кормовых угодий. Она должна быть в том же масштабе, что и проектный план или на масштаб крупнее. При отсутствии обобщенной карты типов кормовых угодий или в случае большой ее загруженности картограмму можно составлять на плане землепользования с нанесением на него специальной нагрузки или совмещать ее с основным чертежом проекта. На картограмме показываются:

все элементы организации пастбищной территории, предусмотренные в проекте, – условными знаками;

типы улучшаемых угодий – присвоенным им в легенде номером, который ставится в числителе, в знаменателе указывается номер контура по уточненной поконтурной ведомости;

назначение трансформируемого угодья – буквенными индексами, которые ставятся в числителе рядом с номером современного типа угодья по легенде. Для этих целей предлагается использовать следующие индексы: Пк – пастбища краткострочные, ДКП – долголетние культурные пастбища, С – сенокос, СП – комбинированное использование, Ло – лиманное орошение, ОО – оазисное орошение;

культуртехническое состояние кормовых угодий – специальными немасштабными знаками;

запроектированные комплексы мероприятий по улучшению – штриховкой контуров, по поверхностному – горизонтальной, по коренному – вертикальной, по осушению – крестообразной, по орошению (лиманному, оазисному) – наклонной и специальными немасштабными знаками;

очередность освоения мероприятий: первоочередного освоения – штриховкой (выше упомянутой) красной тушью, на дальнюю перспективу – черной тушью;

границы контуров или участков проектируемых для улучшения наносятся сплошными линиями коричневой тушью.

Одновременно с графическим оформлением картограммы мероприятий по улучшению и использованию кормовых угодий составляется краткая по-

яснительная записка, которая должна войти в раздел организации пастбищной территории проекта. Пояснительная записка должна иметь примерно следующее содержание:

краткую современную характеристику кормовых угодий, их культуртехнического состояния, способов использования;

характеристику и обоснование предусмотренных в схеме проекта землеустройства организационно-хозяйственных мероприятий по устройству пастбищной территории;

перечень и объем намечаемых мероприятий по поверхностному и коренному улучшению кормовых угодий;

описание в соответствии с имеющимися рекомендациями технологий улучшения и последующего использования улучшенных угодий, примерный расчет потребности в семенах, технике и трудовых затратах;

ориентировочная по укрупненным показателям экономическая эффективность всех намечаемых мероприятий.

## 8.12. Овощеводство

### 8.12.1. Задачи овощеводства

Овощеводство – одна из наиболее динамично развивающихся отраслей сельского хозяйства. После некоторого спада производства в 1991-1995 гг. отрасль резко увеличила производство овощей (на 32%) по сравнению с до-реформенным уровнем. В настоящее время производство овощей в стране неуклонно возрастает благодаря росту посевных площадей (с 669 тыс. га в 1986-1990 гг. до 831-859 тыс. га в 2001-2003 гг.). Урожайность овощей за этот период также несколько увеличилась (с 154 до 164 ц/га), а валовое производство достигло 4,8 млн т (в том числе 0,5 млн т тепличных овощей), что составляет около 100 кг на одного человека в год. Однако это количество значительно отстает от среднемирового уровня (130 кг), его недостаточно для удовлетворения потребности населения по медицинским нормам (121 кг овощей и 20 кг бахчевых в год). Поэтому в стране необходимо увеличить производство овощной продукции до 17 млн т, бахчевых – до 3 млн т.

В настоящее время в России 15% овощной продукции производится в сельхозпредприятиях, 5 – в фермерских и 80% – в личных подсобных хозяйствах. Увеличение производства товарных овощей в стране до требуемого уровня возможно только за счет специализированных овощеводческих и крупных фермерских хозяйств, где можно применить механизацию, новые технологии возделывания овощей. Производство теплотребовательных и ранних овощей во внесезонный период необходимо наладить на крупных тепличных комбинатах (потребность 1-1,2 млн т в год).

Рентабельность производства овощей в стране хотя и сильно колеблется по годам (от 22 до 83%), но является одной из самых высоких в сельском хозяйстве страны.

Как показал опыт интенсификации сельского хозяйства страны в 1970-1990 гг., чрезмерное увлечение непродуманной мелиорацией, высокими до-



зами минеральных удобрений и пестицидов в условиях монокультуры или отсутствии севооборотов приводит к деградации почв, резкому возрастанию засоренности полей, загрязнению почв и водоемов остатками агрохимикатов, а продукции – тяжелыми металлами и нитратами. Поэтому проектирование адаптивно-ландшафтных систем земледелия и экологически безопасных агротехнологий в овощеводстве является важной задачей.

Процесс адаптации овощеводства к природным условиям развивался еще в XVII-XVIII веках при зарождении этой отрасли. Овощеводство возникло на небольших участках при монастырях, огородах, около водоемов, на плодородных почвах. Крестьянин интуитивно сотрудничал с природой, придерживаясь строго ландшафтного размещения культур, выбора сорта, приспособленного к местным почвенно-климатическим условиям, внесения больших доз навоза, регулирования микроклимата за счет оптимального размещения растений на склоне, посева кулис, тщательной прополки вручную, уплотнения основной культуры дополнительной, защиты посевов и посадок от вредителей и болезней, обязательного чередования различных культур.

До начала XX столетия овощеводство в основе своей базировалось на преимущественно адаптивных принципах.

Создание в 30-80-е годы XX века специализированных овощеводческих хозяйств вокруг промышленных центров страны, перевод овощеводства на чисто полевые земли, внедрение промышленных технологий возделывания овощных культур способствовали существенному увеличению валовых сборов овощей в стране. Однако постепенно накапливались и печальные последствия такой интенсификации производства.

Во избежание ухудшения обстановки необходимо уже сегодня установить экологические правила ведения отрасли овощеводства в современных условиях, взяв за основу качество продукции, охрану окружающей среды, сохранение оптимального равновесия в агроэкосистеме.

### **8.12.2. Агроэкологическая оценка овощных культур**

В России возделываются около 80 видов овощных растений, принадлежащих к 21 ботаническому семейству. В практике овощеводства обычно выделяют восемь групп растений по ботанико-производственным признакам:

1. Капустные овощи (белокочанная, цветная, краснокочанная, савойская, брюссельская, брокколи).

2. Столовые корнеплоды (морковь, свекла столовая, петрушка, сельдерей, пастернак, редис, репа, редька, дайкон).

3. Пасленовые культуры (томат, баклажан, перец, физалис).

4. Тыквенные культуры (тыква, огурец, кабачок, арбуз, дыня, патиссон).

5. Луковичные культуры (чеснок, лук репчатый, батун, порей, шнитт, слизун).

6. Бобовые овощи (фасоль, овощной горох, бобы).

7. Зеленные овощи (салат, шпинат, укроп, кинза, базилик, иссоп, Melissa и др.).

8. Многолетние овощи (щавель, ревен, хрен, спаржа, эстрагон).

Овощные культуры существенно отличаются между собой по требовательности к факторам внешней среды и адаптивному потенциалу.

Ввиду того, что большая часть территории России находится в условиях сурового климата, важнейшее значение имеет скороспелость культур, их отношение к теплу, свету, влаге, почве и т.д.

**По продолжительности вегетационного периода** овощные культуры классифицируются в следующем порядке.

**Скороспелые культуры** (вегетационный период 20-70 дней) – редис, редька, репа, салат, укроп, лук на перо, зеленные.

**Среднеспелые культуры** (вегетационный период 70-130 дней) – капуста ранняя и средняя, цветная, морковь, столовая свекла, огурец, кабачок, овощной горох, фасоль, лук репчатый, ранние сорта арбуза, дыни, тыквы.

**Позднеспелые культуры** (вегетационный период 130-180 дней) – капуста позднеспелая, петрушка, сельдерей, томат, перец, баклажан, поздние сорта арбуза, дыни, тыквы.

Для раннеспелых культур требуется 600-1200°C активных температур, для среднеспелых – 1200-1800, для позднеспелых – 1800-2500°C.

Выращивая рассаду, вегетационный период можно сократить на 20-50 дней.

**Требовательность к теплу.** К *морозостойким культурам* относятся хрен, ревен, щавель, спаржа, чеснок, которые являются многолетниками и способны зимовать в суровых условиях севера и центра России. Эти культуры способны выносить заморозки до -8-10°C, а под снегом подземные корневища их выдерживают морозы до -30°C.

К *холодостойким* относятся двулетние овощные культуры (капуста, морковь, свекла, другие корнеплоды), а также зеленные (салат, шпинат, укроп). Эти культуры выдерживают заморозки до -4-6°C, а отдельные (петрушка, шпинат) – до -7-9°C. Оптимальная температура для роста холодостойких культур – 18-25°C, а при температуре свыше 30 процессы ассимиляции у них резко снижаются.

К *теплотребовательным культурам* относятся овощные растения из семейства пасленовых (томат, баклажан, перец) и тыквенных (огурец, патиссон, кабачок). Они не выдерживают даже кратковременного снижения температуры до 1-3°C. Оптимальный интервал температур для нормального роста и формирования урожая 22-30°C, однако повышение свыше 35-40°C вызывает угнетение растений.

К *жаростойким культурам* относятся арбуз, дыня, тыква, фасоль, которые хорошо выдерживают температуры 30-35 и даже до 40°C.

**Требовательность к световому режиму.** По этому критерию овощные культуры можно расположить в следующей последовательности: дыня – арбуз – тыква – перец – баклажан – томат – огурец – фасоль – горох – чеснок – лук – свекла – морковь – капуста – петрушка – сельдерей – салат – укроп – шпинат – щавель – ревен – спаржа.

Если такие культуры, как арбуз, дыня, томат, перец не выдерживают избыточного загущения и требуют не менее 30-40 тыс.лк, то листовые овощи

(петрушка, укроп, шпинат, щавель, ревеня) требуют не более 10-20 тыс.лк, являются теневыносливыми и выдерживают уплотнение и затенение. Для выгоночных культур (зеленый лук, петрушка, кочанный салат) достаточна освещенность 2-10 тыс.лк.

**По требовательности к воде** овощные культуры резко различаются. Наиболее требовательными являются капуста белокочанная, цветная, краснокочанная, китайская, брокколи, а также зеленные (редис, салат, укроп, кинза, базилик, мелисса, кресс-салат и др.). Эти растения характеризуются тем, что плохо забирают воду и неэкономно ее расходуют. Они очень чувствительны даже к кратковременной почвенной и особенно воздушной засухе. Их надо выращивать на орошаемых землях. Оптимальный режим влажности для них должен поддерживаться на уровне 80% НВ, а относительная влажность воздуха должна быть на уровне 80-90%.

**Требовательны к влаге** такие культуры, как кабачок, баклажан, морковь, петрушка, сельдерей, редька, репа, лук, чеснок. Их желательно выращивать на орошаемых землях, особенно в условиях засушливого климата. Оптимальная влажность почвы для них – 70-80% НВ.

**Менее требовательными** к водному режиму являются томат, перец, картофель, горох, а также столовая свекла. Оптимум для них – 60-70% НВ. Поэтому их можно выращивать без орошения во многих районах России. Для этих культур большое значение имеет хорошая влажность почвы в начальный период развития растений. Избыток влаги приводит к заболеванию томата и картофеля фитофторой.

**Наиболее засухоустойчивыми** являются арбуз, дыня, фасоль и сахарная кукуруза. Эти культуры хорошо переносят и воздушную засуху. Оптимум влажности почвы для них – 60% НВ, воздуха – 50-60%.

**Требовательность к уровню почвенного плодородия.** Свойства почвы оказывают очень большое влияние на продуктивность и качество овощных культур.

В Нечерноземной зоне большинство ранних овощных культур для своего выращивания требуют почв супесчаного и легкосуглинистого гранулометрического состава, а позднеспелые лучше растут на легких и средних суглинках. Тяжелые суглинки и глины малопригодны для овощеводства, ибо на них резко снижаются товарные свойства овощей, возрастает поражение растений болезнями (например, капустной килой). Торфяные почвы благоприятны для возделывания столовой моркови и сельдерея. Другие позднеспелые культуры (капуста, свекла) также могут выращиваться на осушенных торфяниках, а теплолюбивые (огурец, томат) на таких холодных почвах резко снижают урожай.

Очень важное значение для овощей в орошаемых и осушенных условиях имеет уровень залегания грунтовых вод. При высоком их уровне, особенно на пойменных почвах, овощные культуры снижают урожайность на 30-70%. Особо чувствительны к переувлажнению морковь, лук, томат, а капуста при избытке влаги может полностью погибнуть.

Оптимальная реакция среды для большинства овощей лежит в пределах 6,0-7,2 рН. Наиболее широкий интервал рН выдерживают такие культуры, как редис, щавель, томат. Очень чувствительными к кислой реакции почвы являются лук, салат, столовая свекла, цветная и белокочанная капуста. У капустных культур при кислой реакции среды резко увеличивается заболевание растений килой. Большинство овощных культур наибольший урожай дают при интервале насыщенности основаниями 90-95%, содержании гумуса свыше 2,5-3,0%, содержании подвижных форм фосфора и калия – более 20-25 мг/100 г почвы.

В целом по отношению к почвенному плодородию овощные культуры можно классифицировать на следующие группы:

*очень требовательные:* петрушка, спаржа, лук, салат кочанный, чеснок, перец, огурец, баклажан, морковь, капуста цветная, капуста брюссельская, брокколи;

*требовательные:* капуста белокочанная, свекла столовая, томат, тыква, кабачок, дыня, арбуз, сельдерей, горох, фасоль, шпинат, укроп;

*малотребовательные:* щавель, редька, репа, брюква, ревень.

Растения первой группы растут только на хорошо окультуренных рыхлых, структурных почвах с нейтральной реакцией почвенного раствора.

Для растений второй группы наиболее подходят почвы различного гранулометрического состава и разной степени окультуренности, но они не переносят кислые почвы с маломощным гумусовым горизонтом.

Третья группа лучше всего приспособлена к возделыванию на дерново-подзолистых почвах естественного уровня плодородия в условиях севера и центра Нечерноземной зоны.

**Отношение к длительному бессменному выращиванию.** Овощеводческие хозяйства с узкой специализацией из-за недостатка благополучных земель прибегают к бессменному возделыванию овощных культур, например, белокочанной капусты, лука и моркови в Нечерноземной зоне, томата и лука в южных регионах.

Длительные исследования ВНИИ овощеводства и опытных станций позволили установить реакцию различных овощных растений на длительность бессменного выращивания:

1. *Устойчивые* к монокультуре (выдерживают два-три года бессменного выращивания без существенного снижения урожайности): морковь, томат, лук, редис, картофель.

2. *Слабоустойчивые* к монокультуре (снижают урожай на 15-20%): капуста, свекла, арбуз, репа, редька, брюква, горох овощной, фасоль, чеснок.

3. *Непригодные* к повторному выращиванию (снижают урожай на 30-50%): огурец, дыня, кабачок, тыква, капуста цветная, перец, баклажан.

**Устойчивость к сорнякам.** По способности конкурировать с сорной растительностью овощные культуры можно классифицировать следующим образом.

*Устойчивые к засорению:* ревень, щавель, хрен, капуста, кабачок, патиссон, тыква, арбуз.

*Среднеустойчивые:* томат, огурец, редис, редька, репа, салат, шпинат, перец, баклажан, фасоль, боб овощной, кукуруза сахарная.

*Неустойчивые:* морковь, петрушка, сельдерей (из семян), лук репчатый, пастернак, свекла столовая.

На устойчивость овощных растений к засорению большое влияние оказывает способ выращивания. Как правило, культуры, выращенные рассадным способом (капуста, огурец, томат), более конкурентоспособны, чем посевные. Лук, выращенный из севка, лучше переносит засоренность, чем выращенный из семян.

### **8.12.3. Особенности проектирования овощеводства и бахчеводства**

В целом овощные культуры, в отличие от полевых и кормовых, предъявляют более высокие требования к теплу, почвенному плодородию и воде, поэтому, как правило, возделываются на наиболее плодородных, окультуренных почвах, вблизи надежных водоисточников (поймы и дельты рек, надпойменные террасы, осушенные торфяники, прифермские севообороты).

#### **8.12.3.1. Севообороты**

Выбор оптимальных предшественников имеет чрезвычайно важное значение для большинства овощных культур. Лучшие из них позволяют поднять урожайность на 21-36% и более. Для белокочанной капусты лучшими предшественниками являются однолетние и многолетние травы, картофель, морковь, зеленные овощи; для моркови – картофель, однолетние травы, капуста; для свеклы столовой – картофель, морковь, однолетние травы, огурец; для огурца – пласт многолетних трав, вико-овсяная смесь и лук репчатый; для томата – огурец, капуста, морковь, лук и пласт многолетних трав; для лука – озимые зерновые, капуста, картофель, овощной горох; для бахчевых – многолетние и однолетние травы, зерновые.

Использовать чистый пар в орошаемом овощеводстве при недостатке плодородных поливных земель экономически нерентабельно, а занятый пар (особенно сидеральный) очень перспективен как с точки зрения борьбы с сорняками, вредителями и болезнями, так и для обогащения почвы свежим органическим веществом, а также для улучшения качества продукции (снижение содержания нитратов, повышения количества сахаров и витаминов).

Занятый пар в овощеводстве можно использовать также как ремонтное поле (один раз в четыре-пять лет) для известкования почв, внесения органических удобрений или паровых гербицидов для борьбы с многолетними сорняками. Наиболее перспективными культурами для занятого пара в овощеводстве являются вико-овес, горох-овес, озимая рожь.

Использование пласта многолетних трав (два-три года) очень перспективно при возделывании бахчевых культур (арбуз, дыня тыква), а также капусты, томата, огурца. По данным ВНИИ овощеводства, двух-трехлетний пласт люцерны на 30-40% увеличивает урожайность арбуза, дыни и тыквы на светло-каштановых почвах Нижнего Поволжья, а двухлетний пласт клевера способен увеличить среднегодовую урожайность культуры овоще-кормового

севооборота на аллювиальных почвах Подмосквы с 64 до 83 т/га, т.е. на 29,7% при существенном улучшении качества продукции, причем капусту лучше возделывать по пласту, а морковь и свеклу – по обороту пласта трав.

В интенсивных севооборотах при насыщении ведущими культурами (капустой, томатом, луком) более 30% перспективно использование промежуточных и пожнивных сидеральных культур. В центральных районах такими культурами являются озимая рожь (высеивается после уборки ранних овощных и раннего картофеля и запахивается перед посадкой капусты), а также вико-овсяная смесь, фацелия, горчица. Люпин однолетний малоприменим из-за сильного засорения посевов. В южном регионе перспективно использование овощного гороха, а на Дальнем Востоке – сои на сидерат.

Оптимальная площадь овощей в пригородном специализированном хозяйстве – 300-450 га, количество овощных бригад – 2-3, по 120-150 га овощей в каждой бригаде.

Число севооборотных полей в овощеводстве и бахчеводстве не должно превышать 7-8, а с ранними овощными культурами – 5-6. Размер полей зависит от площади овощных культур в хозяйстве. При оптимальной площади 300-450 га размер поля обычно составляет 50-70, а в раннем овощеводстве – 10-20 га.

#### *Примерные схемы севооборотов*

##### ***Нечерноземная зона.***

*7-польный овоще-кормовой севооборот.* 1. Зерновые с подсевом многолетних трав. 2-4. Многолетние травы (клевер + тимофеевка). 5. Капуста белокочанная. 6. Картофель. 7. Морковь. 8. Свекла столовая + кормовая.

*7-польный овоще-картофельный севооборот.* 1. Зерновые с подсевом многолетних трав. 2-3. Многолетние травы (клевер). 4. Капуста белокочанная. 5. Картофель. 6. Столовые корнеплоды. 7. Картофель.

*6-польный овощной севооборот.* 1. Однолетние травы с повторным посевом на сидерат (вика + овес; горох + овес). 2. Капуста белокочанная. 3. Картофель ранний. 4. Морковь столовая. 5. Капуста белокочанная. 6. Свекла столовая и кормовая.

*5-польный овощной севооборот с высокой насыщенностью капустой (40%).* 1. Однолетние травы + повторный посев на сидерат. 2. Капуста белокочанная (лежкие сорта). 3. Капуста белокочанная (килоустойчивые сорта). 4. Морковь столовая. 5. Свекла столовая.

*4-польный овощной севооборот.* 1. Однолетние травы + повторный посев на сидерат. 2. Капустные (капуста ранняя, цветная). 3. Столовые корнеплоды (морковь и свекла на раннюю продукцию). 4. Зеленные (редис, салат, укроп, лук на перо).

*6-польный овоще-сидеральный севооборот.* 1. Однолетние травы + повторный посев на сидерат. 2. Капуста белокочанная. 3. Морковь столовая. 4. Однолетние травы + повторный посев на сидерат. 5. Капуста белокочанная. 6. Свекла столовая.

В Нечерноземной зоне овощеводство прекрасно сочетается с животноводством, овощи часто выращиваются в прифермских севооборотах, в частности, на осушенных торфяниках, пойменных землях. Поэтому в овощеводческих хозяйствах нужно включать в севообороты кормовые культуры (многолетние и однолетние травы, кормовые корнеплоды). При дефиците плодородных орошаемых земель можно ограничиться 4-5-польными севооборотами с насыщенностью овощами 80-100%.

#### **Сибирь и Дальний Восток.**

*6-польные овоще-кормовые севообороты на слабокультуренных почвах.*

I вариант. 1. Зерновые с подсевом трав. 2. Травы. 3. Морковь. 4. Капуста. 5. Лук. 6. Томат.

II вариант. 1. Зерновые с подсевом трав. 2. Травы. 3. Огурец. 4. Капуста. 5. Лук. 6. Томат.

III вариант. 1. Зерновые с подсевом трав. 2. Травы. 3. Огурец. 4. Картофель ранний. 5. Лук. 6. Свекла столовая.

*5-польные овощные севообороты с различным насыщением ведущими культурами на окультуренных орошаемых почвах.*

I вариант (капуста 40%). 1. Капуста. 2. Огурец. 3. Капуста. 4. Лук. 5. Морковь.

II вариант (корнеплоды 40%). 1. Лук. 2. Морковь. 3. Томат. 4. Огурец. 5. Свекла столовая.

III вариант (огурец 40%). 1. Капуста. 2. Огурец. 3. Лук. 4. Картофель ранний. 5. Огурец.

IV вариант (лук 40%). 1. Капуста. 2. Лук. 3. Томат. 4. Огурец. 5. Лук.

*4-польные овощные севообороты на плодородных орошаемых почвах.*

I вариант. 1. Капуста. 2. Огурец. 3. Лук. 4. Морковь.

II вариант. 1. Капуста. 2. Лук. 3. Морковь. 4. Томат.

III вариант. 1. Огурец. 2. Лук. 3. Морковь. 4. Томат.

IV вариант. 1. Томат. 2. Огурец. 3. Картофель. 4. Морковь.

#### **Южные районы России.**

*8-польные овоще-кормовые севообороты.*

I вариант. 1. Яровые зерновые с подсевом трав. 2-3. Люцерна. 4. Томат, баклажан, перец. 5. Огурец, кабачок. 6. Томат. 7. Горох овощной. 8. Капуста.

II вариант. 1. Ранний картофель или овощи + люцерна (летний посев). 2-3. Люцерна. 4. Огурец, кабачок. 5. Томат, баклажан, перец. 6. Лук. 7. Капуста. 8. Зеленные овощи.

III вариант. 1. Овощной горох. 2. Томат. 3. Огурец, кабачок. 4. Лук. 5. Овощной горох + повторный посев. 6. Томат. 7. Капуста. 8. Столовые корнеплоды.

*7-польные севообороты.*

I вариант. 1-2. Люцерна. 3. Капуста. 4. Томат. 5. Лук. 6. Картофель. 7. Корнеплоды.

II вариант. 1-2. Люцерна. 3. Огурец. 4. Томат. 5. Лук + корнеплоды. 6. Томат. 7. Капуста.

III вариант. 1. Овощной горох. 2. Томат. 3. Лук + корнеплоды. 4. Овощной горох. 5. Огурец. 6. Томат. 7. Капуста.

*Овощные севообороты с насыщением ведущими культурами.*

I вариант (томат 33%). 1. Овощной горох. 2. Огурец. 3. Томат. 4. Капуста. 5. Томат. 6. Лук + корнеплоды.

II вариант (томат 40%). 1. Озимая пшеница. 2. Томат. 3. Огурец. 4. Капуста. 5. Томат.

III вариант (томат 50%). 1. Капуста. 2. Томат. 3. Огурец. 4. Томат.

IV вариант (лук 40%). 1. Овощной горох. 2. Лук. 3. Томат. 4. Огурец. 5. Лук.

*Бахчевые севообороты.*

Для бахчевых культур (арбуз, дыня, тыква) лучшими являются супесчаные окультуренные почвы с глубоким залеганием грунтовых вод. Они хорошо отзываются на применение органических удобрений. Лучшие предшественники для бахчевых культур – многолетние травы (люцерна, житняк), озимая пшеница, озимая рожь, кукуруза на силос. Наиболее качественная продукция арбуза и дыни получается в богарных условиях. Орошение снижает сахаристость плодов бахчевых культур, но увеличивает урожайность плодов в 1,5-2 раза.

*Бахчевые севообороты в богарных условиях.*

I вариант. 1. Озимая рожь. 2-4. Многолетние травы. 5-7. Бахчевые культуры. 8. Кукуруза на силос.

II вариант. 1. Озимая рожь + подсев многолетних трав. 2-3. Многолетние травы. 4-5. Бахчевые культуры. 6. Яровая пшеница. 7. Кукуруза на силос.

III вариант. 1. Пар чистый. 2. Озимая рожь. 3. Бахчевые культуры. 4. Яровая пшеница. 5. Кукуруза на силос. 6. Бахча. 7. Яровая пшеница.

*Бахчевые севообороты в орошаемых условиях.*

I вариант. 1-3. Люцерна. 4-5. Бахчевые культуры. 6. Кукуруза на силос. 7. Озимая пшеница.

II вариант. 1-2. Люцерна. 3-4. Бахчевые культуры. 5. Кукуруза на силос. 6. Озимая пшеница.

III вариант. 1. Озимая пшеница. 2. Бахчевые культуры. 3. Кукуруза. 4. Однолетние бобовые. 5. Бахча. 6. Кукуруза.

IV Вариант. 1. Однолетние бобовые. 2. Бахча. 3. Томат. 4. Капуста. 5. Кукуруза на силос. 6. Бахча. 7. Лук. 8. Перец.

Включение овощных культур в бахчевые севообороты возможно в орошаемых условиях на богатых черноземных почвах. В качестве однолетних трав лучше использовать овощной горох или сою.

В целом бахчеводство, в отличие от овощеводства, хорошо сочетается с зерновым полеводством в условиях Волгоградской, Ростовской областей, Краснодарского и Ставропольского краев.

### 8.12.3.2. Особенности удобрения овощных культур

При выращивании овощных культур в условиях орошаемого земледелия на окультуренных почвах способны давать высокие урожаи, но и вынос пи-



тательных элементов с урожаем у них значительно выше, чем у полевых культур.

Наибольшим выносом питательных элементов с урожаем отличаются белокочанная капуста средне- и позднеспелых сортов (546-712 кг/га NPK), столовая свекла, брюква, кабачок (510-560 кг/га NPK). Повышенный уровень выноса питательных элементов характерен для листовой, брюссельской и цветной капусты, петрушки, сельдерея, ревеня, тыквы, огурца (410-420 кг/га NPK), а минимальный для салата, шпината, редиса, лука (70-190 кг/га NPK). При выращивании в пленочных теплицах огурца и томата вынос питательных элементов возрастает в 3-4 раза и достигает больших величин (1085-1354 кг/га NPK), что предъявляет высокие требования к условиям питания этих культур.

По интенсивности потребления питательных элементов на первом месте находятся огурец и томат в защищенном грунте, а в открытом – столовая свекла, кабачок, белокочанная и цветная капуста (4,15-5,6 кг/га в сутки). Эти культуры в наибольшей степени нуждаются в применении быстродействующих минеральных удобрений.

К культурам, наиболее требовательным к применению азотных удобрений, относятся белокочанная, листовая и цветная капусты, столовая свекла, ремень, а также все зеленные овощи (салат, шпинат, листовая петрушка, укроп). На фосфорные удобрения наиболее отзывчивы пасленовые (томат, картофель, перец, баклажан) и бобовые культуры (горох, фасоль, бобы). Высокая потребность в применении калийных удобрений является отличительной особенностью столовых корнеплодов (морковь, пастернак, корневая петрушка, сельдерей, свекла, репа, редька, брюква, редис), а также поздних сортов белокочанной капусты.

Из всех овощных культур наиболее отзывчивы на применение органических удобрений огурец, тыква, арбуз, дыня, зеленные, а минеральных – белокочанная капуста и столовая свекла, однако наибольший урожай они дают при совместном применении этих удобрений. Морковь, томат, лук примерно одинаково реагируют на использование минеральных туков и навоза. Однако свежий навоз вызывает излишнее образование пасынков у томата, разветвление корнеплодов у моркови и утолщение шейки лука, что задерживает его созревание. Поэтому под эти культуры лучше вносить или перепревший навоз, а еще надежнее возделывать эти культуры по последствию органических удобрений, внесенных под предшественник (капусту, тыквенные, зеленные).

Наиболее отзывчивыми на известкование почвы являются белокочанная капуста, столовая свекла, под которые рекомендуется непосредственно вносить известь в условиях севооборота, а остальные культуры возделывают по последствию извести.

Научными учреждениями изучены различные варианты использования систем удобрения.

Доказано, что чисто минеральная система удобрений в овощеводстве, особенно при применении повышенных доз, малоперспективна. Хотя урожай-

ность при этом значительно повышается, но качество продукции снижается, ухудшается структура почвы, уменьшается биологическая активность, а часть внесенного азота минеральных удобрений (8-18%) теряется из-за вымывания за пределы корнеобитаемого слоя почвы, что создает угрозу загрязнения почв, грунтовых вод и водоемов.

Чисто органическая система применения удобрений, которая ранее применялась в овощеводстве, в экологическом отношении имеет существенное преимущество перед минеральной: улучшается качество продукции, возрастает биологическая активность почв, содержание в ней гумуса, улучшается структура, но большое повышение продуктивности севооборотов недостижимо, ибо при этой системе нужно обеспечить ежегодное внесение 35-40 т/га навоза под овощные культуры, что весьма трудно осуществить не только в крупном хозяйстве, но даже на фермерском или дачном участке. Только на приусадебных участках крестьян, имеющих большое количество домашнего скота, такая система использования удобрений может быть успешной и вполне оправданной с экологической и экономической точек зрения.

В специализированных овощеводческих и фермерских хозяйствах, дачных кооперативах, там, где существует острый дефицит навоза, перспективной является минерально-биологическая система внесения удобрений под овощные культуры, когда на фоне ежегодного применения расчетных доз минеральных удобрений периодически (1-2 раза за ротацию севооборота) высевается бобовая или бобово-злаковая травосмесь, которая запахивается в качестве сидерата. Такая система применения удобрений позволяет улучшить качество продукции и повысить урожайность культур, в значительной степени снизить дефицит органического вещества в почве, улучшить ее структуру и биологическую активность, а также резко снизить потери азота от выщелачивания в грунтовые воды.

Но наиболее перспективной в овощеводстве является комплексная минерально-органно-биологическая система применения удобрений, когда при ежегодном использовании умеренных доз минеральных удобрений на уровне 200-300 кг/га NPK периодически (1-2 раза за ротацию) используются сидераты и навоз (или компост) в среднем 15-18 т/га в год. Такая система позволяет в 2-2,5 раза сократить потребность в органических удобрениях, получить наиболее высокий уровень урожайности овощных культур с хорошим качеством и высокой сохраняемостью продукции в зимний период, полностью предотвратить потери гумуса в почве, улучшить ее структуру, уменьшить плотность, повысить биологическую активность благодаря интенсивному развитию полезной микрофлоры, свести до минимума вымывание нитратов в грунтовые воды, что очень важно в условиях гидроморфных ландшафтов.

Большинство овощных культур отзывчивы на применение биоудобрений (Агрофил, Азоризин, Бактосан, Экстасол, Флавобактерин). При этом важно следовать рекомендуемой технологии их применения, которая предусматривает использование биопрепаратов направленного действия с четко выраженными функциями ростостимуляции и биоконтроля (см. раздел 8.9.12).

Рекомендуется начинать применение микробиологических удобрений с обработки семян и выращивания рассады и заканчивать обработкой продукции перед закладкой на хранение. Использование микробиологических препаратов позволяет более эффективно использовать имеющиеся минеральные удобрения (снизить дозу применения NPK в 2 раза при сохранении урожайности), а также биологический потенциал современных сортов овощных культур. Кроме того, за счет эффективного функционирования растительно-микробных ассоциаций существенно улучшается товарный вид и качество продукции (см. раздел 8.9.12).

### 8.12.3.3. Особенности системы обработки почв

Система обработки почвы в овощных севооборотах строится на тех же принципах, что и в полевых севооборотах, но при этом более тщательно учитывается плотность почвы.

Для дерново-подзолистых почв центральных районов Нечерноземной зоны с содержанием гумуса 1,5-2,7% оптимальная плотность для овощных культур находится в пределах 1,2-1,4 г/см<sup>3</sup> и значительно ниже их равновесной плотности. Именно поэтому под овощные культуры требуется систематическое рыхление почвы в целях предотвращения избыточного уплотнения наряду с обработками для борьбы с сорной растительностью.

Аллювиальные луговые почвы пойм рек Москвы и Оки, а также темно-серые лесные почвы и выщелоченные черноземы Европейской части и Западной Сибири, имеющие содержание гумуса порядка 3-5% и равновесную плотность на уровне 1-1,2 г/см<sup>3</sup> (близкую к оптимальной для овощных культур), нуждаются в поддержании указанной плотности путем минимализации междурядных и предпосевных обработок, но с учетом необходимости заделки растительных остатков и удобрений, эффективных приемов для борьбы с сорняками.

Для торфяно-болотных почв (со степенью разложения торфа 30-40%) равновесная плотность не превышает 0,17-0,18 г/см<sup>3</sup>, а оптимальная плотность для овощных культур на торфяниках составляет 0,23-0,25 г/см<sup>3</sup>. Поэтому система обработки таких почв для овощеводства обязательно должна предусматривать приемы уплотнения (прикатывания) для создания оптимальных условий роста и развития овощных растений.

### 8.13. Сорты и семеноводство

В системе Российской академии сельскохозяйственных наук функционируют 43 селекционных центра по растениеводству, селекционная работа ведется в сельскохозяйственных вузах, учреждениях Российской академии наук, фирмах различных форм собственности. В Государственный реестр сортов, допущенных к использованию, включено около 100 сортов сильной пшеницы; насчитывается 380 ценных по качеству сортов озимой, яровой пшеницы, овса, ячменя, проса, гречихи, риса, гороха, чечевицы, фасоли, нута, около 50 сортов пивоваренного ячменя, более 160 высокомасличных сортов и гибридов под-

солнечника, более 60 безэруковых (0-типа) и безэруковых низкоглюкозинолатных (00-типа) сортов рапса.

### ***8.13.1. Правовые аспекты селекции и семеноводства, сертификация семян***

В основе динамичного развития селекции и семеноводства должна быть четкая законодательная база. Создание строгих правовых рамок является важнейшей предпосылкой работы в условиях рыночной экономики. В последние годы проделана значительная работа по регламентации рынка семян России, приняты Закон Российской Федерации «О селекционных достижениях» (6 августа 1993 г. № 5605-1), Федеральный закон «О семеноводстве» (17 декабря 1997 г. № 149-ФЗ) и др.

Принятие первого из них произвело существенные изменения не только в порядке использования результатов селекционной работы, но и в системе государственного испытания селекционных достижений. Была образована Государственная комиссия Российской Федерации по испытанию и охране селекционных достижений (далее Госсорткомиссия). Госсорткомиссия осуществляет единую политику в области правовой охраны селекционных достижений в Российской Федерации, принимает к рассмотрению заявки на селекционные достижения, проводит по ним экспертизу и испытания, ведет Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию, выдает патенты и авторские свидетельства, регистрирует лицензионные договоры на действия с семенами охраняемых сортов.

Современная правовая база регулирует имущественные, а также неимущественные отношения, возникающие в связи с созданием, правовой охраной и использованием селекционных достижений. Право на селекционное достижение охраняется законом и подтверждается патентом. Патент удостоверяет исключительное право патентообладателя на использование селекционного достижения. Селекционное достижение, на которое Госсорткомиссией выдан патент, регистрируется в Государственном реестре охраняемых селекционных достижений. Критериями охраноспособности селекционного достижения являются новизна, а также отличимость, однородность и стабильность (ООС). Большинство культур на ООС испытывают на одном-двух участках в течение одного-двух лет. На 2004 г. Госсорткомиссия выдала около 2000 патентов на селекционные достижения по сортам растений.

Исключительное право патентообладателя состоит в том, что любое (юридическое или физическое) лицо должно получить от обладателя патента лицензию на осуществление с семенами охраняемого селекционного достижения следующих действий: 1) производства; 2) доведения до посевных кондиций для последующего размножения; 3) предложения к продаже; 4) продажи и иных видов сбыта; 5) вывоза с территории Российской Федерации; 6) ввоза на территорию Российской Федерации; 7) хранения в перечисленных целях.

По лицензионному договору (исключительная или неисключительная лицензия) патентообладатель (лицензиар) передает право на использование

селекционного достижения другому лицу (лицензиату) в порядке расчетов, обусловленных договором, или безвозмездно.

В декабре 1997 г. было принято постановление Правительства Российской Федерации о присоединении к Международной конвенции по охране новых сортов растений, и Россия с 24 апреля 1998 г. стала членом Международного союза по охране новых сортов растений – UPOV. Российские граждане и юридические лица получили право подать заявку на охрану селекционного достижения в странах-членах UPOV. Соответственно, граждане и юридические лица этих стран имеют право на охрану своих селекционных достижений на территории России.

В Государственном реестре селекционных достижений, допущенных к использованию на 2004 г., находится более 8000 сортов растений. Существующая нормативная база по закону «О селекционных достижениях», охраняя право на селекционное достижение посредством выдачи патента, делает возможным постепенный переход селекции растений на возвратную основу через сбор селекционного вознаграждения – роялти (рис.8.5).

Селекционное достижение при условии получения патента относится к категории интеллектуальной собственности. Реализация объектов интеллектуальной собственности потребителем на полностью или частично возвратной основе с аккумулярованием полученных средств позволяет направлять их на создание новой научно-технической продукции или развитие инновационной инфраструктуры.

Роялти в развитых странах является основным источником поступления средств на дальнейшее развитие селекции.

Федеральный закон Российской Федерации «О семеноводстве» является логическим продолжением Закона «О селекционных достижениях». Им регламентируются правовые отношения производителей и потребителей семян в процессе производства, заготовки, реализации и использования семян сельскохозяйственных и лесных растений, а также регулируются организационные основы их деятельности.

Механизм реализации Федерального закона «О семеноводстве» включает лицензирование производителей элитных семян; обязательную сертификацию семян, предназначенных для реализации; грунтовой контроль партий семян; осуществление контроля за технологией производства сортовых семян; сортовой контроль; отбор проб из партий семян и их анализ специалистами Государственной семенной инспекции.

Важнейший аспект проблемы – ограничение числа поколений при размножении семян, дифференцированное по регионам. Последней репродукцией в семеноводстве, например, в Краснодарском, Ставропольском краях и других благоприятных районах, будет вторая, а в районах с неблагоприятными условиями (Республика Бурятия, Читинская область и др.) – четвертая.



Рис. 8.5. Схема использования охраняемых селекционных достижений в производстве

Переход всей системы семеноводства на ограничение числа поколений со всей остротой ставит проблему проведения грунтового контроля (установление принадлежности сельскохозяйственных растений к определенному сорту и определение сортовой чистоты растений посредством посева семян на спе-

циальных участках и последующей проверки сельскохозяйственных растений).

Сортовой и семенной контроль сельскохозяйственных растений в настоящее время обеспечивает Государственная семенная инспекция (далее Госсеминспекция). В спектр деятельности государственного семенного контроля входит ряд важных функций: надзор за соблюдением законодательства Российской Федерации в области семеноводства, сертификация семенного и посадочного материала; контроль за соблюдением государственных и отраслевых стандартов при производстве, заготовке, обработке, хранении, реализации, транспортировке и использовании семян; разработка стандартов на семена и методы определения их качества, проведение апробации сортовых посевов, испытание семян в лабораторных условиях, проверка наличия материально-технической базы при лицензировании деятельности по производству семян элиты; международное сотрудничество со странами-членами Международной ассоциации по контролю качества семян (ISTA) и ряд других.

Ежегодно апробируется и регистрируется более 20 млн га сортовых посевов, исследуется более 2,5 млн проб семян, включая проведение полного и повторного анализов по окончании срока действия сертификата, определение всхожести перед посевом, а также влажности зерна перед уборкой семенных участков и др. Специалисты госсеминспекций проводят клубневой анализ картофеля, паспортизацию питомников, определение качества посадочного материала плодовых, ягодных, цветочно-декоративных культур и винограда.

Семена, предназначенные для реализации, должны пройти процедуру сертификации. Сертификат выдается только на семена сортов, допущенных к использованию. Исключение составляют семена, производимые с целью реализации за пределами России. В соответствии с приказом Минсельхозпрода России от 08.12.99 № 859 «Об утверждении Положения о порядке проведения сертификации семян сельскохозяйственных и лесных растений» обязанности Центрального органа по сертификации семян возложены на Государственную семенную инспекцию Российской Федерации.

Органами по сертификации семян являются аккредитованные в установленном порядке государственные семенные инспекции субъектов России. В качестве испытательных лабораторий (ИЛ) аккредитуются районные, межрайонные, городские государственные семенные инспекции. Кроме государственных семенных инспекций, в качестве испытательных лабораторий могут быть аккредитованы контрольно-семенные лаборатории заводов по обработке семян сахарной свеклы, лаборатории научно-исследовательских институтов, других организаций, имеющие необходимую оснащенность, техническую компетентность и кадровый состав специалистов.

Процесс сертификации семян включает: подачу заявки на проведение сертификации; рассмотрение заявки и принятие решения; контроль за соблюдением стандартов и другой нормативной документации при производстве, подработке, упаковке и реализации семян; проведение сортовой идентификации; отбор проб для проведения испытаний; проведение испытаний;

анализ полученных материалов и принятие решения о возможности выдачи сертификата; выдачу сертификата; осуществление инспекционного контроля за сертифицированными семенами.

Современная нормативная правовая база в области семеноводства в целом унифицирована с законодательством развитых стран. Это создает предпосылки для плавной интеграции России в международный рынок семян, признания и поддержки ее авторитетными организациями, такими, как ISTA (Международная ассоциация по контролю качества семян), UPOV (Международный союз по охране новых сортов растений), ISF (Международная федерация по семеноводству), OECD (Организация экономического сотрудничества и развития).

### *8.13.2. Система семеноводства*

Важнейшим условием повышения эффективности растениеводства и ускорения происходящих в нем рыночных преобразований является хорошо развитая система семеноводства.

Система семеноводства сельскохозяйственных растений представляет собой совокупность функционально взаимосвязанных физических и юридических лиц, осуществляющих деятельность по производству оригинальных, элитных (семян элиты) и репродукционных семян. При этом развитая система семеноводства должна представлять собой высокоэффективный механизм, не только обеспечивающий потребность в высококачественных семенах, но и соблюдение прав потребителей и патентообладателей (правообладателей) на сорта растений, определяя оптимальное функционирование рынка семян. Актуальность данного вопроса определяется многократным усилением значения сорта в земледелии, повышением роли качественных семян в условиях формирования рыночных отношений.

Мировая практика показывает, что наиболее эффективным является производство семян на промышленной основе, при соответствующей его специализации и концентрации. Развитие рыночной инфраструктуры, приватизация, многообразие форм собственности сильно изменили систему семеноводства бывшего СССР. Основными субъектами, действующими на этом рынке в России, являются акционерные общества (бывшие колхозы и совхозы), предприятия системы заготовок, элеваторы, дилерские и брокерские конторы, торгово-сбытовые и посреднические фирмы, организованные на принципах кооперативной, частной и долевой форм собственности. Однако, независимо от их организационно-правовых форм, получение семян высокого качества зависит от уровня внутрихозяйственного семеноводства. Поэтому при разработке системы земледелия обязательно должна быть учтена специфика производства семян.

Организация внутрихозяйственного семеноводства предусматривает создание специализированного подразделения по производству высококачественного семеноводческого материала, планирование производства, выбор сортов, выделение отдельного семеноводческого севооборота, учет особенностей технологии возделывания культур на семена, сортовой и семенной кон-



троль, хранение, реализацию, подготовку семян к посеву, организационно-экономическое обеспечение всей этой деятельности.

При планировании семеноводства учитывают источники поступления семян, порядок сортосмены и сортообновления, структуру посевных площадей, выход кондиционных семян, норму высева, объемы основных, страховых и переходящих фондов семян.

Разработка отдельных звеньев системы земледелия в оптимальном варианте с целью максимального производства товарной продукции далеко не всегда подходит для семеноводства. Это касается как структуры посевных площадей, которая в семеноводческих хозяйствах определяется спецификой севооборотов, так и состава и рациональной эксплуатации машинно-тракторного парка.

Юридические лица и индивидуальные предприниматели имеют право заниматься производством семян элиты сельскохозяйственных растений в случае наличия у них лицензии на право осуществления этой деятельности (постановление Правительства Российской Федерации от 13 июня 2002 г. № 415). По степени завершенности цикла производства семян юридических лиц и индивидуальных предпринимателей можно разделить на две группы:

с законченным циклом, при котором семена производятся, проходят послеуборочную доработку и реализуются;

с незаконченным циклом, когда семена только производятся, а их послеуборочную доработку проводят на специализированных (межхозяйственных) предприятиях. Там осуществляют предварительную очистку, сушку, вторичную доработку, сортирование, протравливание семян, хранятся страховые и переходящие фонды семян. Такая схема наиболее распространена в семеноводстве зерновых культур, кукурузы, сахарной свеклы, подсолнечника, овощных культур, трав. По мере интенсификации производства семян эта форма организации будет получать все большее развитие, но при условии взаимовыгодных экономических отношений между ее участниками.

В некоторых случаях целесообразно проведение межхозяйственной кооперации в семеноводстве. В такую систему организации семеноводства на внутрихозяйственном уровне могут войти фермерские хозяйства, которым, естественно, экономически невыгодно создавать собственную материально-техническую базу по послеуборочной обработке семян и их хранению.

Для крупных предприятий с организованным внутрихозяйственным семеноводством целесообразнее размножать полученные семена элиты и I репродукции для полного обеспечения собственной потребности в сортовых семенах. Эта модель организации внутрихозяйственного семеноводства наиболее предпочтительна для основных зерносеющих регионов России. Форма организации семеноводства сельскохозяйственных растений, естественно, должна постоянно совершенствоваться с учетом многоукладности сельскохозяйственного производства в рыночных условиях.

Юридические лица и индивидуальные предприниматели в России, скорее всего, еще длительное время будут заниматься семеноводством на собственной базе без внутрихозяйственной специализации производства семян. Это-

му способствуют недостаточная интенсивность процессов специализации и концентрации в семеноводстве, а также вполне естественное на современном этапе развития нашего общества изменение экономических взаимоотношений в условиях рыночной экономики. На первых этапах введения рыночной экономики ряду хозяйств при наличии определенной материально-технической базы будет выгоднее производить семена у себя по законченному циклу. По мере обострения конкуренции между производителями семян их цена будет приближаться к потребительной стоимости. Число таких хозяйств, несомненно, будет уменьшаться.

Перечисленные категории хозяйств – это первичные структуры при разных формах организации семеноводства. Ассоциации, союзы, селекционно-семеноводческие фирмы и другие предприятия, не производящие семена, относятся уже ко вторичным структурам организации семеноводства.

Семеноводство решает две основные связанные между собой задачи: сортомену и сортообновление. В идеальном варианте при плановом внедрении новых сортов в производство сортообновления быть не должно. Создание нового сорта происходит за период, в течение которого ухудшение сортовых качеств и урожайных свойств старого сорта достигает экономической значимости. Однако на практике постоянная сортосмена (через четыре-пять лет) пока невозможна по нескольким причинам.

Во-первых, чрезвычайно трудно при современном уровне развития селекции обеспечить необходимую периодичность в создании новых сортов. Во-вторых, успехи селекции скачкообразны, примеры тому – выведение сортов озимой пшеницы Безостая 1 и Мироновская 808, картофеля Лорх, сахарной свеклы Рамонская 06 и др. Сорта такого типа находились или находятся в производстве в течение нескольких десятилетий. В-третьих, еще недостаточно используются потенциальные возможности современных сортов непосредственно в хозяйствах.

Планирование в семеноводстве зависит от многих причин и прежде всего от биологических особенностей культуры, уровня развития производственных отношений и производительных сил. Оно предусматривает расчеты по сортосмене, получению семян в хозяйстве (районе, области) и производству семян элиты. Таким образом, процесс планирования семеноводства можно разделить на три самостоятельных этапа, тесно связанных между собой. Предполагаемая последовательность обусловлена тем, что сортосмена в последнее время играет ведущую роль в семеноводстве, дальнейшие расчеты по производству семян в хозяйстве, районе, области позволяют спланировать план-заказ на семена элиты и соответственно объем работ в первичных звеньях семеноводства.

В системе мероприятий по переводу семеноводства на промышленную основу важнейшее место принадлежит сортосмене, т.е. внедрению новых сортов в производство в течение трех-четырех лет по классической схеме: участок размножения – семенные посевы – товарные посевы. При выборе сорта для возделывания в хозяйстве следует учитывать многие факторы.

Прежде всего необходим дифференцированный подход к выбору сорта для конкретного места выращивания. Условия возделывания различных культур в одной и той же почвенно-климатической зоне весьма разнообразны (область, район, хозяйство), при этом существует значительное колебание урожайности. Если сорт обладает высоким потенциалом продуктивности, то он, естественно, предъявляет повышенные требования к условиям возделывания. Сорт с меньшим потенциалом урожайности невыгодно использовать в очень хороших условиях и наоборот. Например, во время государственных испытаний озимой пшеницы сорта Мироновская 808 в Московской области при урожайности более 4 т/га он дал прибавку по сравнению со стандартом ППГ 186 0,96 т/га, при урожайности 3-4 т/га прибавка оказалась меньше – 0,6 т/га, а при урожайности 2-3 т/га ее практически не было. Современные сорта интенсивного типа в производственных условиях часто дают урожай значительно меньший, чем старые сорта, которые более приспособлены к возделыванию в этих условиях. При выборе сорта нужно учитывать реальные производственные ситуации.

Юридические и индивидуальные предприниматели, имеющие лицензию, в течение 2-3 лет выпускают элиту нового сорта, используя повышенный агрофон, пониженные нормы высева, способствующие увеличению коэффициента размножения, видовую и сортовую прополку, другие формы отбора, тщательно соблюдая меры предосторожности во избежание механического засорения при посеве, уборке, транспортировке семенного зерна, его послеуборочной обработке и хранении.

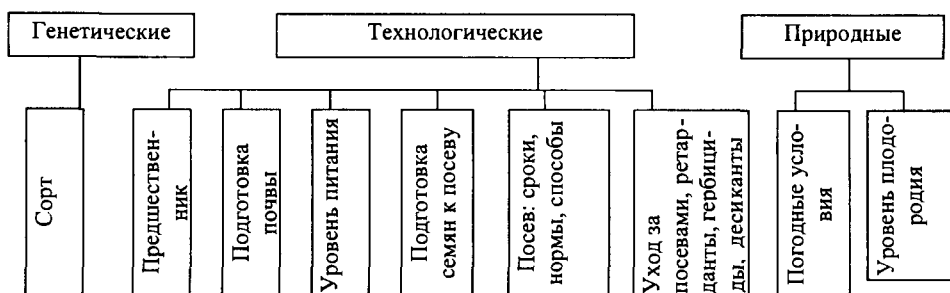
В Центральном районе Нечерноземной зоны России основные зерновые культуры – озимая пшеница, озимая рожь, ячмень и овес. Уменьшение нормы высева семян для семенных посевов озимой пшеницы с 4,5-5,5 до 2 млн не способствует снижению урожайности, при этом коэффициент размножения повышается в 2,5 раза. Дальнейшее сокращение нормы высева осложняет борьбу с сорняками. Однако применение современных высокоэффективных гербицидов позволяет успешно решать эту проблему. При норме высева семян 1 млн/га может наблюдаться определенное снижение урожая, но коэффициент размножения при этом значительно возрастает.

В процессе репродуцирования сорта происходит его постепенное ухудшение, причем оно не носит линейный характер и зависит от механического, биологического засорения (переопыление или спонтанная гибридизация, появление естественных мутаций), расщепления и увеличения уровня заболеваемости. У различных сельскохозяйственных культур причины, приводящие к снижению качества сорта, неодинаковы. У зерновых культур главная причина потери сортовых достоинств – механическое засорение, а также увеличение уровня заболеваемости. У перекрестноопыляющихся культур во избежание переопыления необходимо строго соблюдать установленную пространственную изоляцию. У картофеля главная опасность исходит от вирусных и бактериальных болезней, при этом у него установлена почти линейная зависимость снижения урожайности от числа лет репродуцирования.

В связи с этим периодически возникает необходимость обновления семян уже распространенных в производстве сортов – сортообновление, а у картофеля вся система семеноводства направлена на проведение быстрейшего сортообновления. Основа обновления семян – элита.

Оптимальный уровень факторов для получения наивысшего урожая не учитывается в системе производства семян высокого качества. Поэтому при составлении системы земледелия с семеноводческой спецификой необходимо учитывать факторы и условия формирования биологического потенциала качества семян.

Основные факторы, модифицирующие условия формирования биологического потенциала качества семян (генетические, технологические и природные), указаны на рис. 8.6.



*Рис. 8.6. Факторы, модифицирующие условия формирования биологического потенциала качества семян*

При выращивании высококачественных семян сортов и гибридов сельскохозяйственных культур, включенных в Государственный реестр, осуществляется сортовой контроль, цель которого – установить, соответствуют ли посеvy сорту, обозначенному в документах на высеянные семена, а также определить степень сортовой чистоты (типичности) и пригодность посева на семенные цели.

Основной метод сортового контроля – полевая апробация (от латинского *arprobatio* – одобрение, утверждение), при которой, кроме сортовой чистоты и типичности, определяют засоренность посевов трудноотделимыми культурными и сорными растениями, устанавливают наличие карантинных, злостных и ядовитых сорняков, степень поражения посевов болезнями и повреждения вредителями, контролируют соблюдение семеноводческой агротехники и ведение сортовой документации.

Апробацию проводят на всех сортовых посевах на семенные цели. При выращивании семян гибридов первого поколения разных типов для товарного использования на участках гибридизации проводят полевые обследования. Все остальные сортовые посеvy, в том числе и товарные посеvy гибридов первого поколения (кукурузы, сорго, подсолнечника), регистрируют.

План апробации составляют ежегодно с учетом обеспечения хозяйств семенными, страховыми и переходящими фондами семян, заготовок в федеральные и региональные семенные фонды. Апробацию проводят государственные семенные инспектора и аккредитованные физические лица, прошедшие специальную подготовку.

Для начала проведения апробации подается заявка. Полевую апробацию проводят в строгом соответствии с Инструкцией по апробации сортовых посевов в следующем порядке: подготовка к проведению апробации, отбор и анализ снопов (образцов), составление сортовой документации. Перед апробацией проверяют документацию на высеянные семена и осматривают все сортовые посева на корню. При этом оценивают состояние посевов, визуально определяют урожайность, устанавливают степень засоренности, соблюдение норм пространственной изоляции для перекрестноопыляющихся культур. Норма пространственной изоляции зависит от биологии культуры, методов создания сортов и гибридов. Так, у гречихи она составляет 200 м, у подсолнечника 1000 м с преградой и 3000 м без преграды, а на участках размножения родительских форм гибридов 5000 м, на участках гибридизации той же культуры 3000 м, у кукурузы разных типов посевов от 300 до 500 м, у многолетних злаковых трав 400 м, у многолетних бобовых трав 200 м, у свеклы при возможных комбинациях размещения семенников различных форм от 1 до 10 км.

Один из главных показателей посевов – сортовая чистота или типичность. Для элитных посевов установлены более высокие нормы сортовой чистоты: для посевов пшеницы мягкой, полбы, овса, ячменя и гороха – не менее 99,7%, риса, проса, чечевицы, фасоли, маша, чины и нута – 99,8, тритикале – 99,5%.

Для посевов установлен допустимый процент поражения болезнями, которые распространяются через семена. Посевы пшеницы и полбы I и последующих репродукций считаются не пригодными для семенных целей, если пораженность их пыльной головней (по стеблям) превышает 0,5%, а твердой головней 0,3%, ячменя – при пораженности пыльной головней более 0,5% и твердой головней более 0,5%, овса – пыльной и покрытой головней (по стеблям) в сумме более 0,5, проса – пыльной головней выше 3%. Не допускаются к посеву семена элиты пшеницы, полбы и ячменя, пораженные пыльной и твердой головней, овса – пыльной и покрытой головней, проса, пораженные пыльной головней более 1%.

По ряду культур учитывают повреждения вредителями. В сортовых посевах нормируют примеси трудноотделимых культурных растений и трудноотделимых сорняков (т.е. семена которых не удастся полностью отделить от семян апробируемой культуры, так как размеры их совпадают).

У зерновых культур не допускаются примеси трудноотделимых культурных растений более 3% и трудноотделимых сорняков более 3%. Например, трудноотделимыми культурными растениями в посевах озимой пшеницы считают рожь и ячмень, яровой пшеницы – ячмень и гречиху, ячменя – пшеницу и овес, овса – ячмень и рожь, тритикале – пшеницу, рожь и ячмень.

К трудноотделимым сорнякам в посевах пшеницы относят софору лисохвостую и толстоплодную, головчатку сирийскую, синеглазку и гречиху татарскую; овса – овсюг, овес щетинистый и триходесму седую; ячменя – овсюг, софору толстоплодную, синеглазку, дикую редьку и триходесму седую; проса – щетинник сизый, тысячеголов, гумай, просо рисовое и крупноплодное, синеглазку, горчак ползучий, гелиотроп опушенноплодный, просо куриное, вьюнок полевой и вязель разноцветный; тритикале – овсюг, софору лисохвостую, головчатку сирийскую и гречиху татарскую.

На каждый апробированный участок сортового посева составляют отдельный акт апробации. В зависимости от репродукции посева и назначения сортовых семян заполняют различные формы актов апробации.

По результатам апробации подводят итоги, уточняют планы сортообновления и разрабатывают мероприятия по улучшению семеноводства. При выращивании семян необходимо предусматривать предупредительные меры обеспечения высокой сортовой чистоты (рис. 8.7). В группу предупредительных мер входят как технологические, так и организационные.

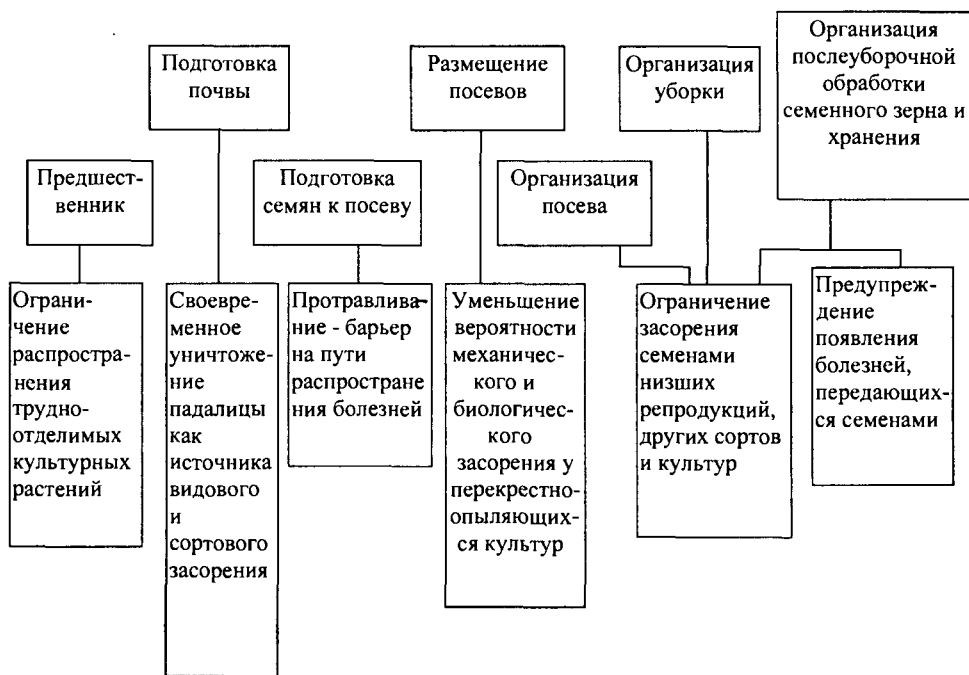
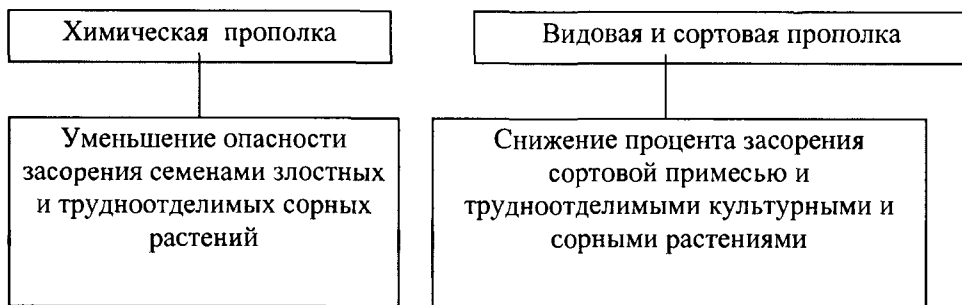


Рис. 8.7. Предупредительные меры обеспечения высокой сортовой чистоты

Кроме предупредительных мер обеспечения высокой сортовой чистоты, которым отведена главная роль, необходимы профилактические меры (рис.8.8).

В хозяйствах с законченным циклом производства семян послеуборочная обработка целиком сосредоточена на нуждах семеноводства и зависит от числа культур и репродукционного состава. В хозяйствах с незаконченным

циклом производства семян послеуборочная обработка ограничивается предварительной очисткой и сушкой.



*Рис. 8.8. Профилактические меры обеспечения высокой сортовой чистоты*

В крупных хозяйствах со специализацией производства семян в семеноводческих подразделениях необходимо иметь как минимум две материально-технические базы по послеуборочной обработке, одна из них по обработке семенного зерна с законченным циклом. В хозяйствах без внутрихозяйственной специализации производства семян материально-техническая база по послеуборочной обработке может развиваться по смешанному типу.

Контроль качества семян бывает внутрихозяйственный и государственный (рис.8.9). Основная его задача заключается в обеспечении условий для производства и использования семян с высокими сортовыми и посевными показателями, соответствующими требованиям законодательства и ГОСТов.

Внутрихозяйственный контроль проводят во время уборки, в момент поступления на ток и в период послеуборочной обработки семенного зерна и во время хранения.

Государство в лице Минсельхоза России, Государственной семенной инспекции, Государственной комиссии по сортоиспытанию и охране селекционных достижений выступает гарантом качества семян.

При разработке технологической части системы земледелия в хозяйствах с семеноводческой специализацией конечной целью является получение высокого урожая семян с наилучшими посевными качествами. Поэтому развитие внутрихозяйственного семеноводства должно сопровождаться жестким сортовым и семенным контролем. Контроль за соблюдением технологических требований производства семян, полевую апробацию, отбор проб для анализа осуществляет агрономическая служба конкретного хозяйства совместно со специалистами Государственной семенной инспекции.

В целом перед сельским хозяйством, селекцией и семеноводством, особенно с разделением функций законодательной и исполнительной власти и в связи с предстоящим вступлением в ВТО (Всемирная торговая организация), стоят очень сложные задачи, с которыми Россия столкнется в ближайшее время, но на основе своего сильного научно-технического потенциала она с этим успешно справится.

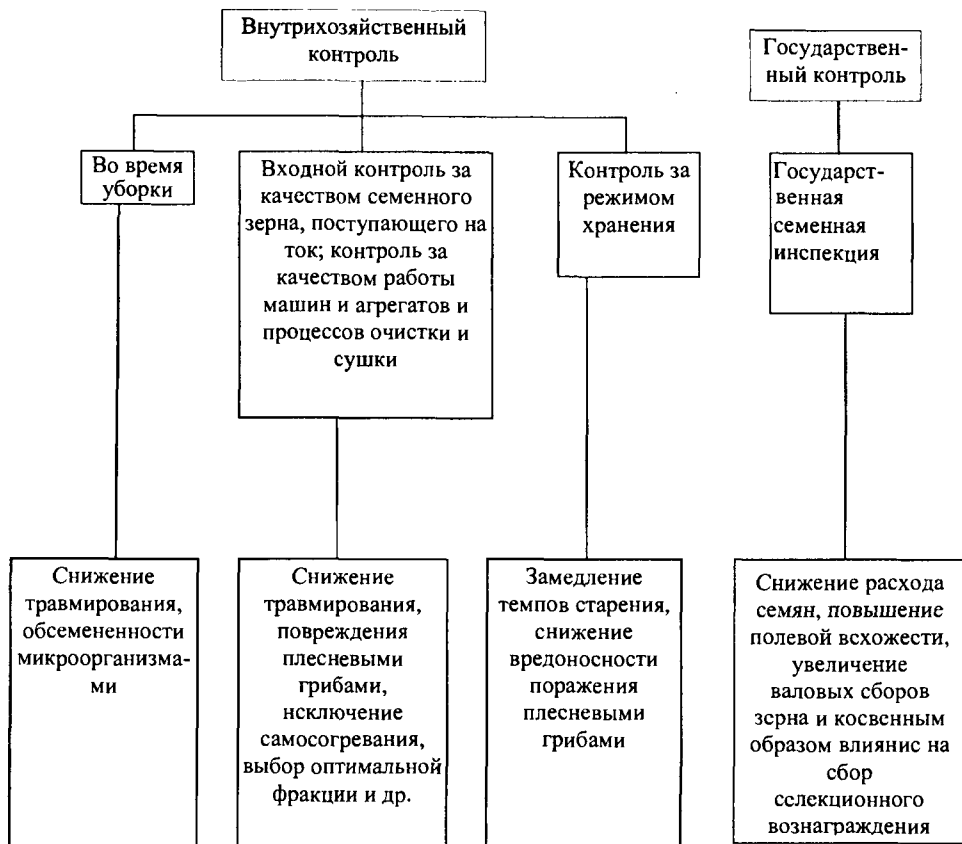


Рис. 8.9. Виды контроля качества семян

#### 8.14. Охрана природы и поддержание биоразнообразия, микрозаказники

Принцип экологического императива, положенный в основу проектирования адаптивно-ландшафтных систем земледелия (АЛСЗ), предполагает обеспечение социально-экологического равновесия в сельскохозяйственных ландшафтах. Каждая позиция проекта имеет экологическую составляющую. В комплексе они должны обеспечить максимальное сохранение окружающей среды одновременно с рациональным использованием земель, исключаям эрозию, засоление, заболачивание, загрязнение, переуплотнение почв и другие неблагоприятные явления. Эколого-ландшафтный подход к проектированию адаптивно-ландшафтных систем земледелия предполагает оптимальное регулирование поверхностного, грунтового и латерального стока, гидрологического и гидрогеологического режимов и соответственно предотвращение истощения, заиления и загрязнения рек и озер. При этом особое внимание уделяется охране болот, расположенных на водоразделах, питающих реки и выполняющих роль аккумуляторов стока.



Особая задача – восстановление земель, нарушенных в результате строительных, промышленных и других работ.

Помимо агротехнологических решений, в проектах адаптивно-ландшафтного земледелия предусматриваются специальные природоохранные мероприятия, в частности, организация особо охраняемых территорий и объектов: охранных и санитарных зон, заповедников, заказников, мест обитаний редких видов растений и животных.

При этом особое значение как природоохранное так и агрономическое имеет создание микроразмерных объектов охраны (МРОО) птиц, шмелей, пчел, полезных энтомофагов.

В процессе выделения конкретных МРОО необходимо стремиться к максимальной мозаичности, сопряжению контрастных открытых (степных, луговых) и закрытых (лесных) ландшафтов, между которыми возникают краевые, опушечные экосистемы и экотонные эффекты. Чем выше мозаичность, контрастность, тем больше экологических ниш для охраняемых объектов. При организации орнитологических МРОО важное значение имеет признание полезности всех видов птиц в агроландшафте. На первый взгляд, бесполезные и даже вредные виды пользы приносят значительно больше, чем вреда.

Целесообразно рекомендовать максимально возможное снижение «факторов беспокойства», особенно в периоды гнездования и выведения потомства. В это время (с апреля по август) должны быть запрещены даже рубки ухода за лесом. В пределах каждого хозяйства необходима регулярная всесезонная работа по сохранению естественных и созданию искусственных укрытий для птиц в осеннюю непогоду, в зимние морозы.

В качестве мер по искусственному привлечению птиц в МРОО и агроландшафты в целом следует рекомендовать охрану естественных и создание различных вариантов и конструкционных типов дуплянок, синичников, скворечников, забетонированных с одной стороны асбестовых труб и т.д. Крупные хищные птицы для гнездования выбирают наиболее высокие и крупные деревья с хорошо сформированными кронами. Именно такие фрагменты леса подходят для создания МРОО для этих птиц.

Для привлечения хищников на поля следует устанавливать спецплатформы для отдыха птиц в процессе охоты. Крупный хищник – луговой лунь гнездится в некосимых фрагментах луговой поймы с куртинками низких кустарников. Существенное значение имеет насыщение агроландшафтов (особенно лесных полос и лесокультурных ландшафтов) плодово-ягодными деревьями и кустарниками. При хорошем урожае они могут служить существенным подспорьем для кормежки птиц как в летний, так и в зимний сезоны, во время прилета птиц – северян, выполняющих не менее полезные функции в садах, питомниках, лесных полосах и лесах. Необходимо рекомендовать применение щадящих методов кошения на полях и лугах, что важно как для сохранения молодняка птиц, так и для других животных.

В структуре агроландшафта целесообразно создание максимально возможного количества «скворечных городков» в местах летних стоянок круп-

ного рогатого скота, в местах выпаса и вдоль скотопроегонных троп. Необходимо осуществлять строжайший контроль за рациональным применением ядохимикатов. Пораженные инсектицидами насекомые, употребленные в пищу птицами, приводят к их гибели.

Стабильно высокая численность птиц будет поддерживаться в тех МРОО, где существенно ограничен или полностью запрещен выпас скота, применяется нерегулярное (раз в два-три года) или «шахматное» кошение травостоя, т.е. чередование выкашиваемых и некосимых участков.

Во многих хозяйствах ощущается дефицит водных ландшафтов, вносящих существенное оживление в агроландшафт и способствующих повышению разнообразия птиц. В таких хозяйствах целесообразно создание элементарных копаных микропрудов и микроозерков. Их сооружение возможно за счет микровыемок глубиной 2-3 м в днищах нераспахиваемых ложбин стока, западинах со значительными водосборами, в днищах балок и суходолов. При этом необходимо общее озеленение зоны водоема. Даже временное функционирование таких микроводоемов благоприятно скажется не только на численности птиц, но и других водных и околоводных животных.

Не менее важна задача повсеместного создания энтомологических микрозаказников, в особенности шмелей и пчел-опылителей. Одиночные пчелы и шмели в настоящее время численно сокращаются под влиянием ряда антропогенных факторов и уже сейчас не обеспечивают опыление семенных посевов ряда культур. Так, например, для полного опыления люцерны требуется около 10-15 тыс. особей опылителей, а в условиях Центрально-Черноземной зоны их число по годам колеблется от 300 до 2000 шт/га. Одна из причин низких урожаев семян – недоопыление образующихся цветков многих энтомофильных культур. Особенно страдает семенная люцерна, которая в основном опыляется дикими пчелами.

**Микрозаказник** – это первичный очаг для сохранения и увеличения численности диких пчелиных семей и шмелей. Необходимо, чтобы численность опылителей была под контролем человека. Опыление пчелами должно стать обязательным элементом в технологии энтомофильных культур, особенно люцерны.

Многие опылители (андрены, эвцеры, галикты, мелитты, рофиты и др.) строят свои гнезда в уплотненной почве, хорошо прогреваемой солнцем, слабо заросшей травой или совсем обнаженной, предпочитая участки вдоль опушек леса, лесополос, склонов, оврагов с цветущей растительностью. Поэтому под микрозаказники следует отводить пологие склоны балок южных экспозиций, опушки древесных насаждений, обрывистые откосы оврагов, склоны гидрографической сети искусственного и естественного происхождения, склоны холмов, полосы отчуждения вдоль дорог.

Каждое насекомое строит здесь гнезда на глубине 20-25 см. Дочерние появляются рядом с материнскими. В условиях хорошей обеспеченности цветущей растительностью и сохранности гнездовой постепенно образуются большие колонии гнезд. Стеблевые пчелы (антидии, осмии, мегахиллы и другие) устраивают гнезда в старых ветвях деревьев и кустарников, высвер-

ливая сердцевину. Некоторые из этих пчел, например, мегафиллы, хорошо поддаются искусственному разведению.

Сохранение и увеличение численности диких опылителей должно решаться вместе с вопросами рационального землепользования и реконструкции ландшафта; при этом, например, для лучшего расселения пчел во вновь создаваемых лесных полосах необходимо подбирать состав растений с непрерывным и длительным цветением (шиповник, белая и желтая акация, боярышник и др.). Такая лесная полоса может стать в дальнейшем микрозаказником. Семенники люцерны, клевера, эспарцета и других культур лучше располагать по периметру полезащитных лесополос шириной до 100-150 м.

Большие перспективы для создания микрозаказников имеет закрепление склонов, оврагов и балок с лесными насаждениями. Количество пчелиных семей в микрозаказниках можно увеличить путем улучшения условий их обитания: создания открытых уплотненных площадок, запрета выпаса и прогонов скота. На таких участках следует запрещать выжигать сухую растительность. Для сохранения пчелиных гнезд не следует распахать полевые дороги около лесных полос.

Все типы лесных насаждений, сады, овражно-балочная сеть, естественные участки с системой защитных лесных насаждений должны равномерно располагаться на территории хозяйства, чтобы составить единую эколого-ландшафтную систему.

В опылении клевера особую роль играют шмели. В естественных условиях шмелевые колонии чаще всего находятся на лесных полянах и опушках, у старых канав, на склонах балок и насыпей. Участки с местообитанием шмелей загораживают, на них не допускается выпас скота, применение ядохимикатов, скашивание трав и т.д. Вблизи таких естественных шмелевников на прилегающих пахотных землях возделывают клевер на семена. Шмелиная семья средней мощности, находящаяся среди обильно цветущего клеверного поля, наиболее интенсивно обрабатывает участок в радиусе 40-50 м, т.е. площадью 0,5-0,7 га. Зная число шмелиных семей и их расположение, можно определить размер опыляемой площади.

Однако не всегда бывает удачным естественное размещение шмелевников относительно севооборотов. Возникает необходимость создания искусственных гнездовий. С этой целью делаются подземные гнезда в виде деревянных ящиков-ульев. Внутренний объем улья 1,5-3 дм<sup>3</sup>.

Ульи закладывают на участке группами по 3-10 шт., лучше «линиями», но не ближе 2-2,5 м друг от друга, по возможности дальше от муравейных (пусть даже небольших) гнезд. Часть ульев можно установить полуподземно с учетом особенностей микрорельефа. Шмелепитомники, где охраняется весь растительный и животный комплекс, концентрируют и другую разнообразную полезную мезофауну и флору. Участок обносят легкой прочной оградой, по типу культурных пастбищ. Размер площади одного микрозаказника может быть в пределах 1-3 га.

## 8.15. Особенности проектирования адаптивно-ландшафтных систем земледелия для земель различных агроэкологических групп в зональном и провинциальном аспектах

### 8.15.1. Эрозионно-опасные земли

Ввиду стохастической природы водной эрозии основным методологическим подходом при количественном обосновании элементов системы земледелия в эрозионных ландшафтах является вероятностный, позволяющий проектировать агротехнические мероприятия, лесо- и гидротехническую мелиорацию с определенной степенью надежности, рассчитанной на худший случай совпадения факторов эрозии [178].

К особенностям проектирования относится решение следующих вопросов:

оценка эрозионной опасности агроландшафтов по комплексу показателей; оптимизация водного режима эрозионно-опасных агроландшафтов; расчет доз органических и минеральных удобрений для окультуривания эродированных почв и повышения их противозерозионной стойкости; вероятностная оценка стокорегулирующей и противозерозионной эффективности агротехнических, лесомелиоративных и гидротехнических мероприятий;

выбор оптимального комплекса противозерозионных мероприятий; создание эрозионноустойчивых агроландшафтов, в которых потери почв не должны превышать допустимые, а сток талых и ливневых вод должен находиться в пределах допустимых значений.

В процессе проектирования противозерозионной системы земледелия выделяют агроландшафтные массивы земель, идентичных по степени смытости почв и интенсивности эрозии на карте землепользования М 1:5 000 с сечением горизонталей через 1 м для отдельных форм склонов: прямых, вогнутых, выпуклых, сложных (сочетание форм профилей). Границы разных категорий эрозионно-опасных земель определяются по формулам (2.17) и (2.18). В результате устанавливаются участки, на которых величина суммарного (весеннего и ливневого) смыва почв не превышает допустимые значения интенсивности эрозии ( $M_p$ , т/га), вычисленные по формуле (2.23), и соответствующие пяти категориям эрозионности:

I категория – пахотные земли интенсивного использования на приводо-раздельных участках, как правило, несмытые с потенциальным (средне-голетним) смывом менее 3 т/га;

II категория – земли интенсивного использования с преобладанием слабосмытых почв с потенциальным смывом 3,1 – 7 т/га (слабозерозионные);

III категория – земли умеренного использования с преобладанием среднесмытых почв с потенциальной интенсивностью эрозии 7,1-15 т/га (средне-эрозионные);

IV категория – земли ограниченного использования, где распространены, в основном, сильносмытые почвы со среднеголетним смывом 15,1-25 т/га (сильноэрозионные);

V категория – чрезвычайно эрозионно-опасные с потенциальным смывом более 25 т/га.

Границы категорий земель по расчетным участкам соединяют между собой плавной линией с учетом рельефа, производят вычисления площадей земель по категориям. Картограмму категорий земель используют при организации типов и видов севооборотов.

Для достоверного информационного обеспечения формул (2.17-2.21) особое внимание следует уделять выделению групп склонов, сходных по микроклимату (приходу ФАР, снеготтоложению, интенсивности снеготаяния, промерзанию-оттаиванию почвы, тепло- и влагообеспеченности, ветровому режиму, условиям перезимовки растений) и почвенным условиям (строению почвенного профиля, гранулометрическому составу, водопроницаемости, структурному состоянию и др.).

Агроэкологическая оценка сельскохозяйственных культур должна включать в себя требования, связанные с технологическими особенностями их возделывания и влиянием на окружающую среду.

Растения по-разному реагируют на снижение почвенного плодородия в результате эрозионных процессов. Наиболее устойчива к снижению плодородия почвы озимая рожь. Сахарную свеклу, картофель, кукурузу, просо, яровую пшеницу, гречиху, подсолнечник, ячмень, озимую пшеницу лучше размещать на несмытых и слабосмытых почвах, т.е. на землях I и II категорий.

Оценка средообразующего влияния растений на почвы и ландшафты включает в себя установление почвозащитной способности культур. По противоэрозионной эффективности все сельскохозяйственные культуры разделяют на три группы. К первой группе относят многолетние травы, ко второй – зерновые и однолетние травы, к третьей – пропашные и технические, кормовые и овощные, плодовые. Почвозащитная способность растений зависит от густоты посевов, фазы их развития, продуктивности. Коэффициенты эрозионной опасности различных сельскохозяйственных культур приведены в работе М.И. Лопырева, Е.И. Рябова [108].

Установление оптимального соотношения возделываемых культур (зерновых, пропашных, бобовых) и чистых паров является чрезвычайно важным фактором предотвращения эрозии. Корректировка структуры использования эродированной пашни сводится к расширению посевов многолетних трав и зернобобовых, замене части площадей чистого пара сидеральным. Уплотнение севооборотов промежуточными культурами повышает их почвозащитную роль. Усиление почвозащитной эффективности севооборотов при включении промежуточных культур, используемых на корм и зеленое удобрение, достигается благодаря удлинению периода, в течение которого почва находится под прикрытием растений, а также за счет улучшения физических свойств почвы вследствие дополнительного поступления в нее свежего органического вещества. В качестве озимых промежуточных культур целесообразно использовать озимую рожь и ее смесь с озимой викой, в качестве по-

укосных – рапс яровой, горчицу белую, редьку масличную, в качестве пожнивных – горох укосный, рапс яровой.

Оптимизация структуры посевных площадей достигается путем дифференцированного освоения различных видов севооборотов в зависимости от эрозионной опасности земель. Полевые севообороты располагаются на пашне интенсивного и умеренного использования. На землях интенсивного использования вводятся зернопаропропашные, зернопропашные, плодосменные, а на пашне умеренного использования преимущественно зернотравяные севообороты. На сильноосмытых почвах, т.е. на пашне ограниченного использования, вводят почвозащитные севообороты с преобладанием многолетних трав.

Система обработки почвы в севооборотах также дифференцирована в зависимости от категорий ландшафта. В эрозионных ландшафтах с неустойчивым и недостаточным увлажнением (лесостепь, степь) система обработки на склонах должна обеспечивать максимальное впитывание в почву выпадающих осадков и предупреждать потери влаги на непродуктивное испарение, а в регионах с избыточным увлажнением (лесная зона) – способствовать безопасному отводу воды с пашни в овражно-балочную сеть. Приемы противоэрозионной обработки почвы на склонах условно делят на две группы: общие (вспашка, рыхление, культивация, боронование, междурядные обработки) и специальные (обвалование зяби, щелевание и мульчирование почвы и др.). На пахотных землях I и II категорий, т.е. интенсивного использования, основной является отвальная разноглубинная обработка, дополняемая нулевыми, поверхностными и мелкими безотвальными обработками. На пашне III категории (умеренного использования) отвальную разноглубинную обработку необходимо заменять на комбинированную. На пахотных землях IV категории (ограниченного использования) предпочтительна безотвальная разноглубинная обработка.

Коэффициенты стокорегулирующей и противоэрозионной эффективности способов обработки почв расчетной вероятности превышения по природным зонам России приведены в работе В.П. Герасименко, М.В. Кумани [178]. Используя эти коэффициенты и коэффициенты эрозионной опасности культур, проектируют состав противоэрозионных агротехнических мероприятий, чтобы обеспечить оптимальное задержание стока талых и ливневых вод на пашне и перевод его в почву.

На эродированных почвах дефицитным элементом питания является азот в связи с пониженным содержанием гумуса. Эффективность азотных удобрений возрастает по мере увеличения степени смытости почв. Минимальную норму азотных удобрений следует рассчитывать по формуле

$$H = H_1 + H_2 \cdot C / 100, \quad (8.62)$$

где  $H_1$  – норма азотных удобрений на несмытых почвах;

$C$  – коэффициент уменьшения содержания гумуса в зависимости от степени смытости почв: 10-20% – слабосмытые, 21-50% – среднесмытые, более 50% – сильноосмытые.

В борьбе с водной эрозией наряду с почвозащитными агротехнологиями важную роль играют лесомелиоративные и гидротехнические мероприятия.

Современная научно обоснованная схема защитного лесоразведения предусматривает отведение под лесополосы в лесостепной зоне 2-2,5%, в степной зоне 3-4% площади пашни. Защитное лесоразведение на эродированных землях включает в себя полезащитные и водорегулирующие лесополосы.

Полезащитные полосы проектируют на землях крутизной менее  $1^\circ$  и размещают по границам землепользования и полей севооборотов и внутри их для улучшения микроклимата и регулирования снегоотложения.

Водорегулирующие лесополосы проектируют на землях крутизной более  $1^\circ$ . На склонах с прямым, продольным и поперечным профилями лесополосы размещают прямолинейно, а на вогнутых, выпуклых, сложных склонах лесополосы проектируют только в направлении горизонталей. Методика расчета расстояний между водорегулирующими лесополосами на почвах разной степени смытости для регионов проявления эрозии от стока талых и ливневых вод изложена в работе В. П. Герасименко, М.В. Кумани [178]. Для повышения водорегулирующей эффективности лесополосы усиливают простейшей гидротехникой: обвалованием по нижней опушке, созданием прерывистой канавы в нижнем междурядье с валом на опушке, устройством водозадерживающих валов на ложбинах по нижней опушке лесополос.

Гидротехнические сооружения (валы-террасы, канавы с валами, водорегулирующие валы) проектируют на пашне только в том случае, если избыточный сток 10%-ной обеспеченности, вычисленный по формуле (2.21), не удастся снизить до допустимого уровня противоэрозионной агротехникой и лесомелиорацией.

Для соблюдения параллельности лесополос и гидротехнических сооружений на пахотных землях необходимо осевые линии водорегулирующих устройств проектировать по равноудаленным друг от друга кривым с радиусом поворота не менее 50-70 м [108].

На границе пашни и овражно-балочной сети для уменьшения стока до допустимого, исключая образование оврагообразования, необходимо проектировать прибалочную лесополосу с валом и канавой. Естественные кормовые угодья, расположенные на овражно-балочных землях, используются в системе противоэрозионных пастбищеоборотов.

При проектировании систем земледелия в эрозионных ландшафтах возникает сложная задача установления оптимального комплекса агротехнических, лесомелиоративных и гидротехнических мероприятий. Достижение этой цели возможно на основе анализа большого числа вариантов противоэрозионных комплексов. Для решения такого рода задач целесообразно использовать современные пакеты прикладных программ для работы на ПЭВМ с электронными таблицами типа «EXCEL», «SuperCalc», «Lotus». В этом случае склон разбивается на расчетные участки, длина которых должна соответствовать или быть кратной максимальной ширине захвата сельскохозяйственной техники при различных технологических операциях (обработке почвы, посеве, уборке). Для каждого участка склона определяются показате-

ли, входящие в формулы (2.15-2.23). Оценка эрозионной опасности склона ведется для различных севооборотов (например, зернопаропропашного, зернотравяного, травянозернового) и применяемых в них противоэрозионных агротехнических приемов по формулам (2.15-2.18). Для каждой степени эродированности почв склона определяются допустимый сток и допустимый смыв по формулам (2.22) и (2.23). Данные по дефициту баланса гумуса, расчетный сток и смыв почвы, допустимый сток и допустимый смыв являются критериями для выбора оптимального комплекса противоэрозионных мероприятий. Сначала проектируются только противоэрозионные агротехнические мероприятия (дифференцированные севообороты, способы обработки почвы, щелевание, мульчирование). Если расчетные значения стока и смыва не превышают допустимых величин, то это свидетельствует о достаточной защите почв склона агротехническими мероприятиями.

Когда противоэрозионная агротехника не решает проблему борьбы с эрозией, в расчеты вводят данные по эффективности водорегулирующих лесополос с простейшей гидротехникой, а в случае неэффективности агролесомелиорации проектируются валы-террасы. Коэффициенты стокорегулирующей и противоэрозионной эффективности трехрядных лесополос с канавой и валов-террас приведены в работе [178]. Линейные рубежи следует размещать с того участка на склоне, на котором расчетный сток и смыв начинают превышать допустимый. Примеры оптимизации противоэрозионных комплексов приведены в Рекомендациях по регулированию почвенно-гидрологических процессов на пахотных землях [178].

### *8.15.2. Дефляционноопасные земли*

Ветровая эрозия – черные, или пыльные бури наиболее часто проявляются в засушливых районах СНГ южнее линии Балашов – Самара – Уфа – Новотроицк – Магнитогорск – Омск – Новосибирск. Особенно ощутимый ущерб пыльные бури наносят на Северном Кавказе, в Башкортостане, в Кулундинской степи, Хакасии, Бурятии.

Ранее существовало ошибочное мнение, что в степных регионах отсутствует опасность проявления водной эрозии почв. Сегодня эти территории можно отнести к регионам очень высокой опасности проявления ветровой эрозии почв и умеренной водной.

Ветровая эрозия почв представляет собой физический процесс разрушения почвенного покрова под воздействием ветрового потока. Для ее возникновения необходимы определенные исходные условия:

сглаженная поверхность распыленной почвы, образовавшаяся под воздействием предшествующих механических обработок или попеременных изменений погодных условий – увлажнения, замерзания, оттаивания, высушивания почвы;

отсутствие какого-либо растительного покрова (живого или мертвого) на поверхности почвы;

достаточная дистанция пробега ветрового потока для максимального насыщения его мелкоземом;



эрозионно-опасная скорость ветра в течение достаточно продолжительного отрезка времени.

Пыльные бури, прокатившиеся в 60-е годы и охватившие юг Украины, Северный Кавказ, Поволжье, Башкирию, недавно освоенные целинные земли на севере Казахстана, в Западной и Восточной Сибири, явились результатом совпадения во времени всех составных исходных условий для их стремительного развития.

Количество мелкозема, эродируемого воздушным потоком, находится в тесной зависимости от распыленности почвы и количества растительных остатков на ее поверхности. Из этого следует, что, регулируя, изменяя в процессе обработки почвы уровень распыленности верхнего слоя и количество сохраняющихся на поверхности пожнивных растительных остатков, можно управлять ветроустойчивым состоянием почвы и обеспечивать ее эффективную защиту от пыльных бурь.

Поскольку величина отрываемого ветром мелкозема находится в кубической зависимости от скорости ветрового потока, расчет параметров ветроустойчивой поверхности должен учитывать наиболее часто встречающуюся среднюю скорость ветра во время пыльных бурь.

Дистанция пробега воздушного потока, на которой концентрация мелкозема в потоке достигает допустимых значений, находится в тесной зависимости от гранулометрического состава почвы, что определяет допустимую ширину эрозионно-опасных полос в зависимости от гранулометрического состава: от 6-10 м для песчаных почв до 150-200 м для глинистых. Эродируемость ветром почвенного покрова полей севооборота может быть оценена количественно по уравнению ветровой эрозии почв.

Кроме общих закономерностей проявления ветровой эрозии, имеют место зонально-провинциальные особенности, которые определяют проектирование систем земледелия в регионах активного ее проявления.

Наиболее крупным очагом проявления ветровой эрозии в европейской части страны является так называемый армавирский ветровой коридор, охватывающий территорию восточных районов Краснодарского, южную часть Ставропольского краев и юго-восточные районы Ростовской области общей площадью около 3 млн га.

Основными источниками проявления пыльных бурь являются открытая, незащищенная растительностью зябь и слаборазвитые растения озимых, посеянные по поздним предшественникам (пропашным культурам).

Наиболее разрушительное проявление ветровой эрозии в этих районах наблюдалось в 1969 г., когда в результате пыльных бурь почти полностью были уничтожены посевы озимых культур и на зяблевых фонах снесен плодородный слой толщиной 10 см. Особый вред пыльные бури нанесли оросительным системам, были занесены мелкоземом каналы, сооружения и водохранилища.

Поскольку в структуре степной и лесостепной зон европейского региона доля озимых зерновых культур составляет 20-40%, особо важное место в системе мероприятий по защите почв от ветровой эрозии занимает получение

осенью хорошо раскустившегося травостоя на полях озимых, что предохраняет их от вымерзания и гибели зимой, а в последующем служит эффективной защитой от весенних пыльных бурь. Вымерзание нераскустившихся посевов озимых культур часто предшествует массовому охвату территории пыльными бурями. В связи с этим размещение и посев озимых зерновых в оптимальные сроки по лучшим, своевременно подготовленным предшественникам является важнейшим фактором защиты почв от ветровой эрозии в европейском регионе.

При минимальной комковатости верхнего слоя почвы (20-25% частиц размером менее 1 мм) ее надежная защита от ветровой эрозии может быть обеспечена при сохранении на поверхности поля 200 шт/м<sup>2</sup> стерни или измельченных стеблей условной длины. Посевы зерновых культур обеспечивают ветроустойчивость поверхности при оптимальной густоте всходов 500 шт/м<sup>2</sup> в фазах: озимого ячменя – 2,8 листа, озимой пшеницы – 3,5 листа.

В степных районах европейской части для зернопропашных севооборотов разработаны технологии возделывания озимых зерновых культур после пропашных предшественников с применением мульчирующей (на глубину 8-10 см) обработки почвы с измельчением крупностеблевых растительных и корневых остатков. Для возделывания яровых и пропашных культур после озимых зерновых предшественников разработана технология плоскорезно-щелевой обработки почвы с сохранением стерни.

Противодефляционная эффективность мульчи из измельченных крупностеблевых остатков пропашных культур (кукурузы, подсолнечника, кледевины, сорго) определяется количеством растительных остатков на единицу площади и может быть значительно повышена за счет их дополнительного продольного расщепления.

Относительно благоприятные лесорастительные условия земледельческих районов европейской части России предопределили обсадку полезащитными полосами подавляющего числа севооборотных полей сельскохозяйственных товаропроизводителей.

В азиатском регионе земледелия в структуре возделываемых культур озимые зерновые составляют весьма незначительный удельный вес, пропашные (кукуруза, подсолнечник, картофель, овощи) занимают ограниченные площади кормовых и овощных севооборотов, в основном преобладают однолетние яровые зерновые культуры, среди которых яровая пшеница занимает в структуре полевых севооборотов до 60-90%.

Южный Урал, юг Западной и Восточной Сибири стали после распада Советского Союза своеобразным пшеничным поясом производства высокобелкового зерна сильных и твердых яровых пшениц. Континентальный климат с частыми летними засухами, значительная доля в годовом балансе зимних осадков, активный ветровой режим в зимние и весенние месяцы предопределяют неустойчивый характер земледелия, высокую вероятность производственного риска, высокий потенциал проявления ветровой и умеренной – водной эрозии почв.

Адаптация всей производственной сельскохозяйственной деятельности человека к этим жестким условиям становится не просто пожеланиями, а строгими правилами, отклонение от которых обходится слишком дорого.

Целенаправленное конструирование высокопродуктивных и экологически устойчивых агроландшафтов должно базироваться на экономически реальных и доступных мероприятиях, в числе которых важнейшую роль играет рациональное размещение многолетних и однолетних растений, кустарников, деревьев, в особенности рациональное размещение многолетних трав (как традиционно применяемых в культуре, так и новых, нетрадиционных) для создания полос, кулис, пастбищ и т.п. (табл. 8.107, 8.108).

### 8.107. Рациональное размещение многолетних растений в степных агроландшафтах на территории землепользования азиатского региона земледелия

Формы размещения многолетних растений различных видов	Место, участки размещения	Цель, решаемая задача
<i>Деревья и кустарники</i>		
Лесные полосы, массивные парковые посадки	Населенные пункты, поселки, деревни Полевые станы, машинные дворы, животноводческие фермы Берега рек, озер, дамбы водохранилищ Барьеры, места захоронения бытовых отходов и мусора Овражно-балочные насаждения	Озеленение, улучшение условий обитания человека Защита от снежных и метелевых заносов  Укрепление берегов, создание водоохраных зон Озеленение и окультуривание ландшафта Защита почв от эрозии
<i>Многолетние травы</i>		
В полевых севооборотах	Выводные поля к зернопаровым севооборотам	Для оптимизации режима органического вещества, элементов питания, структуры почвы и других элементов
Залужение ложбин и водотоков	Отдельные участки полей с ложбинным рельефом	Предотвращение водной эрозии почв при стоке талых и ливневых вод
Водоохранная зона	Вдоль берегов рек и вокруг озер	Предотвращение заиления водоемов и загрязнения воды
Полосы многолетних сеяных трав	Почвозащитные севообороты на эрозионно-опасных землях, поперек склона или направления эрозионных ветров	Предотвращение водной и ветровой эрозии

Продолжение табл. 8.107

Формы размещения многолетних растений различных видов	Место, участки размещения	Цель, решаемая задача
Буферные посевы узкими полосами	Вдоль дорожной сети, в почвозащитных севооборотах	Предотвращение эрозии почв
Кулисы из многолетних высокорослых трав (нетрадиционные растения, чий блестящий и др.)	Границы полей и рабочих участков при обычном и контурном землеустройстве  Высокопродуктивные поля или участки для возделывания озимых зерновых, семенников многолетних трав и других культур  Пастбищные и сенокосные угодья	Маркировка и закрепление границ полей и рабочих участков на территории землепользования  Дополнительное накопление снега зимой  Повышение продуктивности угодий за счет лучшего увлажнения талыми водами
Фитомелиорация песчаных земель и подвижных песков	Посевы многолетних трав, использование нетрадиционных растений (волоснец песчаный и др.)	Защита почв от эрозии и деградации, создание продуктивных сенокосов и пастбищ

### 8.108. Принципы размещения однолетних культур в степных агроландшафтах на территории землепользования азиатского региона

Культура	Удельный вес в структуре посева	Товарная продукция	Лучшие предшественники в севообороте	Оптимальный севооборот	Требования к почвам	Особенности технологии возделывания
1	2	3	4	5	6	7
Озимая пшеница, яровая пшеница	Ограниченное распространение в стране  Может занимать до 70-80% и более в структуре зерновых	Продовольственное зерно  Продовольственное зерно с высоким содержанием белка	Только паровое поле  Пар, яровая пшеница после пара, многолетних трав. Твердая пшеница по парам	Могут занимать часть парового поля  Специализированные зернопаровые короткой ротации (двух-трехпольные) с выводным полем многолетних трав	Озимая пшеница более требовательна к плодородию, чем рожь  Наиболее плодородные земли, водораздельные плато, приводораздельные склоны с наименьшим уклоном и расчленением территории гидрографической сетью стока	Обязателен посев кулис для снегозадержания  Почвозащитная с сохранением пожнивных остатков на поверхности почвы. При обработке пара в конце парования обязательно применение гербицидов для создания мульчезащитного покрова перед уходом в зиму. На почвах глинистого и среднесуглинистого гранулометрического состава возможно возделывание без по-

Продолжение табл. 8. 108

1	2	3	4	5	6	7
						лосного размещения, на почвах легкосуглинистых и суглинистых обязательно чередование с полосами многолетних трав
Ячмень-яровой	До 10-30% в структуре зерновых	Продовольственное и фуражное зерно	Не требователен к предшественникам. При посеве по парам может превышать по урожайности яровую пшеницу	Может возделываться в любых зерновых севооборотах	Засухоустойчив, солонцеустойчив, может размещаться как в обычных, так и в почвозащитных севооборотах на землях менее плодородных и более подверженных эрозии	
Овес	До 10-30% в структуре зерновых	Продовольственное и фуражное зерно	Не требователен к предшественникам, хорошо реагирует на летние осадки. Для борьбы с корневой гнилью может высеваться в зернопаровых пшеничных севооборотах	Может возделываться в любых зерновых севооборотах	Более требователен к увлажнению, нежели ячмень, хорошо противостоит сорнякам	Почвозащитная технология
Просо-гречиха	Занимает небольшой вес в структуре зерновых	Продовольственное зерно	Пласт многолетних трав. Пар	Могут возделываться в любых зернопаровых, сборных полях	Засухоустойчивы, хорошо реагируют на поздние осадки	Чистые от сорняков поля
Горох	Возделывание ограниченно	Продовольственное и	Пар	Требователен к плодородию почв	Относительно слабо засухоустойчив, хорошо	Чистые от сорняков поля

Продолжение табл. 8. 108

1	2	3	4	5	6	7
	ваются лесо- степной зоной. В степной может возделы- ваться в пониже- ниях с увлажне- нием	фураж- ное зер- но			реагирует на летние осадки	
Куку- руза	В кормо- вых при- ферм- ских се- вооборо- тах	Для приго- товле- ния ку- рузно- го силоса	Нетребо- вательна. Может возделы- ваться при бесмен- ном посе- ве на од- ном месте	Может воз- делываться вне севообо- рота	Полнопрофиль- ные зональные почвы	Лучше отвальная вспашка
Под- сол- неч- ник	В кормо- вых сево- оборотах	Для приго- товле- ния си- лоса и получе- ния масло- семян	В любом кормовом севообо- роте	Кормовые севообороты	Полнопрофиль- ные зональные почвы	Лучше отвальная вспашка
Кар- то- фель	Площадь возделы- вания неболь- шая	Клубни	Пар	Специализи- рованный овощной се- вооборот короткой ротации	Полнопрофиль- ные зональные почвы	Лучше отвальная вспашка, допуска- ется чередование с отвальным рыхле- нием

Пастбища и сенокосы в степных районах Урала и Сибири занимают значительные площади – до 30-35% от площади сельскохозяйственных угодий. В основном они расположены на малоплодородных почвах. Из-за выбитого травостоя на пастбищах, низкого скашивания трав на сенокосах снег зимой выдувается и переносится в понижения, депрессии. Реально увеличить продуктивность этой категории земель можно путем улучшения водного режима за счет дополнительной аккумуляции и равномерного снегораспределения с помощью высокорослых многолетних травянистых кулис из злаковых засухоустойчивых трав (чий блестящий), которые имеют также противодефляционное значение.

Численность поголовья скота должна обязательно быть сбалансированной с возможностями кормовой базы и продуктивностью пастбищ. Выбивание пастбищных угодий из-за перегрузки скотом является главной причиной деградации земель около населенных пунктов. На почвах легкого гранулометрического состава выбитые скотом пастбища зачастую превращаются в подвижные пески с барханными грядами.

Важное место должны занять многолетние травы в полевых зернопаровых севооборотах в качестве выводных полей. Пласт многолетних трав – важный элемент технологии возделывания высокобелковых твердых пшениц. Периодическое прохождение полей зернопарового севооборота через выводное поле многолетних трав – это и эффективное подавление развития сорняков, источник органического вещества.

Наряду с оптимизацией размещения сельскохозяйственных культур (см. табл. 8.107, 8.108), структуры угодий и посевных площадей, доли чистого пара, противоэрозионной организацией территории важную роль в предотвращении дефляции играют противоэрозионные технологии возделывания полевых культур. В основе их, так же как и всей почвозащитной системы земледелия, лежит плоскорезная обработка почвы. Совершенствование ее развивается в плане минимизации вплоть до нулевой с целью сохранения на поверхности пожнивных остатков, которое усиливается разбрасыванием измельченной соломы. При этом особое внимание должно уделяться системе ухода за чистыми парами. Для создания растительно-мульчeveго покрова на парах перед их уходом в зиму система обработки почвы строится на сочетании механических культиваций в первую половину парового периода (две-три культивации) и гербицидных опрыскиваний сорняков во вторую половину лета (одна-две операции). Такая технология подготовки парового поля позволит эффективно бороться с сорной растительностью во вторую половину лета, когда из-за дефицита рабочей силы, техники (время подготовки к уборке) паровые поля зарастают и превращаются в рассадники сорняков.

### **8.15.3. Переувлажненные земли**

**Принципы и очередность освоения.** Переувлажненные почвы широко представлены в таежно-лесной зоне, где имеется около 3 млн га осушаемых почв, около 7 млн га сельскохозяйственных угодий относится к мелиоративному фонду земель, нуждающихся в проведении осушительных мелиораций. Доля переувлажненных почв еще более возрастает в среднетаежной зоне, а в северо-таежной все почвы, в том числе зональные (глеоподзолистые), переувлажнены.

Результаты использования этих земель представляют довольно пеструю, в целом неутешительную картину. При проектировании урожайности на осушаемых землях 40 ц/га корм. ед. здесь в среднем собирали 20 ц/га при теоретически возможной продуктивности 60-140 ц/га корм. ед. Много занимались гидротехническим осушением, но мало земледелием, как таковым. Между тем для успешного использования этих земель, пожалуй, как нигде требуется понимание чрезвычайно разнообразных условий почвенного покрова и почв.

Широкий спектр полугидроморфных и гидроморфных почв и их свойств определяется разнообразием факторов заболачивания, в частности, поверхностным заболачиванием атмосферными и намывными склоновыми водами, русловыми водами, заболачиванием пресными и минерализованными грунтовыми водами, заболачиванием в результате зарастания водоемов. Сочетания этих факторов, помноженные на разнообразную литологию, дает огромное количество почвенных разностей в пределах трех генетических типов полугидроморфных почв (болотно-подзолистых, дерново-глеевых, аллювиальных лугово-болотных) и двух генетических типов гидроморфных почв (торфяных болотных низинных и торфяных болотных верховых). Эти почвы находятся в сочетании с дерново-подзолистыми, которые часто бывают слабogleеватыми и дерново-карбонатными выщелоченными.

В качестве агроэкологических групп, для которых должны разрабатываться адаптивно-ландшафтные системы земледелия, выделяются следующие.

1. Полугидроморфно-зональные, включающие агроэкологические виды земель:

1.1. Слабополугидроморфно-зональные, представленные пятнистостями дерново-подзолистых и дерново-подзолистых слабogleеватых почв с участием последних менее 50% и присутствием дерново-подзолистых глееватых менее 10%.

1.2. Среднеполугидроморфно-зональные, представленные комплексами дерново-подзолистых, дерново-подзолистых слабogleеватых и глееватых менее 50%.

2. Полугидроморфные, включающие агроэкологические виды земель:

2.1. Полугидроморфные пойменные (аллювиальные слабogleеватые, глееватые и глеевые; аллювиальные лугово-болотные).

2.2. Дерново-глееватые и дерново-глеевые.

2.3. Болотно-подзолистые супесчаные.

2.4. Болотно-подзолистые суглинистые.

2.5. Болотно-подзолистые глинистые.

3. Торфяные болотные низинные.

Целесообразность осушения переувлажненных почв определяется агроэкологическими требованиями сельскохозяйственных культур, экономической эффективностью и экологическими последствиями. По возможности использования переувлажненных почв без осушения они могут быть разделены на три группы:

первая — пригодные для использования без осушительных мелиораций;

вторая — пригодные для использования без осушения под отдельные культуры при определенных условиях;

третья — не пригодные для интенсивного использования без осушительных мелиораций.

К первой группе относятся слабogleеватые почвы легкого гранулометрического состава, осушение которых требуется лишь для плодовых культур с глубокой корневой системой и озимых зерновых. Большинство культур на этих почвах дает более высокий урожай, чем на неоглеенных, особенно в за-



сушливые годы. Некоторые снижают урожайность во влажные годы. Особенно страдают озимые зерновые в результате застоя надмерзлотной верховодки.

Ко второй группе относятся слабogleеватые тяжелосуглинистые и глинистые почвы и глееватые легко- и среднесуглинистые. Большинство культур на этих почвах резко снижает урожайность или гибнет во влажные годы. В засушливые и сухие годы, наоборот, некоторые из них могут давать более высокий урожай. По данным Ф. Р. Зайдельмана [48], дренаж дерново-подзолистых глееватых суглинистых почв обеспечивает высокий доход только в годы с высоким увлажнением. В средние и засушливые годы на дренированных почвах урожайность многих культур оказывается ниже, чем на недренированных глееватых почвах, в частности, яровых зерновых на 15-20%, картофеля – на 10-15, бобовых трав – на 15-20%. Поэтому осушение таких почв целесообразно лишь при необходимости возделывания наиболее чувствительных к избыточному увлажнению культур в специализированных севооборотах. Большая часть таких почв может быть использована с той или иной эффективностью в качестве сенокосов без осушительных мелиораций.

К третьей группе относятся глееватые тяжелосуглинистые и глинистые почвы, большинство глеевых и все торфянисто-глеевые.

Определяя очередность и приоритетные объекты мелиорации, следует отдавать предпочтение почвам с высоким потенциальным плодородием, к которым относятся низинные торфяные почвы, хорошо агрегированные аллювиальные дерновые зернистые почвы, дерново-глеевые и др. Что же касается болотно-подзолистых почв, преобладающих среди осушаемых земель, особенно тяжелых по гранулометрическому составу, то они отличаются низкой агрегатностью, плохой водопроницаемостью, заплывают, плохо отдают воду в дренаж и требуют немало усилий для окультуривания.

Не следует вовлекать в сельскохозяйственный оборот болотные верховые торфяные почвы. Они характеризуются низкой зольностью и степенью разложения торфа, высокой кислотностью, низкой водопроницаемостью, высокой влагоемкостью. Осушение их сопряжено с высокими затратами, так же как и использование в мелиоративный период, связанное с мелиоративными мероприятиями по повышению плодородия. Это относится и к почвам переходных торфяников.

Нецелесообразно вовлечение в активный сельскохозяйственный оборот всех болотных торфяных почв, в том числе и низинных, при подстилании незначительной толщи торфа каменистыми породами. Осушение таких маломощных торфяных почв (мощность торфа менее 1 м) при быстрой сработке торфа в результате разложения органического вещества, осадки, ветровой эрозии и пожаров нередко сопровождается выходом на дневную поверхность каменистого материала.

**Особенности земледелия на полугидроморфных почвах на начальном этапе осушения.** Окультуривание осушаемых почв начинается с выбора рациональной системы обработки почвы. Для осушаемых почв с оглеенными подзолистыми и иллювиальными горизонтами создание достаточно мощного

пахотного слоя имеет особое значение, поскольку определяет успех мелиорации в целом. Создать такой слой путем постепенного припахивания в короткий срок невозможно, особенно на почвах с невысоким естественным плодородием с мощностью гумусового горизонта менее 17 см. Припахивание оглеенных и подзолистых горизонтов более 2-3 см приводит к резкому ухудшению пахотного слоя.

В подобных условиях задача решается сочетанием отвальной вспашки с безотвальной обработкой, которая может выполняться серийными рыхлителями и даже плугами со снятыми отвалами на глубину до 30-35 см. При высокой уплотненности переходных горизонтов интенсификация мелиоративного процесса достигается сверхглубоким рыхлением до 0,6-0,9 м специальными мелиоративными рыхлителями.

Увеличение мощности пахотного слоя и разрыхление подпахотных горизонтов способствуют более быстрому поглощению почвой воды, предотвращая ее застой, повышая эффективность дренажа. Уменьшение плотности и соответственно увеличение влагоемкости позволяют оптимизировать водный режим агроценозов в засушливый период за счет повышения запасов влаги.

Одновременно с улучшением водного режима почвы при глубоких обработках создаются более благоприятные условия воздушного режима, что весьма важно, учитывая, что на мелиорируемых почвах даже при интенсивном осушении дренажем содержание воздуха в почве нередко снижается до 10-15% пористости.

Эффективность обработки почвы в мелиоративный период зависит от того, насколько тесно она сопряжена с известкованием, внесением навоза и другими агротехническими мероприятиями, определяющими процесс окультуривания почвы. Чем менее благоприятны свойства почвенных горизонтов, вовлекаемых в пахотный слой, тем выше дозы извести и органических удобрений, приходящихся на каждый сантиметр припахиваемого слоя.

Механическая обработка почвы в мелиоративный период наряду с задачами создания культурного пахотного слоя должна способствовать отводу избыточной воды по поверхности почвы, пахотному и подпахотному слоям, что в той или иной мере достигается специальными приемами (профилированием, бороздованием, гребневанием и др.). При этом особую роль играет планировка поверхности. Ее применение необходимо при наличии микропонижений, которые вызывают застой поверхностных вод и резкое снижение урожайности. Даже сравнительно малотребовательные культуры при глубине микропонижений 10-15 см снижают ее на 15-30% по сравнению с ровной поверхностью. В более глубоких понижениях (25-30 см) растения нередко погибают.

При наличии замкнутых микропонижений целесообразно выборочное бороздование. Борозды глубиной 25-30 см прокладывают бороздоделами и выводят в каналы открытой осушительной сети. Бороздование проводят после вспашки (при подъеме зяби) или сразу же после посева озимых или яровых культур.

В условиях низкой теплообеспеченности при возделывании пропашных культур особое значение приобретают гребневая и грядовая обработки, особенно на тяжелых по гранулометрическому составу почвах. Ею достигается значительное улучшение водно-воздушного, теплового и питательного режимов. Преимущества грядования и гребневания резко проявляются в годы с избыточным количеством осадков. Высота гребней и гряд зависит от мощности пахотного слоя и применяемых орудий обработки и составляет от 15 до 25 см. Гряды и гребни нарезают весной при предпосевной обработке, но можно проводить грядовую и гребневую вспашки при осенней обработке почвы.

Большая часть мелиорируемых почв таежно-лесной зоны характеризуется повышенной кислотностью. Создание осушительного дренажа, увеличение внутрипочвенного стока способствуют повышению выноса ионов кальция и магния. Подкислению почв способствует также применение физиологически кислых удобрений. Ежегодный вынос кальция с фильтрующимися водами составляет от 60 до 800 кг/га в зависимости от гранулометрического состава и степени окультуренности. Большой вынос оснований из мелиорируемых почв связан также с тем, что большинство их, будучи слабоокультуренными, имеют невысокую емкость поглощения. В соответствии с многочисленными опытными данными значительное и длительное действие известкования наблюдается лишь при высоких нормах извести. Оказывается, наиболее целесообразно рассчитывать их, исходя из нейтрализации полной гидролитической кислотности.

Особая роль при освоении минеральных почв принадлежит органическим удобрениям, которые не только служат источником питательных веществ для растений, но и улучшают водный, воздушный и питательный режимы почвы и способствуют восстановлению плодородия, нарушенного при производстве мелиоративно-строительных и культуртехнических работ. Без них невозможно решать задачи по увеличению мощности пахотного слоя. Довольно многочисленные опытные данные по испытанию различных доз навоза (30, 60, 80, 120 т/га) на дерново-подзолистых глееватых почвах свидетельствуют, что значительное их улучшение происходит при ежегодном внесении в мелиоративный период дозы 60 т/га и более. При этом отмечается существенное снижение плотности пахотного слоя, повышение пористости, влагоемкости, увеличение продолжительности периода с оптимальным увлажнением в годы с повышенным количеством осадков, снижается кислотность, возрастает содержание гумуса, в особенности доля гуминовых кислот. Последнее обстоятельство способствует уменьшению подвижности органических соединений и сокращению их потерь вследствие выщелачивания. При дозе органических удобрений 30 т/га эти изменения проявляются значительно слабее.

Высокая эффективность органических удобрений на мелиорируемых почвах доказывается высокой удельной окупаемостью их продукцией, которая мало снижается с увеличением доз от 30 до 100 т/га. Если при первичном

окультуривании малогумусных глинистых почв органические удобрения вообще не вносятся, мелиорация оказывается убыточной.

Большое значение при использовании осушаемых почв имеет возделывание сидеральных культур с последующей их запашкой в почву. В качестве пожнивных сидеральных культур, высеваемых после уборки озимой ржи, ячменя, весьма эффективны рапс, сурепка, масличная редька, белая горчица.

Применение органических удобрений на осушаемых почвах должно сочетаться с внесением минеральных удобрений в первые же годы, поскольку процесс мобилизации азота и фосфора из органических веществ идет медленно.

На мелиорируемых минеральных почвах могут вводиться те же севообороты, что и на автоморфных почвах (полевые, кормовые, овощные, лугопастбищные). При этом важное значение имеет участие в севооборотах многолетних трав, доля которых увеличивается от Центрального к Северо-Западному и Северному районам. В частности, в Северном районе целесообразно вводить лугопастбищные, а также полевые севообороты с насыщением многолетних трав на 28-30% при интенсивном их возделывании.

Введению севооборотов часто предшествует использование вновь осваиваемых земель под предварительные культуры, обычно кормовые. При этом темпы окультуривания почв зависят от уровня интенсивности возделывания этих культур.

При организации культурных пастбищ на осушаемых землях выпас скота можно проводить при уровне грунтовых вод не выше 60-65 см от поверхности.

**Особенности земледелия на осушаемых торфяных, болотных, низинных почвах.** Данные почвы характеризуются высоким потенциальным плодородием. Как объект мелиорации, они выгодно отличаются от большинства заболоченных минеральных почв, хотя их использование осложняется некоторыми особенностями (слишком низкая плотность и подверженность ветровой эрозии, неблагоприятный тепловой режим, пожароопасность и др.).

Сельскохозяйственное использование торфяных почв имеет многовековую историю. В современной практике известны черная, смешанная, насыпная и песчаная смешанослойная культуры.

В России в основном практикуется черная культура торфяных почв (хотя научными учреждениями разработаны технологии смешанной культуры). При этом возникает проблема биохимической сработки торфа, т.е. активного биохимического разложения органической массы при осушении болота. Скорость этого процесса определяется тремя факторами: глубиной залегания грунтовых вод, характером сельскохозяйственного использования почв и климатическими условиями.

Наиболее интенсивная сработка торфа происходит под пропашными культурами при глубоком понижении грунтовых вод в условиях самотечного осушения. Для условий южной тайги ежегодная сработка торфа под пропашными составляет 2-3 см в год. В лесостепной зоне она может достигать 4 см.

В высоких широтах европейской территории России и в Сибири, наоборот, скорость биохимической сработки торфа снижается и находится на уровне миллиметров в год. Главную роль в этом играет наличие в торфяных почвах мерзлоты неглубоко от поверхности.

Определяющим фактором разложения торфа является усиление аэрации почвы при понижении уровня грунтовых вод. Например, по некоторым данным [112], скорость разложения торфа при уровне грунтовых вод 0,8 м составляла 2,2 т/га в год, при 1,2 м — 6 т/га.

Хорошо известен печальный опыт самотечного глубокого осушения низинных болот, основанный на принципе отрыва капиллярной каймы грунтовых вод от основания торфяной залежи. В результате такого освоения болот происходили ускоренная сработка торфа, потеря больших количеств азота, не использованного растениями, накопление нитратов в грунтовых водах, эвтрофикация водоемов, возникали пожары, проявлялась дефляция. Такого рода осушение болот затрагивало прилежащие ландшафты, наступало обезвоживание значительных территорий, ухудшались условия сельскохозяйственной деятельности, лесорастительные и другие условия.

В данной связи весьма поучителен опыт мелиорации торфяных болотных почв в Белоруссии, где в 60-е годы самотечное глубокое осушение их получило широкое распространение в качестве основного метода. В результате через 12-15 лет произошла полная сработка торфяных почв на площади более 120 тыс. га, обнажились песчаные породы, галечниковый аллювий и т.п. Таким образом, потребовался жестокий экологический урок (кстати сказать, предсказанный проф. Ф. Р. Зайдельманом), чтобы в 70-х годах данный метод был признан экологически опасным и в дальнейшем не применялся. Стало очевидным, хотя и не в полной мере реализуемым на практике, положение о том, что во избежание переосушения необходимо не сбрасывать воду, а регулировать водный режим.

Наиболее благоприятные условия с точки зрения регулирования продукционного процесса растений и обеспечения экологической устойчивости угодий складываются при создании лугового режима, когда грунтовые воды капиллярно подпитывают верхние горизонты в соответствии с динамикой потребности растений в воде.

Для обеспечения экологической устойчивости угодий на осушаемых торфяных почвах в их структуре следует ограничивать долю культур, возделывание которых связано с интенсивной обработкой почвы, повышая соответственно долю многолетних трав, под которыми значительно замедляется минерализация органического вещества. В данной связи целесообразно использование маломощных торфяных почв (торфяной горизонт менее 1 м) под культурные сенокосы, а среднемощных и мощных (более 1 м) — в овощных и кормовых севооборотах с преобладанием в них многолетних трав. Согласно имеющимся данным исследований [43], для центральных и южных районов Нечерноземья наиболее целесообразно с точки зрения продуктивности, экологической эффективности и сохранения плодородия торфяных почв вводить севообороты, в структуре которых многолетние травы занимают 33,3-

66,6%, однолетние травы — 16,7, зерновые — 0-33,3, пропашные — 16,7%. В условиях Севера и Северо-Запада вследствие низкой биологической активности почвы возможно значительное увеличение доли пропашных культур. Учитывая неблагоприятный тепловой режим торфяных почв, обусловленный их высокой теплоемкостью и низкой теплопроводностью, не рекомендуется включать в севообороты теплолюбивые культуры.

Осушаемые болота, особенно торфяники низинного типа, являются ценными угодьями не только для выращивания однолетних культур, но и для создания высокопродуктивных сенокосов и пастбищ в различных природных зонах. В центральных областях Нечерноземной зоны РФ ряд хозяйств опытных учреждений на осушенных низинных торфяниках получает по 80-100 ц, а на переходных — по 50-70 ц сена с 1 га. Продуктивность сеяных пастбищ составляет здесь 3-5 тыс. корм. ед. и более с 1 га.

Многолетние травы, возделываемые на осушенных торфяных почвах, могут использоваться на сено, сенаж, силос, травяную муку и как зеленый пастбищный корм. Они уменьшают распыление торфа, замедляют его разложение, служат средством борьбы с сорными растениями, некоторыми видами вредителей и болезней, улучшают использование питательных веществ осушаемых торфяно-болотных почв. Возделывание многолетних трав позволяет более продуктивно использовать слабо осушаемые торфяники, где выращивание других культур затруднено, а также способствует удлинению сроков эксплуатации мелкозалежных торфяных массивов. Многолетние травы на осушаемых торфяных почвах могут возделываться как в севооборотах различных направлений, так и вне севооборотов.

Для залужения надо высевать те виды трав, биолого-экологические особенности которых отвечают характеру местообитания, способу и длительности использования сеяного луга. Как правило, травостой сеяных сенокосов и пастбищ на осушенных торфяных почвах представлен в основном многолетними злаковыми травами, более урожайными и долговечными по сравнению с бобовыми. Кормовые достоинства большинства злаковых трав высокие, особенно в ранних фазах вегетации. Однако бобовые травы по питательной ценности все же значительно превосходят злаковые.

Обработка почвы в севооборотах должна проводиться дифференцированно в зависимости от предшественника и возделываемой культуры. Под пропашные рекомендуется проведение глубокой осенней вспашки, под культуры сплошного сева — безотвальной обработки. Однако после стерневых предшественников, а также на участках, сильно засоренных многолетними сорняками, требуется вспашка. Эти приемы должны сочетаться с агроメリоративными мероприятиями (планировка поверхности, гребневание, грядование, выборочное бороздование и профилирование) в зависимости от почвенно-климатических условий.

Планировка необходима для устранения микропонижений, которые в период избыточного увлажнения отличаются ухудшением теплового и питательного режимов. Сумма температур за вегетационный период в микропонижениях по сравнению с выровненной поверхностью оказывается значительно

меньше (на 200° и более), ниже биологическая активность и содержание нитратного азота в почве. Соответственно снижение урожайности однолетних и многолетних трав в микропонижениях глубиной 15 см может достичь 30-40%, а при глубине 30 см — 80% [43]. Следует подчеркнуть, что проведение планировки на торфяных почвах не представляет трудностей, так как здесь в отличие от минеральных почв можно не опасаться выхода на поверхность подпахотных почвенных горизонтов при больших размерах срезки.

Важное значение, особенно в условиях низкой теплообеспеченности, имеют гребневание и грядование. Во влажные годы на гребнях удастся избежать избыточного увлажнения и улучшить условия теплообеспеченности. За вегетационный период сумма положительных температур на гребнях на 200-240° выше, чем на ровной поверхности, больше накапливается минеральных форм азота. Гребневая посадка корнеплодов на торфяных почвах обеспечивает высокий экономический эффект.

Обязательный прием на торфяных почвах — прикатывание поверхности. Необходимость его применения связана с низкой плотностью почвы, а также с разрывом капилляров при обработке, в результате чего даже при наличии большого запаса влаги в подпахотных слоях влажность пахотного слоя может снижаться до влажности устойчивого завядания. Особенно неблагоприятная ситуация складывается в результате накопления льда в верхнем горизонте при перегонке пара из нижних слоев в зимний период. Лед отрывает этот горизонт от нижележащей толщи торфа, нарушая капиллярное подпитывание корнеобитаемой зоны. Прикатывание торфяных почв перед посевом восстанавливает нарушенную капиллярную связь. Данный прием выполняется тяжелыми водоналивными катками. Интенсивность прикатывания увеличивается с понижением уровня грунтовых вод. Прикатывание выравнивает поверхность поля и уплотняет почву, при этом высеянные семена более равномерно заделываются по глубине, водно-воздушный режим пахотного слоя заметно улучшается. Сильнее следует прикатывать почву на слаборазложившихся торфяниках, после раскорчевки кустарников и запашки мощной дернины или большого количества растительных остатков. Еще более возрастает роль прикатывания в южных районах, а также в сухие весны и на глубоко осушенных болотах. По мере окультуривания болота верхние слои торфяной залежи уплотняются, и потребность в интенсивном прикатывании уменьшается.

На старопахотных почвах, предназначенных для залужения, обработка зависит от способа и срока посева многолетних трав, их видового состава, предшественника и т.д. При весеннем посеве многолетних трав на минеральных почвах под покров яровых зерновых культур или при раннем беспокровном посеве площади, вышедшие из-под зерновых культур, подвергаются лущению, после чего производят зяблевую вспашку на глубину 30-35 см и осеннее дискование. Весной, когда почва оттаивает примерно на 10-12 см, поле дискуют в один-два следа с одновременной заделкой удобрений. При летнем беспокровном посеве трав после уборки однолетних смесей на зеленый корм, идущих по зяблевой вспашке, проводят дискование в два следа

(первое на глубину 7-9 см и второе — на 12-15 см с заделкой удобрений), а при размещении трав после пропашных культур — глубокое дискование осенью, лущение или повторное дискование весной с заделкой удобрений. Во всех случаях прикатывание проводят до и после посева.

Для лучшего развития и получения более высокого урожая луговых трав, особенно при создании долгодетных культурных пастбищ, важно, чтобы на этих участках в год, предшествующий залужению, возделывались пропашные культуры, под которые вносится достаточное количество удобрений, а почва хорошо обрабатывается и очищается от сорной растительности. При выращивании в одном звене с многолетними травами однолетних технических, пропашных, кормовых и овощных культур лучше используются питательные вещества почвы, она быстрее окультурируется, общая продуктивность земельных ресурсов повышается. В связи с этим при коренном улучшении и дальнейшем окультуривании хорошо осушаемых низинных торфяников и лугов целесообразнее использовать эти угодья в системе севооборотов с луговым и полевым периодами. В севообороте, главным образом, лугопастбищном, создают краткосрочные сенокосы или пастбища, которые используются менее пяти-шести лет, а вне севооборота — краткосрочные и долгодетные сенокосы и пастбища.

Правильный подбор видов и сортов трав для луговых и пастбищных смесей на осушаемых болотах является одним из главных факторов, определяющих их долгодетие и урожайность. Опытами и практикой установлено, что травосмеси на протяжении всего срока их использования дают более высокие урожаи сена и пастбищного корма по сравнению с чистыми посевами трав.

Подбор компонентов для травосмесей зависит от почвенно-климатических условий, типа торфяника, его плодородия и интенсивности осушения, срока и способа использования, хозяйственно-экономических требований. В травосмеси следует включать те виды и сорта трав, биолого-экологическая характеристика которых лучше всего отвечает перечисленным условиям. Так, клевер красный и розовый плохо переносят ранневесенние и позднеосенние заморозки, все многолетние культурные травы плохо развиваются на сильнокислых почвах (рН ниже 4,5). Большинство злаковых трав предпочитает слабокислые почвы (рН 5,0-6,0), а бобовые травы — почвы с нейтральной реакцией среды (рН 7,0).

К числу возделываемых на осушаемых торфяниках относятся следующие виды многолетних трав: тимофеевка луговая, овсяница луговая, овсяница тростниковидная, овсяница красная, лисохвост луговой, ежа сборная, кострец безостый, райграс высокий, райграс пастбищный, мятлик луговой, мятлик болотный, полевица белая, бекмания обыкновенная, клевер розовый и клевер белый.

Сеять луговые травы на осушенных торфяных почвах лучше весной или летом, когда наиболее полно удовлетворяются биологические требования бобовых и злаковых трав. В южных областях Нечерноземья многолетние травы отлично удаются при летнем беспокровном посеве. Лучшим сроком



входит весенняя подкормка азотными удобрениями — 0,5-1,0 ц аммиачной селитры на гектар.

Из яровых на торфяных почвах лучше всего выращивать ячмень и овес. Под них следует отводить старопахотные участки с уровнем грунтовых вод в среднем за вегетацию 75-85 см. В севообороте их обычно размещают по картофелю, озимым, корнеплодам, силосным.

Обработка почвы после пропашных культур поверхностная — глубокое осеннее дискование; после озимых — раннее лушение стерни, зяблевая вспашка на глубину 25-30 см. При подготовке почвы под яровые культуры все работы по разделке пласта зяби с внесением фосфорно-калийных удобрений и прикатывание проводят осенью.

На хорошо окультуренных торфяниках азотные удобрения практически не вносят. Фосфорные удобрения вносят в дозе 60-90 кг действующего вещества на гектар, а калийные — 120-150 кг.

Уход за посевами яровых зерновых сводится в основном к борьбе с сорняками в ранних фазах их развития и вредителями (злаковой мухой).

Под картофель следует отводить осушенные старопахотные низинные торфяники. Наилучшие условия водного питания картофеля создаются при влажности почвы около 70-75% от полной влагоемкости и аэрации в 23-30% от объема пор почвы. При этом грунтовые воды в среднем за вегетацию должны находиться на глубине 100-110 см от поверхности. При таком уровне капиллярная влага в течение всего периода вегетации подпитывает корнеобитаемый слой почвы.

Картофель предъявляет к предшественникам умеренные требования. В кормовых севооборотах его лучше всего размещать второй культурой после многолетних трав, ржи, а также после однолетних злаково-бобовых смесей и корнеплодов.

Обработка целинных торфяных почв под картофель проводится по методу ускоренного освоения. После очистки болота от пней, кустарников проводят глубокую вспашку (на глубину 30 см). После вспашки пласт тщательно разделяют тяжелыми дисковыми боронами в 2-3 следа и выравнивают поверхность. Затем вносят минеральные удобрения и дискую почву еще раз, заделывая их, потом проводят прикатывание поля.

Универсальным приемом обработки старопахотных торфяных почв под картофель после уборки однолетних культур сплошного сева является зяблевая вспашка на глубину 25-30 см. После многолетних трав и других стерневых предшественников вспашку проводят с предварительным дискованием в 1-2 следа на глубину 6-7 см.

На торфяниках, богатых природными запасами фосфора, под картофель вносят только калийные удобрения — по 150-180 кг действующего вещества на 1 га, а в почву, бедную фосфором, вносят и фосфорные удобрения — по 60 кг/га. Посадка рядовая (70x20x25 см), гребневая, на гектаре следует размещать до 60 тыс. растений на глубину 8-10 см. Обычно посадку производят, когда почва прогреется до 8-10°C. Уход за картофелем заключается в проведении двух-трех боронований до всходов и одного по всходам навесными

сетчатыми боронами. Междурядные обработки проводят в зависимости от степени засоренности почвы. Обычно достаточно одной культивации и двух окучиваний. Гербициды применяют не позже, чем через 8-10 дней после посадки. Для предупреждения заболевания фитофторой проводят одно-два опрыскивания по всходам картофеля 0,2%-ным раствором медного купороса из расчета 300 л/га.

Выращивание кормовых корнеплодов на торфяных почвах имеет большое значение при решении вопросов правильной организации кормовой базы животноводства. Наиболее неприхотливыми и устойчивыми к особенностям микроклимата осушенных торфяных почв из кормовых корнеплодов являются кормовая свекла, морковь, брюква, турнепс. В условиях юга Нечерноземья наибольший выход кормовых единиц и протеина дает кормовая свекла. Предшественники — картофель, вико-овсяная смесь, режа — зерновые.

Под свеклу следует отводить старопахотные хорошо осушенные низинные торфяники с уровнем грунтовых вод в среднем за вегетацию 110-125 см от поверхности. Обработка почвы такая же, как под картофель, — глубокая зябь с осенней разделкой пласта. Весной — боронование зяби (если зябь не была дискована осенью), дискование с заделкой, предпосевное прикатывание. Кислые почвы известкуют. Минеральные удобрения вносят под предпосевное дискование.

Уход за посевами заключается в уничтожении сорняков, рыхлении междурядий, прореживании всходов и борьбе с вредителями. Для этого проводятся боронование до всходов сетчатой бороной и два-четыре междурядных рыхления. Уборку свеклы следует проводить до наступления заморозков, обычно сразу после уборки картофеля.

#### **8.15.4. Пойменные земли**

В долинах больших, средних и малых рек России пойменные земли занимают 29,2 млн га, из них около 20 млн га сосредоточено в Сибири и на Дальнем Востоке (поймы рек Оби, Лены, Енисея, Амура и их притоков).

Степень освоения и использования пойменных почв и структура сельскохозяйственных угодий (лес, сенокос, пастбище, пашня) в поймах зависят от зонально-провинциальных условий, освоенности территории и плотности населения. С севера на юг сокращается площадь сенокосов и пастбищ и увеличивается площадь распаханых почв. В среднем пашня в поймах рек РФ составляет 2 млн 377 тыс. га (8,1%). В Северо-Кавказском районе площадь пашни достигает 43,8%, а в Северо-Западном она составляет всего лишь 4,4%. Из 9,2 млн га пойменных земель в Западной Сибири распаханно всего около 300 тыс. га. Больше допустимых норм распаханы почвы пойм рек в Московской, Калужской, Орловской областях, а также в южных районах России (поймы рек Дона, Кубани, Волго-Ахтубы). Волго-Ахтубинская пойма является самым большим овощным огородом России. В некоторых районах Московской области (Серпуховском, Ступинском, Каширском, Озерском, Коломенском) распаханно около 80-90% площади поймы.

Адаптивное использование пойм должно базироваться на типологии пойменных земель.

Разделение пойм, предложенное В. Р. Вильямсом, на три части (приустьевую, центральную и притеррасную) не исчерпывает всего их разнообразия, поскольку имеют место неполноразвитые, усеченные и островные поймы. Г. В. Добровольский с соавторами (1974) на примере поймы реки Оби предложил выделить пять типов поймы: островной, приустьевой, сегментно-гвивистый, равнинный и пониженно-болотный.

Эти типы имеют разную хозяйственную значимость. Территория островного и приустьевого типов поймы представляет собой залесенные водоохранные участки, где требуются сохранение и улучшение лесов. Площади сегментно-гвивистого и равнинного типов поймы — это в основном сенокосные угодья и территории, занятые под овощные сельскохозяйственные культуры. Луга полого-гвивистого подтипа могут быть использованы, главным образом, под пастбища; основную часть полого-гвивистого и полого-редкогвивистого подтипов составляют сенокосы первой и второй очереди. Большинство сенокосов второй очереди нуждается в осушительных мелиорациях. Пониженно-болотный тип притеррасной поймы выполняет важную барьерно-экологическую роль, задерживая сток элементов-загрязнителей в реки, моря, океаны.

По составу почвенного покрова предлагается подразделять пойменные массивы на три типа в зависимости от доли гидроморфных почв: слабогидроморфные — с долей аллювиальных дерновых и дерново-луговых почв свыше 50%; среднегидроморфные — с преобладанием почв лугового типа и сильногидроморфные — с преобладанием в составе почвенного покрова лугово-болотных и болотных почв.

Для адаптивного использования пойменных земель необходимо учитывать специфические условия синлитогенного почвообразования, которое характеризуется протеканием почвообразования одновременно с аккумуляцией свежего органико-минерального материала, что приводит к постоянному омолаживанию верхней части почвенного профиля. Пойменные почвы формируются в результате двух групп процессов — поемно-аллювиальных и собственно почвообразовательных. Поемность и аллювиальность часто употребляются как синонимы, поэтому почвы, расположенные в речных долинах, называются то аллювиальными, то пойменными. Под пойменными процессами (или поемностью) следует понимать продолжительность стояния полых вод на заливаемой части речной долины. При затоплении полыми водами происходят ускоренное оттаивание промерзшей почвы, насыщение ее водой (влагозарядка), обновление почвенного воздуха. Полые воды, увлажняющие и вносящие в пойменные почвы различные растворенные в воде вещества, создают особые экологические условия для развития растительного и животного мира, заселяющего пойменные пространства, что, в свою очередь, обуславливает формирование своеобразного почвенного покрова.

Бытующее в народе определение пойм: «золотое дно», «кладовая плодородия» связано с тем, что во время затопления полыми водами в пойме от-

кладываются элементы питания растений, аллохтонная органика и большое количество микроорганизмов.

Качественный и количественный состав взвешенных в полых водах веществ и растворенных в них химических элементов непостоянен и зависит от природных условий бассейна реки, состава коренных и почвообразующих пород, почвенного покрова, гранулометрического и химического состава водораздельных почв. Вследствие этого почвы речных долин несут в себе определенные зонально-провинциальные признаки.

Поемность неодинакова не только у различных пойм, но и у одной и той же поймы по ее продольному и поперечному профилю и всегда в последнем случае связана с характером рельефа. Продолжительность поемности по годам, как правило, колеблется в значительных пределах. Степень и характер поемности во времени имеют исключительно большое хозяйственное значение. Затопление участка поймы до 7 дней выдерживают все культуры, стояние весенних вод от 7 до 15 дней исключает выращивание озимых зерновых и косточковых культур. Хорошо влияет этот срок затопления на естественные и сеяные травостои. Продолжительность стояния полых вод от 16 до 30 дней исключает травосеяние, не выдерживают затопления дуб, сосна, вяз. Продолжительное стояние полых вод (более 30 дней) оказывает хорошее действие на развитие осок, а также крупностебельных корневищных злаков. Из древесных пород эту поемность выдерживают только ивы (75 дней), осокорь (50 дней), белый тополь (35 дней).

Поскольку поймы рек имеют гривистый рельеф, то продолжительность затопления грив и межгривных понижений различна. Например, в пойме Нижней Оби в долготоемные годы понижения могут быть затопленными от 60 до 90 дней (почти весь вегетационный период). В эти годы исключаются заготовка сена и пастьба скота на пойменных лугах. Страховой запас сена необходимо создавать на водораздельных территориях. В паводковых и почвенно-грунтовых водах заболоченных ландшафтов содержится много железа. Ожелезнение и оруднение пойменных почв являются широко распространенным явлением в поймах рек южнотаежной подзоны.

В бассейнах рек, где преобладают карбонатные породы, типоморфными мигрантами могут быть кальций и магний. Повышенное содержание легкорастворимых солей в почвенно-грунтовых водах пойм южных районов России вызывает засоление пойменных почв.

Воды рек смягчают континентальность климата водоразделов. В степной и полупустынной зонах, где на водоразделах, кроме изреженного травостоя, нет ни деревца, ни кустарника, в пойме большой реки – цветущий оазис с древесно-кустарниковой растительностью и разнотравно-злаковым травостоем. В лесотундре и тундре, среди бескрайних просторов тундровой кустарничково-моховой растительности поймы больших рек часто характеризуются богатым разнотравьем и хорошо развитыми деревьями – пришельцами из более южных широт.

Под *аллювиальностью* подразумевается совокупность эрозионных и аккумулятивных процессов, связанных с деятельностью речных вод, т.е. раз-

рушением ранее отложенных речных наносов, переносом, сортировкой и разгрузкой в пойме или русле реки взвешенных в воде частиц. В результате этих процессов формируются речной аллювий, топография и рельеф пойменной террасы.

Морфологически и микроморфологически аллювиальный процесс диагностируется слоистостью и микрослоистостью аллювия, чередованием наносов различного гранулометрического состава.

Интенсивность выраженности аллювиальных процессов в различных частях продольного и поперечного профиля речной долины, так же как и пойменных процессов, неодинакова. При этом пойменные и аллювиальные процессы по степени своей выраженности далеко не адекватны. Например, длительная поемность может протекать в условиях очень слабовыраженных аллювиальных процессов и, наоборот, при интенсивно протекающих аллювиальных процессах поемность может быть кратковременной.

Распределение гранулометрических фракций в аллювии имеет свои закономерности. В прирусловой области поймы полые воды имеют большие скорости течения, и здесь оседают наиболее мощные песчаные наносы с преобладанием фракции мелкого песка (60-80%). По мере удаления от русла скорость водного потока замедляется, полые воды осветляются, а в составе отлагаемого ила преобладают фракции крупной пыли (0,05-0,01 мм) и ила (< 0,001 мм). Ближе к коренному берегу, в притеррасной части поймы из осветленных паводковых вод выпадают мелкая пыль (0,005-0,001 мм) и ил (< 0,001 мм).

В поймах рек выделяются три самостоятельных типа почвообразования: дерновый, луговой и болотный (в зависимости от характера водного режима).

Дерновый процесс обычно развивается в прирусловой пойме и на участках (гривах) центральной поймы под воздействием травянистой растительности. Для него характерно только поверхностное увлажнение, роль почвенно-грунтовых вод незначительна. При дерновом процессе идет накопление перегноя и биогенно-аккумулятивных элементов.

Луговой процесс характерен для равнинных участков центральной поймы. В отличие от дернового он проявляется в условиях оптимального, иногда повышенного атмосферно-грунтового увлажнения (луговой тип водного режима) и характеризуется совершенно иным водно-воздушным режимом и наличием как биогенной, так и гидрогенной аккумуляции веществ.

Болотный процесс типичен для низкой притеррасной поймы и пониженной центральной поймы. Развивается он при устойчиво избыточном атмосферно-грунтовом увлажнении, накоплении неразложившихся растительных остатков, а также веществ, выносимых с террас и водоразделов.

По характеру почвообразовательных процессов, реакции среды, степени разложения и аккумуляции органического вещества в поймах рек выделяются девять типов почв [88]: аллювиальные дерновые кислые, аллювиальные дерновые насыщенные, аллювиальные дерновые опустынивающиеся карбонатные, аллювиальные луговые кислые, аллювиальные луговые насыщенные, аллювиальные луговые карбонатные, аллювиальные лугово-болотные,

аллювиальные болотные иловато-перегнойно-глеевые, аллювиальные болотные иловато-торфяные.

В поймах рек можно выделить пять экосистем: предпочвенных образований; лесные; луговые; болотные; агроэкосистемы.

*Экосистемы предпочвенных образований* представлены песчаными пляжами, отмелями, молодыми островами, аллювий которых едва затронут процессами почвообразования. Это зона максимального отложения руслового крупнозернистого аллювия.

*Лесные экосистемы пойм.* Леса занимают меньшую площадь, чем луга. Они расположены в прирусловой части поймы, на больших островах и высоких гривах центральной поймы. Обширные заболоченные и торфяные понижения притеррасной поймы также бывают покрыты разреженными низкобонитетными лесами.

*Луговые экосистемы.* Луга — основной тип растительности большинства пойм России. Они представлены как первичными растительными формациями, так и луговыми экосистемами, возникшими после вырубki лесов или усыхания древесных пород вследствие изменения гидрологического режима поймы. Луговая травянистая растительность обладает большой изменчивостью видового состава, связанной с различной продолжительностью затопления поймы в разные годы и рельефом пойменной террасы.

Пойменные луга подразделяются на настоящие, болотистые и торфянистые. Настоящие луга — это луга высокого и среднего уровней по рельефу, которые освобождаются из-под паводковых вод в первую очередь. Приурочены они к широким и узким высоким гривам центральной поймы. Для них характерны хорошо аэрируемые, достаточно дренированные дерново-луговые и луговые суглинистые почвы различной мощности. Поверхность лугов обычно довольно ровная, удобная для заготовки сена машинами. Эти луга представляют лучшие сенокосы поймы.

Настоящие луга обладают достаточным разнообразием и включают как мезофитные злаковые, так и разнотравные формации. Из злаковых формаций наибольшую ценность представляют пырейная, лисохвостовая и костровая, дающие наиболее ценное в кормовом отношении сено. Мелкозлаковые луга — лугомятликовые, болотномятликовые и белополевицевые характерны для более высоких узких грив. Хозяйственная урожайность пырейных формаций 27-30 ц/га сена, костровых и лисохвостовых — 30-35, лугомятликовых и белополевицевых — 20-25 ц/га сена. Большую ценность для корма скота представляют мышиногоорошковые луга с хозяйственной урожайностью 20-22 ц/га сена.

Болотистые луга располагаются на низких и средних уровнях, в межгривных понижениях, где долго застаиваются паводковые воды. Часть площади этих лугов представляют собой покосы второй очереди. Самая распространенная луговая формация — изящноосоковая, дающая около 50 ц/га сена. Почвы луговые и лугово-болотные тяжелосуглинистые. На этих же почвах, но на выровненных понижениях формируются канареечниковые луга. Это типичные долгопоемные луга, обладающие наибольшей травянистой массой —

50-60 ц/га сена. Межгрядные и приозерные понижения в центральной пойме нередко заняты лангсдорфовойниковыми лугами с участием осоки пузырчатой и осоки изящной. Присутствие осок, образующих кочки высотой 50-60 см, обуславливает сильную неровность поверхности, что является препятствием для заготовки сена на этих лугах. Урожайность лангсдорфовойниковых лугов 18-20 ц/га сена плохого качества.

*Болотные экосистемы* представлены торфянистыми лугами и распространены в притеррасье на торфяно-глеевых почвах и торфяниках. Доминант — плотнокустовой оксилomezофит — осока дернистая, субдоминантом часто служит осока изящная. Обе осоки образуют кочки высотой до 50-60 см, диаметром 30-40 см, на которых поселяются гидромезофиты и мезофиты.

*Агроэкосистемы пойм.* Большинство пойменных почв речных долин обладает высоким плодородием и благоприятным водным режимом для выращивания овощных, кормовых и технических культур.

В истории использования пойм можно выделить два этапа антропогенного воздействия. Первый этап связан со сведением лесов в поймах рек и формированием луговых формаций. Второй этап связан с мощным гидростроительством на реках и распашкой пойменных почв.

С 50-х годов XX века в России начались массовая распашка пойменных земель и замена луговых экосистем на агроэкосистемы. При высокой культуре земледелия в специализированных овощеводческих хозяйствах собирали хороший урожай: овощей — более 500 ц/га, картофеля — 200-250, корнеплодов — 400-600, зеленой массы кукурузы — 400-500 ц/га.

Интенсивность земледелия на пойменных землях усиливается с севера на юг, от северной тайги к полупустынной зоне. Распаханность пойм и доля полевых и овощных культур в структуре пашни сильно возрастает в южнотаежно-лесной зоне, хотя пониженная теплообеспеченность этих земель остается основным лимитирующим фактором интенсивного земледелия. Пойменные земли здесь пригодны для возделывания среднеспелых и позднеспелых сортов капусты, моркови, столовой свеклы, а на юге таежно-лесной зоны еще и кабачков, зеленых культур. Такие культуры, как томаты, огурцы, лук-репка, на пойменных землях даже юга Нечерноземья обычно дают неустойчивые урожаи.

Капуста, морковь, столовая свекла и другие корнеплоды относятся к холодостойким растениям. Достаточная сумма активных температур для этих культур в южнотаежной зоне обеспечивается в 95% лет. На пойменных землях они дают высокие и стабильные урожаи. Для производства ранних сортов капусты, моркови, столовой свеклы наиболее пригодны прирусловые пойменные земли, более легкие по гранулометрическому составу, раньше освобождающиеся от паводка и лучше прогреваемые.

В одном поле с белокочанной капустой возможно выращивание других представителей семейства капустных: краснокочанной капусты, репы, редьки; с культурами семейства сельдерейных — петрушки, сельдерея; со столовой свеклой — кормовой свеклы. Обязательными культурами овощных севооборотов являются однолетние и многолетние травы. В качестве однолетних

трав используются вико-овсяные и горохо-овсяные смеси. Выбор многолетних трав зависит от продолжительности затопления. Клевер красный, клевер белый, ежа сборная, овсяница красная выдерживают до 10 суток затопления; люцерна, клевер розовый — до 15 суток; тимофеевка луговая, мятлик луговой, овсяница луговая, полевица белая — до 30 суток; костер безостый, лисохвост луговой, бекмания обыкновенная — до 45 суток; двукисточник тростниковидный — до 60 суток. Условиям пойменных земель юга Нечерноземья наиболее отвечают 5-8-польные севообороты овощного и овоще-кормового типа, в зоне средней и северной тайги — только овоще-кормового.

На землях длительного затопления рекомендуется вводить севооборот: 1 — однолетние травы с подсевом многолетних; 2-4 — многолетние травы; 5 — капуста на хранение; 6 — капуста килоустойчивая; 7 — морковь; 8 — столовая свекла.

Для центральной и прирусловой поймы за основу следует взять севооборот: 1 — однолетние травы с подсевом многолетних трав; 2-3 — многолетние травы; 4 — капуста на хранение; 5 — капуста килоустойчивая; 6 — морковь; 7 — столовая свекла.

Приведенные севообороты могут изменяться введением дополнительно поля однолетних или многолетних трав, раннего картофеля, за исключением полей капусты или столовых корнеплодов.

При наличии земель с пониженным плодородием их следует выделять из севооборота в выводные поля и занимать культурами сплошного сева (многолетними и однолетними злакобобовыми смесями) и по мере их окультуривания включать в активное чередование с овощными культурами.

Оптимальная плотность минеральных почв для овощных культур составляет 1-1,2 г/см<sup>3</sup>; фактическая плотность заметно отклоняется от оптимальной. На границе пахотного и подпахотного слоев из-за многочисленных проходов машинно-тракторных агрегатов образуется плужная подошва, затруднено просачивание поверхностных вод и осадков, начинает формироваться глеевый горизонт с повышенным содержанием закисного железа. Корни растений не могут проникнуть вглубь и располагаются в пахотном слое. Чтобы избежать этого, требуется периодическое применение глубоких обработок почвы.

Интенсивные овощные севообороты без достаточного количества многолетних трав снижают плодородие, идет усиленная деградация почвы, снижение содержания гумуса, накапливаются возбудители болезней и вредители.

Для повышения плодородия почвы раз в ротацию необходимо вносить большие дозы навоза (50-80 т/га) под капусту, а также использовать сидеральные культуры. Положительное действие высоких доз органических удобрений в севообороте сохраняется 3-4 года. Биологическая активность почвы усиливается от применения органических удобрений, но особенно возрастает при заправке сидерата.

При относительно пониженной теплообеспеченности пойменных земель по сравнению с плакорными в Центральном Нечерноземье, в нижнем течении великих сибирских рек, несущих тепло с юга на север, пойменные земли



оказываются наиболее обеспеченными теплом и наиболее пригодными для земледелия.

В центральных районах страны пойменные земли конкурируют с черноземами, а в южных районах они отличаются наиболее благоприятными условиями для возделывания сельскохозяйственных культур вплоть до рисосеяния.

Вследствие чрезмерной антропогенной нагрузки и шаблонного использования большая часть пахотных почв пойм имеет все признаки деградации: переуплотнение пахотного и подпахотного горизонтов, обесструктурирование и проявление глыбистости, потеря гумуса, сокращение мощности гумусового горизонта, загрязнение тяжелыми металлами. Миллионы гектаров пойм Волги, Камы, Оби, Енисея находятся в затопленном, подтопленном, заболоченном или осуходоленном состоянии.

Учитывая большое народнохозяйственное значение и экологическую роль пойменных почв, а также их легкую ранимость, дальнейшее их использование должно базироваться на адаптивных методах, суть которых заключается в максимальном приближении способов мелиорации, систем удобрений, машин, возделываемых культур к почвенно-экологическим условиям поймы.

#### **8.15.5. Засоленные земли**

Засоленные почвы представлены двумя типами солончаков (автоморфными и гидроморфными), а также солончаковыми и солончаковатыми родами черноземных, каштановых, бурых полупустынных почв, сероземов, а также полугидроморфных и гидроморфных почв. Особая категория засоленных почв представлена солонцами и солонцеватыми почвами, в которых солончаковый процесс сопряжен с солонцовым. Они рассматриваются отдельно в качестве специальных агроэкологических групп. Площадь засоленных почв (помимо солонцовых комплексов) в составе сельскохозяйственных угодий составляет 16,3 млн га, в том числе в пашне 4,5 млн га.

Характер и интенсивность использования засоленных почв зависят от климатических и почвенно-мелиоративных условий. В степной зоне глубокосолончаковатые почвы по характеру использования в неорошаемых условиях не отличаются от их типовых аналогов с более глубоким засолением или незасоленных.

На солончаковатых почвах этой зоны и тем более солончаковых требуются дифференцированное размещение культур и агротехника в соответствии с условиями засоления. При подборе культур используют региональные группировки и шкалы солеустойчивости растений.

Большая часть засоленных почв степной зоны, вовлеченных в активный сельскохозяйственный оборот, используется в неорошаемых условиях. Орошение практикуется на более благополучных почвах.

В пустынной и полупустынной зонах и в значительной мере в южной части сухой степи интенсивное земледелие связано в основном с орошением и соответственно с преодолением засоления, поскольку все почвы здесь в той или иной мере засолены или существует опасность засоления в процессе орошения. Освоение солончаковых почв возможно лишь при удалении солей

в основном путем промывки. В мелиоративной практике применяются различные ее виды: поверхностная промывка, вымывание солей, сквозная промывка.

При орошении засоленных почв важное значение имеет выбор способов орошения и их комбинаций. Известные способы орошения (поверхностное, дождевание, аэрозольное или мелкодисперсное, внутрипочвенное, субиригация, капельное) имеют определенные преимущества и недостатки, которые следует учитывать сообразно мелиоративным и климатическим условиям.

При всех видах поверхностного орошения — напуском по полосам, бороздам или затоплением вода движется по поверхности почвы.

Преимущество полива по полосам, применяемого на культурах узкорядного, сплошного сева и при влагозарядковых поливах, заключается в том, что равномерный слой воды, покрывающий поверхность почвы, не вызывает перераспределения солей, их миграции к неполитым участкам поверхности. Недостатки этого способа — коркообразование, разрушение структуры, ирригационная эрозия.

Полив по бороздам, применяемый для орошения пропашных культур, плодовых насаждений и виноградников, наиболее экономичен по сравнению с другими видами поверхностного орошения, поскольку позволяет применять значительно меньшие поливные нормы и не требует больших объемов планировочных работ. Он не вызывает столь интенсивного разрушения структуры почвы, как полив по полосам. Недостаток его — выпотевание солей на гребнях поливной борозды, что приводит к страданию растений, особенно проростков.

Наиболее древний способ орошения (полив затоплением) применяют для возделывания культур, устойчивых к затоплению, а также для влагозарядки, промывки почв от солей. Этот способ прост, высокопроизводителен, обеспечивает равномерное покрытие поверхности почвы водой, благодаря чему происходит равномерное оттеснение солей в глубокие слои почвы. Серьезные недостатки: высокие поливные нормы, опасность быстрого подъема уровня грунтовых вод, развитие анаэробных процессов, ухудшение физических свойств почв.

Данный способ является основным при возделывании риса. При этом на сильнозасоленных почвах с коэффициентом фильтрации менее 0,5 см в сутки применяется режим укороченного затопления, при котором всходы не затапливают. На почвах с коэффициентом фильтрации более 2 см в сутки практикуют прерывистое затопление с интервалом в пять-шесть суток.

Наиболее положительно характеризуется способ полива растений с применением механизированных дождевальных агрегатов: подача воды, строго нормированная, не требуется слишком тщательная планировка поверхности почвы, отпадает необходимость устройства выводных и распределительных борозд, повышается коэффициент земельного использования. Недостатки дождевания: неравномерность полива в ветреную погоду и при повышенных поливных нормах; возникновение стока, эрозии; его нельзя использовать для влагозарядки и промывки засоленных почв; в сухостепных и аридных рай-

онах не обеспечивается глубокое промачивание почвы, возникает необходимость увеличения числа поливов, затрат энергии.

Орошение дождеванием даже при небольшой минерализации воды при частых поливах может вызывать засоление почв. Поэтому в сухостепной и полупустынной зонах дождевание сочетают с поверхностным орошением.

Первое используется для проведения вегетационных и освежительных поливов, второе — для влагозарядковых поливов и промывки почв от водорастворимых солей.

Довольно распространенным видом орошения является так называемая субиригация — регулирование уровня грунтовых вод на мелиоративных системах с помощью шлюзов. Все большее развитие получают аэрозольное, капельное, внутрипочвенное орошение. Последнее, однако, неприменимо на засоленных почвах с близким залеганием минерализованных грунтовых вод.

При капельном орошении также возможно вторичное засоление почвы. Накопление солей происходит по периферии контура увлажнения в результате капиллярного влагопереноса.

Вовлечение засоленных почв в активный сельскохозяйственный оборот путем орошения приводит к их сложным изменениям, которые носят как положительный, так и негативный характер. Общим для всех орошаемых массивов является подъем уровня грунтовых вод. Интенсивность этого процесса зависит от мелиоративных условий, конструкции оросительных систем и характера их эксплуатации. В условиях технически несовершенной водопроводной и распределительной сети при неупорядоченном водопользовании и несоблюдении поливных норм и режимов орошения скорость подъема уровня грунтовых вод может достигать 1-2 м в год, в то время как при дождевании в условиях закрытой оросительной сети скорость их подъема не превышает 0,2-0,6 м в год.

Вторичное засоление — главная причина неудач при орошении земель в полуаридных и аридных районах земного шара. Оно возникает в результате перемещения к поверхности водорастворимых солей из глубоких слоев почвообразующих и подстилающих пород и грунтовых вод или в результате орошения минерализованными водами. Оно может быть связано и с притоком минерализованных грунтовых вод с вышерасположенных орошаемых массивов.

Угроза вторичного засоления возрастает по мере повышения уровня грунтовых вод и степени их минерализации.

Уровень грунтовых вод, при котором происходит накопление солей в верхних горизонтах почв, приводящее к угнетению и гибели сельскохозяйственных растений, называется критическим. Он зависит, прежде всего, от водоподъемной способности грунтов и изменяется (в зависимости от гранулометрического состава) преимущественно в пределах 1,5-3,5 м. Наиболее высокой способностью к капиллярному подъему воды обладают средние суглинки, особенно лессы (до 3,5-4 м); в тяжелосуглинистых породах она снижается до 2 м, в тяжелоглинистых — до 1,5, в песчаных и супесчаных — до 0,5-1,5 м.

Критический уровень грунтовых вод зависит также от их минерализации. Чем она выше, тем с большей глубины грунтовые воды могут вызывать засоление почв.

Опасность вторичного засоления возрастает по мере усиления засушливости климата. По данным Б. А. Зимовца, при глубине грунтовых вод 1-1,5 м и минерализации 3-5 г/л ежегодная прибавка солей в верхнем метровом слое южных черноземов и темно-каштановых почв не превышает 0,03-0,05%, с увеличением минерализации до 7-10 г/л прибавка солей возрастает до 0,07-0,09%.

Для подзоны каштановых и светло-каштановых почв темпы сезонно-годового соленакопления более высокие: при том же уровне и минерализации грунтовых вод они достигают 0,07%. В то же время в гидроморфных каштановых почвах многолетняя и сезонно-годовая активность соленакопления остается в 2-3 раза ниже активности соленакопления в гидроморфных почвах сероземной зоны, особенно при глубине грунтовых вод 2-3 м.

Если для регулирования солевого режима орошаемых черноземных и каштановых почв в полугидроморфных условиях можно использовать дождевание, то в пустынных условиях оно не обеспечивает оптимизации водно-солевого режима орошаемых почв ни в автоморфных, ни в гидроморфных условиях, особенно при минерализованных грунтовых водах (5-10%). При их близком залегании к поверхности (2-3 м) за вегетационный период в корнеобитаемом слое накапливается свыше 0,3% солей. Для удаления избытка солей требуется дополнительный влагозарядковый полив поверхностным способом.

Относительно слабая активность сезонно-годового соленакопления в корнеобитаемом слое орошаемых почв сухостепной зоны позволяет использовать субиригацию при пресных и слабоминерализованных грунтовых водах и удовлетворительном их оттоке.

При необеспеченном естественном оттоке грунтовых вод оптимизировать водно-солевой режим глубокозасоленных черноземных и каштановых почв в гидроморфных условиях возможно только на основе инженерного дренажа.

В целом критические параметры солевого режима, зависящие от перечисленных факторов, должны устанавливаться для конкретных условий на основе практического опыта.

Реальная опасность вторичного засоления пахотного слоя черноземных, каштановых почв и солонцов существует при очень слабом естественном оттоке минерализованных грунтовых вод (более 5-7 г/л), залегающих на глубине 1-1,5 м и выше. Вторичные солончаковые почвы и солончаки формируются, прежде всего, в богарных вторично-гидроморфных условиях, которые наблюдаются на периферии орошаемых массивов, вблизи открытых оросительных каналов, не имеющих защитных средств от инфильтрации.

Солевой режим орошаемых почв в большей мере определяется способами и режимами орошения, глубиной промачивания при орошении. Различают мелкое промачивание — до 0,5 м, среднее — до 1 м и глубокое — более 1-1,5 м. При этом глубина промачивания влияет не только на оценку водно-солевого

режима корнеобитаемого слоя, но и на гидрогеологическое и геохимическое состояние ландшафта.

При поверхностных способах полива, обеспечивающих, как правило, глубокое промачивание почв, создается промывной режим орошения. В условиях открытой оросительной сети происходят большие потери на инфильтрацию, а при отсутствии дренажа наблюдается подъем уровня грунтовых вод и увеличение их минерализации.

На фоне дренажа интенсивный промывной режим орошения приводит к другим неблагоприятным последствиям. Они связаны с большим расходом пресных поливных вод, активизацией процессов миграции солей из древних аккумуляций, законсервированных в глубоких слоях зоны аэрации, поступлением этих солей в общий гидрогеохимический сток, ухудшением качества речной воды в нижних частях бассейнов рек. Промывной режим орошения на фоне интенсивного дренажа нередко приводит к ощелачиванию почв и грунтовых вод за счет десорбции обменных натрия и магния. При промывном водном режиме почвы повсеместно наблюдается ухудшение свойств почв, связанных с разрушением и потерей органического вещества, гипса, карбоната кальция, дезагрегацией структуры почв, уплотнением пахотного и подпахотного горизонтов, выносом питательных элементов.

Иначе складывается водно-солевой режим при дождевании из закрытой оросительной сети, при котором почвы промачиваются на глубину не более 0,5-1 м. В результате орошения широкозахватной техникой с поливной нормой не более 350-450 м<sup>3</sup>/га в глубокозасоленных черноземных и темно-каштановых почвах формируется непромывной водный режим, обеспечивающий сохранение природных запасов солей на глубине 2 м и более. Периодически промывной водный режим формируется лишь в лугово-черноземных и лугово-каштановых почвах, расположенных в микропонижениях, через которые осуществляется потускулярное (очаговое) пополнение грунтовых вод.

В совокупности задач, которые приходится решать при эксплуатации ирригационных систем в районах массового орошения, все более обостряется проблема утилизации дренажного стока, которая ранее не возникала при локальном орошении. Пока что она остается нерешенной ни в технико-экономическом, ни в экологическом аспектах, хотя разрабатываются различные варианты решений, в том числе: сброс минерализованных вод в местные понижения; отвод их в море; закачка в глубоко залегающие водоносные слои; использование на промывку и освоение солончаковых почв; очистка и опреснение, в том числе на атомных станциях.

Важнейшим условием орошения является оптимальное качество оросительной воды. При оценке пригодности воды для полива учитывается опасность засоления, осолонцевания почв, подщелачивания, загрязнения токсичными веществами.

Успех мелиорации засоленных почв зависит от характера их использования в мелиоративный и последующий периоды. Определяющую роль в данном отношении играет выбор культур и технологий их возделывания. Расте-

ния облегчают проведение мелиорации уже на начальном этапе. Реставрация засоления на промытых почвах чаще наблюдается в тех случаях, когда после промывки они остаются неосвоенными. При отсутствии значительного растительного покрова усиливается перенос солей к поверхности промытой почвы. Угроза этих вторичных процессов особенно велика, если в почве сохраняется значительное остаточное засоление. В тех случаях, когда необходимо промыть сильнозасоленную почву, опреснение которой не может быть достигнуто в течение одного промывного сезона, применение специальных культур-освоителей особенно важно. При этом, помимо затенения поверхности почвы, существенную роль играют разрыхляющее действие корневой системы, улучшение структуры почвы, фильтрационной способности.

Сильное воздействие на водно-солевой режим и физические свойства почв оказывает культура многолетних трав, особенно люцерны. Она благоприятствует значительному ускорению мелиоративного процесса. Благодаря высокой транспирации ( $10000-18000 \text{ м}^3/\text{га}$ ) на полях с хорошо развитой люцерной в течение вегетационного периода уровень грунтовых вод часто на  $70-100 \text{ см}$  ниже, чем на соседних полях с пропашными культурами.

В качестве культуры-освоителя на недопромытых почвах нередко используется подсолнечник, обладающий высокой солеустойчивостью. Он развивает большую массу, хорошо затеняет поверхность почвы и улучшает ее свойства. При использовании орошаемых засоленных почв следует стремиться к максимальному сокращению периода, в течение которого почва остается без растительного покрова, поэтому там, где невозможно получить два урожая, следует практиковать пожнивные культуры.

Учитывая повышенную уплотняемость почв при орошении, необходимо предусматривать в системе обработки почвы глубокие вспашки и рыхления.

В качестве важного мелиоративного мероприятия, своего рода «биологического дренажа», следует рассматривать посадку двух-трехрядных лесополос вдоль всех постоянных элементов оросительной сети. Лесные насаждения расходуют большое количество грунтовых вод на транспирацию. Один гектар насаждения древесных пород может транспирировать  $10000-20000 \text{ м}^3/\text{га}$  грунтовых вод. Лесополосы вдоль оросительных каналов снижают уровень грунтовых вод на  $1 \text{ м}$  и более, создавая уклон их к каналу. Кроме того, полосные лесонасаждения уменьшают скорость ветра, ослабляют физическое испарение влаги с поверхности почвы, уменьшают сухость воздуха.

Выбор древесных пород производится с учетом степени засоленности почв.

Длительное использование почв в условиях орошения оказывает существенное влияние на их эволюцию и агрономические свойства. В зависимости от исходного состояния почв, режимов орошения и технологий возделывания сельскохозяйственных культур изменяется их мелиоративное состояние.

При орошении черноземных, каштановых и других почв с глубоким засолением в ирригационно-автоморфных условиях с использованием кондиционных оросительных вод в условиях высокой культуры земледелия, применении органических и минеральных удобрений, травосеяния и сидерации

существенных изменений в генетических признаках этих почв не происходит. Компенсация недостатка воды и питательных веществ орошением и удобрениями определяет значительное повышение их производительности. Примеры высокоэффективного использования орошаемых почв достаточно многочисленны, особенно в районах с высокой ирригационной культурой населения.

При различных нарушениях ирригационно-агротехнического комплекса в автоморфных почвах происходят снижение содержания гумуса, питательных элементов (в связи с высоким урожаем и потерями в результате нисходящей миграции), уплотнение почвы, но эти изменения находятся в пределах их генетических характеристик.

Иначе складывается эволюция почв при близких и минерализованных грунтовых водах, а также использовании поливных вод повышенной минерализации. В ирригационно-гидроморфных условиях, не обеспеченных дренажем, в черноземных, каштановых и других почвах формируется новый солевой состав, который отражается не только на родовых, но и типовых признаках. Эти почвы переходят в категорию солонцово-солончаковых. В зависимости от состава и концентрации грунтовых и поливных вод и климатических условий длительность этих преобразований составляет от 2-3 до 8-10 лет.

Сильно снижается производительность почв в результате ощелачивания. В качестве критического уровня, начиная с которого существенно снижается урожайность культур и требуются мелиоративные мероприятия, считается величина общей щелочности 1,4 мг-экв/100 г почвы, в том числе токсичной 1,0 мг-экв/100 г.

В условиях щелочной реакции в орошаемых почвах усиливаются потери органического вещества.

При поверхностных способах полива наблюдается заметное повышение плотности почвы. По данным А. Г. Бондарева, на почвах каштаново-солонцового комплекса оно прослеживается до глубины 1-1,5 м при наибольших изменениях (на 0,2-0,4 г/см<sup>3</sup>) на глубине 0,3-0,9 м. При орошении дождеванием увеличение плотности почвы отмечено на глубине до 40-60 см. На уплотнение орошаемых почв наряду с физико-химическими процессами сильное влияние оказывает давление ходовых систем сельскохозяйственной техники.

Специфический характер ухудшения почв связан с периодическими переполнениями, когда формируется застойно-промывной водный режим с частой сменой аэробных и анаэробных условий. В результате развивающихся эллювиально-глеевых процессов происходят вынос оснований, подкисление среды, повышение дисперсности органического вещества, т.е. деградация черноземных и каштановых почв.

Особый путь эволюции претерпевают почвы с высоким исходным засолением, особенно солончаки. Под влиянием комплекса ирригационно-агротехнических мероприятий в них формируются новые режимы свойства, постепенно приближающие их к зональным орошаемым почвам. Однако при нару-

шении мелиоративных режимов происходит довольно быстрая реставрация процессов засоления, особенно в ирригационно-гидроморфных условиях.

Создание оросительных систем на засоленных почвах имеет неблагоприятные экологические последствия, связанные с тем, что дренажный сток транспортирует в водоприемник соли, различные токсичные соединения (остатки пестицидов и их дериватов, тяжелые металлы). Происходит повышение концентрации солей в водах водоисточников, их эвтрофикация.

В связи с этим весьма актуальна проблема сокращения дренажного минерализованного стока с оросительных систем. Она может быть решена, прежде всего, путем пересмотра поливных норм, опреснения поверхностных горизонтов способом вымывания, усиления роли биологического дренажа и другими средствами.

#### *8.15.6. Солонцовые земли*

В составе сельскохозяйственных угодий России 22,5 млн га почв солонцовых комплексов. Большая их часть вовлечена в активный сельскохозяйственный оборот, в том числе 13 млн га – в пашню. В основном они используются с низкой эффективностью, за исключением небольшой части, подвергнутой мелиоративному улучшению.

Солонцовые земли требуют специфического подхода к их использованию, и поэтому еще в период освоения зональных систем земледелия в начале 80-х годов для них разрабатывались специальные системы [74, 42]. Теперь в зависимости от провинциальных условий лесостепной, степной и полупустынной зон, где располагаются солонцовые комплексы, напрашивается выделение целого ряда экологических групп этих земель, для которых должны быть разработаны адаптивно-ландшафтные системы земледелия. Для этого, как правило, имеются необходимые научные предпосылки, поскольку в России со времени К. К. Гедройца – основоположника теории происхождения и мелиорации солонцов этой проблеме уделялось большое внимание.

Солонцовые ландшафты характеризуются необычайным многообразием, которое определяется различной структурой почвенного покрова (разным участием солонцов в комплексе), гидрогеологическим режимом, характером и интенсивностью проявления солонцеватости почв, условиями засоления (типом засоления и глубиной залегания солевых горизонтов), строением почвенного профиля (особенно мощностью надсолонцового горизонта), наличием гипса или карбоната кальция в подсолонцовом горизонте и др.

Для различных категорий солонцов разработаны приемы их улучшения, которые представлены тремя направлениями: химическая мелиорация; самомелиорация за счет внутрипочвенных запасов кальциевых солей; приспособительные приемы улучшения с помощью глубоких безотвальных обработок.

Помимо разных подходов к мелиорации, солонцы различаются по характеру их использования: подбору культур, севооборотам, созданию пастбищно-сенокосных угодий, системе обработки почвы, уходу за посевами.



Для подбора культур разработаны соответствующие региональные рекомендации, предложены группировки сельскохозяйственных культур по соли- и солонцеустойчивости [74].

В зависимости от разнообразия солонцовых земель и уровня интенсификации производства в пределах тех или иных природно-сельскохозяйственных провинций может разрабатываться от одной до нескольких адаптивно-ландшафтных солонцовых систем земледелия. Опыт показывает необходимость выделения в первую очередь агроэкологической группы так называемых малосолонцовых земель с участием солонцов (10-25 (30)%), которые имеются в большинстве провинций названных зон. Затем выделяются группы среднесолонцовых земель (комплексы с участием солонцов — (25(30)-50%) и многосолонцовых земель (комплексы с преобладанием солонцов). Если в составе угодий велики площади солонцов и они разнообразны, особо выделяются группы степных, луговых и солонцово-солончаковых комплексов. В большинстве случаев, однако, детализация различных категорий солонцов целесообразна на уровне агроэкологических типов земель в пределах агроэкологических групп.

Рассмотрим особенности формирования адаптивно-ландшафтных систем земледелия двух наиболее распространенных групп солонцовых земель — малосолонцовых и среднесолонцовых на примере Заволжской и Казахстанской провинций степной зоны.

*Группа малосолонцовых земель* представлена комплексами черноземов обыкновенных, черноземов южных и лугово-черноземных почв с солонцами степными и лугово-степными — 10-25%. Доля этих земель в пашне довольно велика. Они характеризуются пониженной продуктивностью и снижают эффективность использования черноземов вследствие неоднородности почвенного покрова, различных сроков готовности почвы к обработке и посеву, неравномерности созревания посевов, усиления их засоренности из-за нарушения сроков проведения агротехнических мероприятий.

Группа включает следующие агроэкологические типы земель.

1. Черноземы и лугово-черноземные почвы несолонцеватые и слабосолонцеватые в комплексах с солонцами степными и лугово-степными с содержанием обменного натрия в горизонтах  $B_1$  и  $B_2$  менее 10% от емкости обмена.

Эти черноземно-солонцовые комплексы характеризуются наименьшей контрастностью почвенного покрова, а солонцы, преимущественно остаточные, не требуют специальных мелиораций, хотя хорошо отзываются на мелиоративные обработки. Они могут быть использованы в таких же полевых севооборотах, как и на зональных почвах. Однако вместо пшеницы и кукурузы здесь целесообразно повышать долю зернофуражных культур, суданской травы. Целесообразно внесение повышенных доз навоза на пятна солонцов. В системе основной обработки при пересыхании почв более эффективно использование стоек СиБИМЭ вместо плоскорезов-глубококорыхлителей.

2. Черноземы и лугово-черноземные почвы несолонцеватые, слабо- и среднесолонцеватые в комплексах с солонцами степными и лугово-степными

с содержанием обменного натрия в горизонтах  $V_1$  и  $V_2$  10-20% от емкости обмена.

Малонатриевые солонцы, так же как среднесолонцеватые черноземы и лугово-черноземные почвы, характеризуются отчетливо выраженной физической и физико-химической солонцеватостью. Устойчивое эффективное использование этих почв возможно лишь после их мелиорации.

Если пятна солонцов располагаются среди несолонцеватых почв, то наиболее рациональный прием мелиорации – выборочное гипсование, особенно при глубоком залегании карбоната кальция и гипса.

На солонцовых комплексах, где фоновая почва характеризуется средней солонцеватостью при близком залегании кальциевых солей, наиболее эффективно применение мелиоративной обработки – трехъярусной или плантажной на глубину до 40 см.

В мелиоративный период в этом случае целесообразно возделывание культур, способствующих рассолонцеванию почв, из которых особое положение занимает донник. Через три-четыре года использование таких почв возможно в той же системе, что и плакорных, хотя предпочтение должно отдаваться более неприхотливым культурам.

Если мелиорация не проводится, то данные земли могут использоваться в пашне с возделыванием солонцеустойчивых культур.

3. Черноземы и лугово-черноземные почвы несолонцовые и солонцеватые в комплексе с солонцами степными и лугово-степными с содержанием обменного натрия в горизонтах  $V_1$  и  $V_2$  более 20% от емкости обмена.

Средненатриевые солонцы характеризуются высокой пептизируемостью, крайне неблагоприятными водно-физическими свойствами и образуют мощную корку. Поэтому они отличаются очень угнетенным состоянием растений, а чаще всего выделяются в виде голых пятен. На таких пятнах пробуксовывают движители машин, образуя колеи, залипают рабочие органы почвообрабатывающих орудий.

Мелиоративные приемы здесь те же, что и на солонцах малонатриевых. Отличие заключается в более высоких дозах мелиорантов для выборочной химической мелиорации пятен солонцов. Самомелиорация, т.е. применение трехъярусной или плантажной вспашки на этих солонцах, дает высокий и ускоренный эффект при близком залегании гипса. На безгипсовых высококарбонатных солонцах мелиоративный процесс за счет карбоната кальция проявляется значительно медленнее в связи с повышенной щелочностью и соответственно низкой растворимостью  $\text{CaCO}_3$ .

Плантажная и трехъярусная вспашки оказывают эффективное мелиоративное воздействие на солонцеватые черноземы, а также способствуют повышению продуктивности несолоцеватых почв благодаря улучшению их водно-физических свойств и режима влаги.

После мелиорации данные почвы можно использовать в пашне в той же системе, что и плакорные, при соответствующем подборе культур.

При использовании этих земель в пашне без мелиорации следует ориентироваться не применение солонцеустойчивых культур.

*Группа среднесолонцовых земель* представлена комплексами черноземов обыкновенных, черноземов южных, лугово-черноземных почв различной степени солонцеватости и солонцов степных и лугово-степных с участием их 25-50%.

Основное направление использования земель данной группы — производство кормов в сенокосо-пастбищеоборотах и в меньшей степени в полевых севооборотах при возделывании наиболее солонцеустойчивых и солеустойчивых культур.

Значительная часть этих земель может быть улучшена путем мелиорации, часть — за счет приспособительных мероприятий.

Группа объединяет следующие агроэкологические типы земель.

1. Черноземы и лугово-черноземные почвы несолонцеватые и слабосолонцеватые в комплексах с солонцами степными и лугово-степными, содержащими менее 10% обменного натрия.

Этот тип земель относится к наиболее благополучным в данной группе. Они могут использоваться в пашне в той же системе, что и плакорные земли, но из однолетних культур предпочтительны ячмень, просо, могар, суданская трава, овес. Последний лучше удается на лугово-степных солонцовых комплексах.

Значительное повышение плодородия этих почв при близком залегании кальциевых солей достигается с помощью плантажной и трехъярусной вспашек, после которых практикуется систематическая мелкая плоскорезная обработка.

Существенный мелиоративный эффект дает глубокая вспашка на глубину 30-33 см при вовлечении в пахотный слой близко расположенного карбоната кальция. После этой «полумелиоративной» обработки следует практиковать разноглубинную плоскорезную обработку почвы.

Возможные севообороты на мелиорируемых солонцах: пар — пшеница — ячмень — просо кормовое — ячмень (овес) — многолетние травы; пар — ячмень — суданская трава — ячмень — многолетние травы.

2. Черноземы и лугово-черноземные почвы несолонцеватые, слабо- и среднесолонцеватые в комплексах с солонцами степными и лугово-степными глубокими, средними и мелкими, содержащими 10-20% обменного натрия в горизонтах  $B_1$  и  $B_2$ , с засолением в слое 0-40 см не более среднего.

Продуктивность этих земель ниже по сравнению с предыдущими. Для эффективного использования их в пашне нужна мелиорация, которая достигается плантажной или трехъярусной вспашкой при наличии гипса или карбонатов кальция в слое выше 40 см или внесением гипса на глубококарбонатных солонцах. При этом на комплексах с участием солонцов 25-50% возможна выборочная мелиорация пятен при умеренной пестроте почвенного покрова.

На солончаковых солонцах в мелиоративный период целесообразно высевать горчицу, донник, при повышенном увлажнении — пырей бескорневищный; на солончаковатых солонцах, помимо этих культур, — ячмень, овес, кормовое просо, суданскую траву, могар, смеси донника с просом или мога-

ром, житняк; при слабом засолении и повышенном увлажнении — костер, люцерну.

Оптимальные севообороты на степных солонцовых комплексах подзоны обыкновенных черноземов: пар — ячмень (овес) — просо с донником — донник — ячмень; на степных солонцах подзоны южных черноземов: пар — ячмень — суданская трава с донником — донник — ячмень.

На лугово-степных солонцах, особенно солончаковых с повышенным засолением, следует увеличивать долю многолетних трав. Возможные севообороты: пар — ячмень (овес) — многолетние травы (три-четыре года); пар — просо кормовое с донником — донник — многолетние травы (четыре-пять лет).

Система обработки почвы в севооборотах плоскорезная с чередованием глубокой обработки (25-27 см) плоскорезом-глубокорыхлителем с мелкой обработкой культиватором-плоскорезом КПП-2,2 (12-14 см). Частота применения глубокой обработки зависит от степени уплотнения почвы.

Использование малонатриевых солонцов без применения мелиорации в полевых севооборотах ограничено. При этом вводятся наиболее солонцустойчивые культуры, особенно донник, суданская трава, горчица, просо кормовое. В системе обработки почвы преобладает глубокое рыхление предпочтительно стойками СибИМЭ.

Наиболее рациональное использование данных солонцов — создание сенокосо-, пастбищеоборотов. Весьма эффективно создание пастбищ с использованием волоснеца ситникового.

Часть солонцов этой категории может быть улучшена «полумелиоративным путем» с помощью вспашки обычными плугами на глубину 30-33 см при вовлечении в пахотный слой карбоната кальция, если он располагается близко к поверхности.

3. Черноземы и лугово-черноземные почвы различной степени солонцеватости в комплексах с солонцами степными и лугово-степными средними и мелкими с содержанием обменного натрия в горизонтах В1 и В2 более 20% от емкости обмена и с засолением в слое 0-40 см не более среднего.

Солонцы, входящие в состав данного типа земель, по своим физическим свойствам значительно хуже малонатриевых из-за высокой степени пептизированнойности под влиянием повышенных количеств обменного натрия. При извлечении на поверхность солонцовых горизонтов образуется мощная, плотная корка, под которой погибает большая часть проростков. После обычной распашки комплексов такие солонцы выделяются в виде голых пятен.

Использование данных земель в пашне без мелиорации нецелесообразно.

Имеется положительный опыт освоения среднатриевых лугово-степных солонцов под сенокосно-пастбищные угодья с помощью безотвальной обработки стойками СибИМЭ в тех случаях, когда на поверхность не извлечен солонцовый горизонт.

Эффективное использование данных земель достигается на фоне мелиорации, которая осуществляется трехъярусной или плантажной вспашкой при

близком расположении гипса (выше 40 см) или гипсованием при глубоком его залегании.

Трехъярусная вспашка предпочтительнее на почвах с пониженным содержанием гумуса (менее 1,5-2% в слое 0-40 см) или резким снижением его содержания с глубиной.

Система мероприятий по использованию земель данного экологического типа после мелиоративных обработок и гипсования такая же, как и земель предыдущего типа.

4. Комплексы лугово-черноземных и луговых солонцеватых почв с солонцами лугово-степными и луговыми средними и мелкими среднезасоленными.

Главным лимитирующим фактором продуктивности солонцов, входящих в этот тип земель, является активная физико-химическая солонцеватость, которая поддерживается близким залеганием солей и минерализованных грунтовых вод. Возможности химической мелиорации и самомелиорации таких солонцов ограничены в связи с наличием условий для восстановления и поддержания солонцеватости почв.

Тем не менее улучшение кормовых угодий на таких землях с помощью приспособительных мероприятий дает существенный эффект благодаря значительной их обводненности вследствие дополнительного поверхностного и грунтового увлажнения. При этом важно не допускать извлечения на поверхность солонцового горизонта.

Главным приемом освоения и использования данных земель является безотвальная обработка рыхлителем РС-1,5 или РСН-2,9 на глубину 30-35 см с предварительной разделкой дернины дисковыми орудиями, фрезами или плугами. На следующий год после подъема целины высеваются многолетние травы, преимущественно пырей, волоснец ситниковый, при слабом засолении — костер, люцерна.

В особую агроэкологическую группу земель выделяются:

луговые солонцово-солончаковые комплексы, включающие солонцы луговые сильнозасоленные, солонцы-солончаки и луговые солонцеватые солончаковатые почвы;

корковые солонцы и их комплексы;

солонцы в комплексе с малонатриевыми щебнистыми почвами.

Эти земли в ближайшей перспективе нецелесообразно использовать в сельскохозяйственных целях. В крайнем случае возможно весьма умеренное пастбищное использование.

Из всего сказанного со всей очевидностью вытекает необходимость комплексного решения задач по мелиорации и использованию солонцов в рамках определенной адаптивно-ландшафтной системы земледелия. Мелиоративный эффект гипсования, трехъярусной или плантажной вспашки зависит от характера использования солонцов в мелиоративный период. Например, многолетние травы, посеянные после мелиоративной обработки степных и лугово-степных солонцов, пересушивая почву, сдерживают мелиоративный процесс в неорошаемых условиях, поскольку замедляются обменные реакции натрия ППК и кальция мелиорантов и удаление продуктов реакции за

пределы пахотного слоя. В паровых полях под однолетними культурами, наоборот, мелиоративный процесс ускоряется. В то же время чистый пар должен быть совершенно исключен на солонцах с близким залеганием минерализованных грунтовых вод, здесь предпочтительны многолетние травы.

#### *8.15.7. Мерзлотные земли*

Задача конструирования агроландшафтов и адаптивно-функционального встраивания их в природные ландшафты приобретает особое значение в районах Севера, отличающихся необычайной пестротой природных условий. Структура почвенного покрова при всей неоднородности ее в таежно-лесной зоне еще более усложняется к северу северотаежной зоны.

Главными факторами продвижения земледелия на север являются низкая теплообеспеченность, позднее и неглубокое прогревание почв в период вегетации, высокая их заболоченность и кислотность. В северной тайге уже все почвы переувлажнены, в том числе зональные – глееподзолистые.

Значительная часть северной территории лежит в области мерзлотных и длительно-сезонномерзлотных почв, водный режим которых в период вегетации зависит от предыдущих зим.

При всей суровости природы Севера есть в ней и благоприятные для земледелия уникальные особенности. Прозрачность атмосферы вследствие низкого содержания водяных паров и пыли и продолжительность светового дня, переходящего в полярный день, способствуют повышению продуктивности фитоценозов, проявлению гигантизма трав. Благодаря такой освещенности и смягчению суточных колебаний температур на Севере удавалось получать хорошие урожаи сельскохозяйственных растений. Опираясь на исторический опыт, Н. И. Вавилов, Д. Н. Прянишников и другие ученые обосновали целесообразность «осеверения» отечественного земледелия. К сожалению, возобладала экспансия земледелия в засушливые районы, в том числе полупустынные. Если бы инвестиции направлялись на интенсификацию оазисного земледелия в аридных и полуаридных районах и локального земледелия в наиболее благоприятных местах таежной зоны, то удалось бы избежать известных экологических эксцессов и добиться лучших экономических результатов в той и другой зонах.

В последние годы взят курс на свертывание сельскохозяйственного производства на Севере. Заброшены значительные площади освоенных земель, которые зарастают лесом и превращаются в исходное состояние. Все это в ближайшей перспективе предстоит восстанавливать.

По мере продвижения земледелия к его северным границам усиливается значение адаптационного подхода как в отношении подбора приспособленных к местным условиям культур и сортов, так и дифференциации их размещения в соответствии с разнообразными геоморфологическими, почвенными, микроклиматическими и другими условиями. Известно, что культурные растения становятся особенно чувствительными к локальным условиям среды у биологических границ своего ареала. Поэтому степень защищенности участка от ветра, экспозиция склона, свойства почвы оказываются важ-

ными факторами, усиливающими или ослабляющими действие температурного стресса. Особое значение имеет выявление местоположений с относительно благоприятными микроклиматическими условиями в районах Крайнего Севера. К таковым относятся защищенные от холодных северных ветров береговые склоны южной экспозиции с повышенной инсоляцией, закрытые от холодных ветров, хорошо инсолируемые долины. Исторический опыт такого рода ландшафтной адаптации земледелия богат, особенно в европейской части страны.

Чем ближе к северной границе земледелия, тем в большей мере оно приобретает «островной» характер. Это связано не только с трудностью выбора наиболее благополучных земель, но и необходимостью тепловой защиты. Дело в том, что леса, реки, болота, водоемы играют важную теплоохранную роль по отношению к почвенному покрову. В условиях севера мерзлота сохраняется на открытых землях гораздо дольше, чем под лесом. Поэтому создание крупных безлесных массивов приводит к снижению мощности снежного покрова и уменьшению его теплозащитной роли. В результате промерзание почв резко усиливается, а тепловые ресурсы вегетационного периода снижаются. Известно также, что сельскохозяйственное освоение кустарниковых тундр нередко сопровождается понижением среднегодовых температур почв, а значит, и тепловых ресурсов вегетационного периода.

Особое значение в земледелии Севера имеют долины рек, которые нередко называют тепловыми артериями или сравнивают с «отопительными системами». Сельскохозяйственное производство в направлении с юга на север вытесняется сначала с междуречий на приречья, а затем с приречий в долины, а еще северней локализуется в основном в поймах. Долинные и придолинные земли, где негативное влияние криогенеза смягчается отепляющим речным стоком с южных территорий на север, а плодородие почв поддерживается за счет наилка, традиционно рассматриваются в сельском хозяйстве Севера в качестве «золотого земельного фонда». Именно по долинам рек шло сельскохозяйственное освоение Севера. Долины таких крупных рек, как Северная Двина, Печора и низовья их основных притоков традиционно использовались как естественные заливные луга высокого качества, дающие до 2-3 т/га высококачественного сена. Долины рек, особенно поймы с аллювиальными почвами, являются своеобразными теплыми оазисами среди холодных лесоболотных ландшафтов междуречий. Однако эти оазисы крайне неустойчивы к антропогенным воздействиям.

Специфическая особенность северных биогеоценозов — высокая ранимость, следствием чего являются антропогенное заболачивание, омерзлочивание (криотизация), деградация растительного и почвенного покрова. Здесь резко повышается опасность уплотнения почв тяжелой техникой. Орошение и осушение почв в условиях Севера требуют особой гибкости и осторожности, поскольку в условиях дефицита тепла при резких изменениях теплоемкости и теплопроводности почв усиливается температурный стресс.

При осушении болот и лугов в поймах важно сохранять режим их поемности. Одновременно особое влияние следует уделять сохранению верховых

болот, отдельных лесных массивов, озер, малых рек, создавая для этого заказники, заповедники, предусматривая водоохранные зоны.

При выборе рационального способа осушения, как любого другого мелиоративного мероприятия, должны рассматриваться все возможные альтернативные варианты. При мелиорации пойменных земель таковыми могут быть: отказ от осушения в пользу биологической мелиорации путем выращивания влагоустойчивых многолетних трав; применение выборочного осушения с агро-мелиоративными мероприятиями; устройство польдерных систем с частичным или полным обваловыванием.

Развивая в перспективе осушительные мелиорации, без которых у северного земледелия не может быть большого будущего, необходимо увязывать их со всеми другими мелиоративными, культуртехническими и агротехническими мероприятиями, вписывая их в адаптивно-ландшафтные системы земледелия. При этом особую роль всегда будут играть тепловые мелиорации, позволяющие удлинить теплый период и сократить потери сельскохозяйственной продукции от заморозков. В качестве таковых особенно важны мероприятия по снегозадержанию с помощью лесных и кустарниковых полос, защищающих поля также от холодных ветров. Большое значение для улучшения теплового режима имеют пескование и глинование торфяных болотных осушенных почв.

Уменьшает потери тепла глубокое осеннее рыхление почвы вместо обычной отвальной зяби. Удлинению вегетационного периода способствует искусственное сведение снега весной.

Следует иметь в виду, что систематическое применение тепломелиораций может сдвинуть теплообмен в почве в благоприятную сторону в многолетнем аспекте.

В условиях сложного рельефа при организации полей на теплых склонах, где возрастает опасность эрозии, особенно на мерзлотных почвах, размеры и конфигурация участков, вписываемых в лесные массивы, должны лимитироваться длиной эрозионного разбега.

Проблема земледельческого освоения и использования северных территорий осложняется в восточном направлении.

Перед приполярным земледелием Сибири по сравнению с европейским Севером возникает дополнительно ряд проблем. Если нижнее течение Оби от Ханты-Мансийска до Салехарда в основном укладывается в параметры приполярного земледелия Восточной Европы (короче вегетационный период), то уже начиная со Средней Сибири, приходится сталкиваться с трудностями, обусловленными вечной мерзлотой. В Центральной Сибири вечная мерзлота захватывает Туруханский край, а в Забайкалье спускается до 52-53° северной широты, смыкаясь с сухими степями. Как правило, такие земли для возделывания обычных сельскохозяйственных культур без коренной мелиорации их свойств непригодны.

Наиболее благоприятны для сельскохозяйственного использования долины великих сибирских рек, где радиационный баланс существенно пополняется конвекционным теплом, принесенным водами с юга. По днищу долин,



как правило, формируются сезонно-мерзлотные почвы, наилучшие для сельскохозяйственного использования (луговые, лугово-болотные, лугово-глебовые) с оттаивающим за лето корнеобитаемым слоем. На них обычно произрастает пышная луговая растительность. Сенокосно-пастбищное использование пойменных лугов сложилось издревле.

Для переувлажненных пойменных почв интенсивное пастбищное использование недопустимо, поскольку быстро вызывает переуплотнение и заболачивание. Приоритетно сенокосное использование с применением экологически обусловленной техники. Создание продуктивных сенокосов сопряжено здесь с применением удобрений, в первую очередь, азотных. Однако использование их должно быть достаточно точным, чтобы исключить попадание в речную воду. Наилучшими земельными ресурсами для земледелия на мерзлотных почвах обладает Якутия. В юго-западной части в условиях засушливого климата сформировались вторичные степи с черноземовидными почвами, характеризующимися значительными запасами гумуса и биогенных элементов, однако степень их пригодности для сельскохозяйственного использования понижена из-за неблагоприятного температурного режима. Максимальная глубина оттаивания к началу августа составляет 1,5-2 м. Тем не менее на этих почвах можно возделывать большинство сельскохозяйственных культур умеренного пояса, кроме просовидных. Особенно неплохо удаются посевы, обращенные уклоном на юг (левобережье), где тепла может быть на 10-12% больше, чем на плоских территориях. Здесь вполне возможны зернопаровые и зернотравяные севообороты с короткой ротацией. По мере приближения к Якутску может возрасти доля трав, картофеля и овощей. Наиболее опасны состояния пашни весной, когда после глубокого ночного вымораживания под солнечными лучами происходит растаивание поверхностного надмерзлотного слоя. В этом состоянии почвы легко поддаются размыванию.

Необходимо дальнейшее повышение степени почвозащитности механических обработок. Должны быть исследованы возможности применения прямого посева, особенно на теплых быстропрогреваемых склонах. Хотя оставление стерни существенно отодвигает, иногда на неделю, время посева, но степень устойчивости почвы к ветровой эрозии значительно повышается, а применение необходимых удобрений позволяет снять дефицит питания. Гораздо шире следует практиковать контурную организацию территории и применение рыхлящих орудий типа стоек СИБИМЭ, чизелей.

Другим ареалом приполярного земледелия Сибири является Магаданско-Колымский район. Приохотская территория этого района представлена сезонно-мерзлотными таежными почвами. Долина Колымы характеризуется классически мерзлотными почвами со всеми вытекающими проблемами. В отличие от большинства пахотных почв Якутии, эти почвы весьма неустойчивы к размыванию, требуют устранения повышенной кислотности, бедны подвижными элементами питания. Возделываются здесь в основном картофель, овощи и, по возможности, корма для небольшого поголовья скота. В основе технологий лежит система отвальных обработок с запашкой повышенных доз органических и минеральных удобрений.

Необходимо иметь в виду, что при сведении лесов под пашню на подзолистых почвах речных террас, характеризующихся легким гранулометрическим составом, низким содержанием гумуса, повышенной кислотностью, резко снижается устойчивость их к эрозии. Известны факты катастрофической эрозии на месте сведенных лесов долины реки Кичеры (г. Северобайкальск – долина верхней Ангары), где на склоне до 3° в результате прохождения циклона смывался значительный слой почвы (в местах водотоков на глубину до метра, до каменистых коренных пород).

При вовлечении земель под пашню, особенно в Восточной Сибири, следует соблюдать крайнюю осторожность. Необходим тщательный геологический анализ возможных рабочих участков на наличие линз льда в толщах, подстилающих почвы. Если таковые имеются, то работа по вовлечению участков в пашню представляется бесперспективной. Термокарст, вызванный таянием ледниковых линз (а под пашней оттаивание на порядок сильнее), в состоянии полностью уничтожить поверхность рабочих участков, превратив ее в непрерывное чередование провалов и осыпей.

В целом организация земледелия в сложнейших агроэкологических условиях Приполярья допустима лишь на основе проектов адаптивно-ландшафтного земледелия, усиленных экологическими экспертизами.

#### ***8.15.8. Особенности земледелия на сельскохозяйственных территориях, загрязненных радионуклидами и тяжелыми металлами***

Организация земледелия на сельскохозяйственных территориях, загрязненных радионуклидами и тяжелыми металлами, направлена на получение продукции, отвечающей санитарно-гигиеническим и другим нормативам, а также на предотвращение распространения загрязнения, его уменьшение или ликвидацию.

Предотвращение загрязнения в результате хозяйственной деятельности обеспечивается соблюдением требований агротехнологий (жесткое нормирование применения минеральных удобрений, средств защиты растений и т.д.), нормативной системой организационно-территориальных мероприятий при размещении животноводческих ферм, производственных центров, хранилищ минеральных удобрений, складов ГСМ и т.д., проектированием специальных природоохранных инженерных сооружений и другими мероприятиями.

Ликвидация загрязнения обеспечивается культуртехническими мероприятиями (землевание, утилизация загрязнителей и т.п.), специальными агротехническими приемами, обеспечивающими регулирование соотношения биогенных элементов в почве, подвижность и трансформацию загрязнителей, использованием природных сорбентов органического происхождения, а также применением методов фитосанации почв и др.

Основными документами, регламентирующими ведение сельскохозяйственного производства в условиях загрязнения, являются: нормы радиацион-

ной безопасности (НРБ-99), гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов (СанПиН 2.3.2.1078-01), критерии оценки экологической обстановки территорий для выделений зон чрезвычайной экологической ситуации и зон экологического бедствия.

Для обеспечения действия нормативно-правовых документов, регламентирующих безопасность населения, хозяйственную деятельность на загрязненных территориях, необходимо оценить уровни загрязнения почвенной, водной и воздушной среды, а также производимой продукции растениеводства с целью определения перечня специальных мероприятий, позволяющих получить продукцию, удовлетворяющую нормативам, и обеспечить возможное предотвращение и ликвидацию загрязнения используемой сельскохозяйственной территории.

Основными факторами, определяющими особенности землеустройства загрязненных территорий, являются: характер территориального распространения различных видов загрязнителей в почвенном покрове, состав и уровень содержания различных загрязнителей в почвенной среде.

К почвенным факторам, влияющим на поступление радионуклидов и тяжелых металлов в сельскохозяйственные культуры и далее в продукцию растениеводства и животноводства, относятся: гранулометрический состав почв, кислотность, содержание органического вещества и катионно-обменная способность почв. В свою очередь, сельскохозяйственные культуры обладают индивидуальными особенностями интенсивности поглощения загрязнителей и их концентрации в различных частях растительных организмов. Тем самым определяются структура посевных площадей, выбор полей и производственных участков при проектировании систем земледелия.

#### 8.15.8.1. Принципы организации земледелия на сельскохозяйственных территориях, загрязненных радионуклидами и тяжелыми металлами

При организации земледелия на загрязненных территориях применяются специальные организационно-территориальные, агротехнические и агрохимические мероприятия.

**Организационно-территориальные мероприятия.** Эти мероприятия включают:

- почвенное обследование сельскохозяйственных угодий и составление карт содержания (плотности) загрязнения почв каждым из выявленных загрязнителей;
- обследование растительного покрова и составление карт содержания выявленных видов загрязнителей в растениях;
- зонирование почвенного покрова сельскохозяйственных угодий по плотности (уровню) загрязнения;
- прогнозирование загрязнения сельскохозяйственных культур в зависимости от свойств почв;

- формирование специальных производственных участков на пашне и их инвентаризация, включающая следующие основные данные: плотность загрязнения почв различными видами загрязнителей; площадь; тип почвы, её агрохимические свойства, гранулометрический состав; прогнозируемые уровни загрязнения различных сельскохозяйственных культур;

- формирование кормовых участков и их инвентаризация, включающая следующие основные данные: плотность загрязнения почв различными видами загрязнителей; тип угодья; площадь; тип почвы, агрохимические свойства; характер травостоя (кормовая ценность и урожайность); прогнозируемые уровни загрязнения травостоя; культуртехническое состояние участка;

- составление сводных экологических паспортов на сельскохозяйственное предприятие (паспортов загрязнения территории), на сельскохозяйственные угодья по видам использования (сенокосообороты, пастбищеобороты, севообороты и отдельные внесевооборотные и кормовые участки);

- проектирование севооборотов, пастбищеоборотов и сенокосооборотов на загрязненных сельскохозяйственных угодьях.

Проектирование севооборотов и организации их территории является основной стадией организации земледелия на загрязненных территориях. На этой стадии необходимо учитывать все факторы, которые определяют специфику ведения производства: пространственное размещение загрязнителей, уровень (плотность) загрязнения почв, особенности накопления загрязнителей различными культурами, технологии возделывания культур и т.п.

Основной задачей проектирования севооборотов является такой выбор территории для возделывания различных сельскохозяйственных культур, который обеспечил бы наиболее рациональное их размещение с точки зрения возможности получения продукции, соответствующей определенным санитарно-гигиеническим нормативам дальнейшего ее использования.

Прогноз возможного загрязнения сельскохозяйственных культур уже на стадии проектирования севооборотов позволяет определить, на какие цели может быть использована производимая продукция (продовольственные, кормовые, семена, техническую переработку).

Формирование адаптированных к загрязнению почвенной среды севооборотов основано на подборе сельскохозяйственных культур, обеспечивающих получение продукции растениеводства, отвечающей требованиям их последующего хозяйственного использования.

Территориальный характер размещения загрязнителей в почве, их плотность и площадь загрязненных территорий определяют проектируемую структуру посевных площадей и специализацию хозяйства. В связи с многофакторностью решения данной задачи во ВНИИ сельскохозяйственной радиологии и агроэкологии разработана система поддержки принятия решений FORCON, которая позволяет обосновать оптимальную структуру землепользования в отдельном хозяйстве при неравномерном загрязнении сельскохозяйственных угодий и разнообразии характеристик почвенного покрова.

**Прогнозирование накопления загрязнителей в сельскохозяйственной продукции.** При организации земледелия на загрязненных территориях на базе информации о плотности загрязнения почв прогнозируются возможные уровни содержания радионуклидов в сельскохозяйственных растениях. Для этого могут использоваться рекомендованные значения коэффициентов накопления (или перехода) радионуклидов в растения из почв различных типов или эта информация может быть получена для каждого конкретного хозяйства (табл. 8.109).

**8.109. Средние значения коэффициентов перехода  $^{90}\text{Sr}$  и  $^{137}\text{Cs}$  (Бк/кг)/(кБк/м<sup>2</sup>) для различных типов почв и видов сельскохозяйственных культур [175]**

Культура	Дерново-подзолистые			Серые лесные	Чернозем	Торфяные
	песчаные и супесчаные	легко- и средне-суглинистые	тяжелосуглинистые			
Зерновые, зерно	0,3/3,0	0,09/1,8	0,04/0,6	0,05/1,1	0,03/0,2	0,3/-
Картофель, клубни	0,3/2,6	0,15/1,7	0,08/0,8	0,08/1,0	0,05/0,1	0,7/-
Свекла столовая, корнеплоды	0,5/6,0	0,4/3,0	0,2/1,6	0,15/2,0	0,1/0,3	0,25/-
Сеяные многолетние травы (злаковые)	6,0/-	3,0/-	1,0/-	1,0/-	1,0/-	4,5/-

В числителе приведены значения КП для  $^{137}\text{Cs}$ , в знаменателе — для  $^{90}\text{Sr}$ .

Для тяжелых металлов могут быть использованы уравнения зависимостей между количеством тяжелых металлов в растениях, кислотностью почв и содержанием их подвижных соединений в почве (табл. 8.110, 8.111), а также данные, определяющие зависимость накопления тяжелых металлов в различных частях растений от их физиологических особенностей (табл. 8.112, 8.113). Указанные данные могут быть получены для каждого конкретного хозяйства.

**8.110. Зависимости содержания тяжелых металлов в растениях от их наличия в подвижных соединениях почвы, извлекаемых ацетатно-аммонийным буферным раствором с рН 4.8 [140]**

Элемент	Почвы	Ячмень	Вика
Кадмий	Дерново-подзолистые слабокультурные	$y = 3,29 + 0,74 x$	$y = - 0,049 + 1,85 x$
	Дерново-подзолистые среднекультурные	$y = 5,17 + 0,74 x$	$y = 5,21 + 1,20 x$
	Чернозем типичный	$y = 3,87 + 1,04 x$	$y = - 0,34 + 1,50 x$
	Дерново-подзолистые слабокультурные	$y = 5,7 + 0,003 x$	$y = 3,4 + 0,17 x$
Свинец	Дерново-подзолистые среднекультурные	$y = 2,6 + 0,010 x$	$y = 2,7 + 0,06 x$
	Чернозем типичный	$y = 2,2 + 0,010 x$	$y = - 0,3 + 0,06 x$

## 8.111. Зависимость содержания кадмия, свинца и цинка в корнеплодах свеклы от их концентрации в почве и pH (мг/кг сухой биомассы) [140]

Элемент	Функциональная зависимость	Коэффициент корреляции
Кадмий	$y = 1,31 + 1,62 X_{Cd} - 0,16 X_{pH} - 0,223 X_{Cd} X_{pH}$	0,83
Свинец	$y = 1,05 + 0,116 X_{Pb} - 0,0158 X_{Pb} X_{pH}$	0,87
Цинк	$y = 18,6 + 1,191 X_{Zn} - 0,1700 X_{Zn} X_{pH}$	0,88

Примечание.  $X_{pH}$  — кислотность почвы;

$X_{Cd}$ ,  $X_{Pb}$ ,  $X_{Zn}$  — содержание в почве кадмия, свинца и цинка.

## 8.112. Накопление тяжелых металлов в соломе растений в зависимости от их содержания в почве и физиологических особенностей растений [224]

Доза Cd в почве, мг/кг	Содержание кадмия в соломе растений, мг/кг сухого вещества				Доза Pb в почве, мг/кг	Содержание свинца в соломе растений, мг/кг сухого вещества			
	ячмень	овес	вика	люпин		ячмень	овес	вика	люпин
<i>Дерново-подзолистая слабокультуренная почва</i>									
0	0,40	0,62	1,05	0,80	0	0,9	0,8	2,0	1,8
2,5	1,51	2,03	4,12	5,01	125	8,9	7,6	14,8	15,0
5	6,12	5,80	7,66	6,34	250	15,1	17,0	24,8	20,8
10	11,82	13,21	15,80	14,60	500	16,6	19,9	52,4	44,6
20	23,80	30,63	35,21	38,03	1000	22,5	22,0	-	-
50	37,70	40,20	*	-	2000	46,1	43,3	-	-
100	55,87	80,40	-	-					
<i>Дерново-подзолистая хорошокультуренная почва</i>									
0	0,42	0,40	0,80	0,50	0	0,4	0,7	1,8	1,0
10	10,30	9,91	13,22	10,13	125	2,2	3,4	6,1	5,8
20	20,20	21,72	30,14	30,09	250	5,0	13,5	9,6	10,6
50	36,08	40,00	48,01	50,87	500	6,3	16,1	15,8	14,0
10	56,61	68,20	-	-	1000	10,1	24,1	34,0	32,1
					2000	12,6	36,8	-	-
<i>Чернозем титичный</i>									
0	0,10	0,23	0,41	0,21	0	0,9	0,5	1,0	0,7
10	9,82	9,71	6,50	8,17	500	5,1	11,0	10,0	9,8
50	34,20	42,44	34,04	30,00	1000	8,2	14,1	19,3	17,6
100	49,00	52,15	65,86	72,49	2000	10,5	29,0	33,8	35,8

Гибель растений.

## 8.113. Накопление тяжелых металлов в плодах растений в зависимости от их содержания в почве и физиологических особенностей растений [224]

Доза Cd в почве, мг/кг	Содержание, мг/кг сухого вещества		Доза Pb в почве, мг/кг	Содержание, мг/кг сухого вещества		Доза Cu в почве, мг/кг	Содержание, мг/кг сухого вещества		Доза Zn в почве, мг/кг	Содержание, мг/кг сухого вещества	
	ячмень (зерно)	редис (корнеплоды)		ячмень (зерно)	редис (корнеплоды)		ячмень (зерно)	редис (корнеплоды)		ячмень (зерно)	редис (корнеплоды)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<i>Дерново-подзолистая слабокультуренная почва</i>											
0	0,05	0,08	0	0,08	0,9	0	4,8	3,2	0	28,5	50,7
1	0,21	0,80	60	0,27	3,5	60	-	-	125	44,6	76,2
5	0,84	1,00	125	0,48	6,8	125	-	-	250	-	-

Продолжение табл. 8.113

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
10	1,70	1,42	250	0,92	12,1	250	-	-	500	-	-
20	-	2,11	500	-	20,0	500	-	-	1000	-	-
<i>Дерново-подзолистая среднеокультуренная почва</i>											
0	0,03	1,10	0	0,10	2,1	0	5,2	3,4	0	30,6	43,7
1	0,20	0,62	60	0,35	3,0	60	-	6,0	125	42,0	80,6
5	0,76	1,00	125	0,45	6,1	125	-	-	250	60,0	-
10	1,50	1,20	250	0,80	12,2	250	-	-	500	-	-
20	3,05	2,10	500	1,39	17,4	500	-	-	1000	-	-
<i>Дерново-подзолистая хорошоокультуренная почва</i>											
0	0,05	0,12	0	0,07	2,0	0	5,5	3,8	0	25,9	51,4
1	0,17	0,54	60	0,25	2,8	60	7,0	6,2	125	40,7	82,9
5	0,44	0,80	125	0,50	5,3	125	12,3	13,1	250	52,4	144,2
10	1,12	0,98	250	0,82	10,0	250	20,9	20,9	500	88,0	213,1
20	2,80	1,40	500	1,10	14,7	500	-	32,4	1000	130,6	320,3

**Агротехнические и агрохимические мероприятия по снижению накопления радионуклидов и тяжелых металлов в сельскохозяйственной продукции.** При ведении земледелия на загрязненных территориях технологии возделывания сельскохозяйственных культур направлены на изменение свойств почвы, уменьшение подвижности загрязнителей в почве и изменение распределения их по профилю (табл. 8.114, 8.115).

#### 8.114. Эффективность агротехнических и агрохимических защитных приемов по снижению накопления радионуклидов в продукции растениеводства

Мероприятие	Кратность снижения накопления радионуклидов, разы
Вспашка	1,5-2,5
Вспашка с оборотом пласта	5-10
Известкование	1,5-2
Внесение повышенных доз фосфорно-калийных удобрений	1,5-2
Внесение органических удобрений	1,5-2,5
Комплексное применение агромелиорантов	5
Подбор видов и сортов культур с минимальными уровнями накопления радионуклидов	1,5-15

#### 8.115. Эффективность защитных мероприятий на сенокосах и пастбищах

Мероприятие	Кратность снижения содержания радионуклидов в травостое, разы
1	2
Удаление верхнего загрязненного слоя почвы	5-15
Стандартная вспашка	1,8-3,2
Вспашка с оборотом пласта	2-6
Глубокая вспашка	8-16
Дискование и фрезерование	1,2-1,8
Коренное улучшение	2,7-6,2
Поверхностное улучшение	1,6-2,9

Продолжение табл. 8. 115

1	2
Осушение + поверхностное улучшение	2,5-5,5
Осушение + коренное улучшение	3-10
Подбор травосмесей	1,5-5

Система агротехнических и агрохимических приемов, гарантирующая получение продукции с минимальным содержанием радионуклидов, предусматривает:

специальную обработку почв;

осушение заболоченных участков;

известкование кислых почв;

внесение повышенных доз фосфорных (1,5-2Р) и калийных (1,5-2К) удобрений по сравнению с рекомендованными дозами для данной зоны;

внесение органических удобрений в дозе 40 т/га и выше;

комплексное внесение различных видов органических и минеральных удобрений в полях севооборотов;

подбор видов и сортов сельскохозяйственных культур.

Аналогичные приемы используются на почвах, загрязненных тяжелыми металлами.

Основным приемом снижения подвижности большинства тяжелых металлов в кислых почвах является известкование. Рекомендуется вносить дозы известковых удобрений, обеспечивающие доведение рН почвы до уровня 6,5-6,7 (табл. 8.116). На торфяно-болотных почвах дозы  $\text{CaCO}_3$  рассчитываются с целью доведения реакции среды до рН 5,5. В условиях Центрально-Черноземного района целесообразно применять дозы, соответствующие двойной гидролитической кислотности. Наиболее приемлемым известковым удобрением является стандартная мука по ГОСТ Р50261-92. Эффективно послойное внесение мелиоранта: половину дозы под плуг, половину под культиватор на глубину 8-10 см.

#### 8.116. Рекомендуемые дозы $\text{CaCO}_3$ для снижения подвижности тяжелых металлов в почве (для дерново-подзолистых и лесных почв), т/га [148]

Почвы	рН <sub>кел</sub> (для почв с содержанием гумуса до 3%)									
	4,5-4,6	4,7-4,8	4,9-5,0	5,1-5,2	5,3-5,4	5,5-5,6	5,7-5,8	5,9-6,0	6,1-6,2	6,3-6,4
Песчаные	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3
Супесчаные	14	13	12	11	10	8	6,5	5,5	4,5	3,5
Легкосуглинистые	16	15	14	13	11	9	7	5,5	5	4
Среднесуглинистые	18	17	16	14	12	10	8	6	5,5	4,5
Тяжелосуглинистые	20	19	17	15	13	11	9	7	6	5
Глинистые	22	20	18	16	14	12	10	8	6,5	5,5

Лучшей формой органических удобрений на загрязненных тяжелыми металлами почвах являются торфокомпосты. Органические удобрения приме-



няются в максимально возможных дозах с учетом потребности культур в азоте и содержания его в корнеобитаемом слое почвы. Фосфорные удобрения также существенно снижают подвижность тяжелых металлов, их применение оправдано только на почвах с содержанием подвижных соединений фосфора ниже оптимального уровня для культур севооборота. Фосфоритная мука применяется на почвах с pH 5,8 и ниже. Дозы ее должны составлять 300-500 мг/кг  $P_2O_5$ , а суперфосфата — 120-150  $P_2O_5$ . Значительный эффект дает комплексное применение удобрений и известкования (табл. 8.117).

### 8.117. Влияние известкования и удобрений на урожай, качество клубней картофеля и содержание в них тяжелых металлов [148]

Вариант	Урожай, ц/га	Прибавка, ц/га	Сухое вещество, %	Крахмал, %	Содержание ТМ в клубнях, мг/кг			
					Ni	Zn	Pb	Cd
Абсолютный контроль	102		16,5	14,2	0,37	5,04	0,27	0,04
$N_{60}H_{60}K_{60}$ + фон	99	-3	18,0	14,9	1,05	6,67	0,26	0,05
Известь + ТМ	96	-6	17,0	15,8	1,14	9,68	0,25	0,04
Навоз 100 т/га + ТМ	108	6	17,0	15,2	1,06	6,29	0,28	0,04
$N_{60}H_{60}K_{80}$ + известь + ТМ	101	-1	17,2	16,6	0,83	7,01	0,25	0,04
Навоз + известь + ТМ	111	9	16,7	15,6	1,37	7,31	0,28	0,04
$N_{120}H_{120}K_{160}$	130	28	17,0	15,3	0,37	5,94	0,24	0,04

Для увеличения миграции тяжелых металлов и разбавления загрязненного слоя почвы следует применять безотвальное рыхление. На суглинистых и глинистых почвах целесообразно проводить чизелевание на глубину 40-45 см.

Необходимым условием ведения земледелия на загрязненных почвах является подбор сельскохозяйственных культур, устойчивых к загрязнению почв тяжелыми металлами (табл. 8.118).

### 8.118. Чувствительность сельскохозяйственных культур к кадмию [148]

Возрастание чувствительности к кадмию ----->																					
устойчивые					слабочувствительные				среднечувствительные			высокочувствительные									
Рожь	Овес	Ячмень	Кукуруза	Пшеница	Подсолнечник	Картофель	Редис	Турнепс	Лук (репка)	Капуста	Сельдерей	Морковь	Свекла	Кабачки	Томаты	Огурцы	Петрушка	Укроп	Лук (перо)	Шпинат	Салат

### 8.15.8.2. Ведение земледелия на сельскохозяйственных угодьях с различным уровнем радиоактивного загрязнения

Основанием для районирования радиоактивнозагрязненных территорий по степени экологической напряженности служит плотность загрязнения почв долгоживущими радионуклидами  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  (см. табл. 3.3.16).

Относительно удовлетворительная ситуация на загрязненных территориях складывается при плотности загрязнения почв  $^{137}\text{Cs}$  менее 37 кБк/м<sup>2</sup> и  $^{90}\text{Sr}$  менее 3,7 кБк/м<sup>2</sup>. При плотности загрязнения угодий  $^{137}\text{Cs}$  до 555 и  $^{90}\text{Sr}$  до 37 кБк/м<sup>2</sup> вводится обязательный радиационный контроль. На территориях с уровнем загрязнения почвы  $^{137}\text{Cs}$  555 1480 кБк/м<sup>2</sup> и  $^{90}\text{Sr}$  37 111 кБк/м<sup>2</sup> создается чрезвычайная экологическая ситуация и предусматривается система применения специальных защитных мероприятий. Сельскохозяйственные угодья с плотностью загрязнения  $^{137}\text{Cs}$  >1480 кБк/м<sup>2</sup> или  $^{90}\text{Sr}$  более 111 кБк/м<sup>2</sup> выводятся из хозяйственного использования.

При разработке принципов рационального использования загрязненных угодий исходят из следующих положений:

производство сельскохозяйственных культур, продукция которых непосредственно входит в состав рациона человека, размещается на полях с относительно меньшим содержанием радионуклидов в почве, а при одинаковой плотности загрязнения – на полях, где почвенный покров представлен наиболее плодородными почвами, которые хорошо обеспечены калием и кальцием;

овощные культуры размещают на наиболее плодородных и наименее загрязненных полях;

под продовольственное зерно допуски в 3-4 раза выше, чем при выращивании овощей;

фуражные культуры, предназначенные для молочного и мясного скота, который находится на откорме, могут размещаться на полях с более высоким уровнем загрязнения, чем для производства овощных культур. Производство кормов для молочного скота требует больших ограничений загрязнения (в 2-3 раза) по сравнению с производством кормов для мясного скота;

существенно снижаются лимиты загрязнения при возделывании зерновых и технических культур для производства семян и сырья на техническую переработку. При этом соблюдаются предельно допустимые количества радионуклидов в конечной продукции, и обеспечивается радиационная безопасность работающего персонала.

***Ведение земледелия на сельскохозяйственных угодьях с плотностью радиационного загрязнения  $^{137}\text{Cs}$  до 185 кБк/м<sup>2</sup> и  $^{90}\text{Sr}$  до 11,1 кБк/м<sup>2</sup>***

На пахотных угодьях с плотностью загрязнения  $^{137}\text{Cs}$  до 185 кБк/м<sup>2</sup> и  $^{90}\text{Sr}$  до 11,1 кБк/м<sup>2</sup> все виды работ в земледелии ведутся без ограничений по традиционным технологиям.

На пойменных лугах с этой же плотностью загрязнения проводят поверхностное улучшение при наличии в травостое ценных кормовых трав не менее 35-45%, закусаренности и закокчаренности – менее 20% площади.

Поверхностное улучшение суходольных лугов проводится при наличии в травостое не менее 50-60% ценных в кормовом отношении трав и отсутствии щучки дернистой, плотнокустовых осок, накапливающих значительное количество  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$ . Необходимость проведения коренного улучшения естественных кормовых угодий диктуется тем, что при этом уровне радиоактивного загрязнения имеется опасность загрязнения молока радионуклидами выше контрольных уровней.

Коренное улучшение пойменных и низинных лугов проводится с использованием двухъярусных плугов. Коренное улучшение травостоя природных лугов снижает содержание радионуклидов в лугопастбищной растительности при качественном проведении всех рекомендованных технологических приемов по залужению в 2-10 раз.

Пойменные заливные луга при всех уровнях радиоактивного загрязнения должны обязательно иметь водоохранную зону.

*Ведение земледелия на сельскохозяйственных угодьях с плотностью загрязнения  $^{137}\text{Cs}$  от 185 до 555 кБк/м<sup>2</sup> и  $^{90}\text{Sr}$  от 11,1 до 37,0 кБк/м<sup>2</sup>*

**Пахотные угодья.** На пахотных угодьях с указанной плотностью загрязнения продукция растениеводства соответствует установленным радиологическим нормативам при проведении рекомендованных мероприятий. Районированные культуры и их сорта возделываются по общепринятым технологиям в данной почвенно-климатической зоне.

Разработка и освоение севооборотов проводятся так же, как и на незагрязненных территориях. Экологическая роль чередования культур в севообороте возрастает. За счет размещения сельскохозяйственных культур с различной корневой системой происходят перераспределение радионуклидов по профилю почвы и их удаление за пределы корнеобитаемого слоя. Механическая обработка почв, особенно глубокое рыхление чизельным плугом без оборота пласта, способствует миграции радионуклидов в более глубокие слои (40-50 см) почвы.

Совмещение нескольких операций при одном проходе трактора или самоходных машин снижает давление на почву и риск вторичного загрязнения почвенными частицами растений, убираемых на корм животным.

Продовольственные культуры возделываются при обязательном внесении органических, фосфорных и калийных удобрений. Внесение под картофель навоза и торфо-навозного компоста в дозе 50 т/га дает не только значительную прибавку урожая клубней, но и снижает накопление радионуклидов до 2 раз.

Азотные удобрения вносят под планируемую урожайность сельскохозяйственных культур. Нормы внесения азотных, фосфорных и калийных удобрений соотносятся как N:P:K = 1:1:1,5 и N:P:K = 1:1,5:2 с учетом фактического содержания подвижного фосфора и обменного калия в почве. Известкование почв, включая почвы черноземной зоны, уменьшает переход радионуклидов в растения в 1,3-2 раза. Эффективность минеральных удобрений как в повышении урожайности сельскохозяйственных культур, так и в снижении содержания радионуклидов в продукции растениеводства возрастает на фоне

известкования. Внесение органических и минеральных удобрений — более эффективное средство для снижения накопления радионуклидов в зерне, чем внесение одних минеральных удобрений. Применение микроудобрений (В, Си, Zn, Мо и др.) на всех типах почв ограничивает переход радионуклидов в растения и повышает устойчивость картофеля к фитофторе и другим болезням.

**Естественные кормовые угодья.** Важнейшим приемом окультуривания почв естественных кормовых угодий является известкование кислых почв.

При указанной плотности загрязнения почвы при коренном улучшении пойменных лугов рекомендуется внесение полного минерального удобрения —  $N_{60-90}P_{110-140}K_{120-180}$ . При двухукосном использовании злакового травостоя после коренного улучшения дозы минеральных удобрений составляют  $N_{60+60}P_{90}K_{120-180}$ , а бобово-злакового —  $N_{60}P_{90}K_{120-180}$ . Применение бентонита, вермикулита, местных глин на фоне минеральных удобрений снижает накопление радионуклидов в кормах до 2,5 раза.

Обработку почвы при создании сеяных травостоев на природных кормовых угодьях рекомендуется проводить специально оборудованными двухъярусными винтовыми плугами ПЯ-3-35 или ПНЯ-4-42.

Подбор травосмесей при агромелиорации лугов производят из районированных видов злаковых и бобовых трав. В травосмеси включают три-четыре вида трав. При сенокосном использовании улучшенных кормовых угодий доля злаковых в травосмеси может составлять 67-75, а бобовых — 25-33%. Предпочтительнее использовать виды трав, накапливающих минимальное количество радионуклидов.

Пастбищеоборот и регулирование нагрузки на пастбище при выпасе животных в загонах гарантируют долговременное их использование.

**Ведение земледелия на сельскохозяйственных угодьях с плотностью загрязнения  $^{137}\text{Cs}$  от 555 до 1480 кБк/м<sup>2</sup> и  $^{90}\text{Sr}$  от 37 до 111 кБк/м<sup>2</sup>**

**Пахотные угодья.** При плотности загрязнения почв  $^{137}\text{Cs}$  555 кБк/м<sup>2</sup> и выше и  $^{90}\text{Sr}$  до 111 кБк/м<sup>2</sup> создается чрезвычайная экологическая ситуация, и на всей территории проводится постоянный радиационный контроль.

Для получения продукции растениеводства, соответствующей радиологическим нормативам, на большинстве типов почв обязательно проведение защитных мероприятий. Все культуры возделываются в севооборотах и размещаются по лучшему предшественникам. Соотношение злаковых и бобовых культур в севообороте может составлять 65-75 и 25-35% соответственно. При плотности загрязнения почвы  $^{137}\text{Cs}$  выше 555 кБк/м<sup>2</sup> из структуры посевов сельскохозяйственных культур исключается возделывание зернобобовых, льна и гречихи. Объемы посевных площадей под картофель и кормовые корнеплоды планируются с учетом обеспечения полной механизации, сокращающей применение ручного труда при их возделывании, уборке и доработке продукции. Междурядные обработки сводятся к минимуму и, по возможности, проводятся при состоянии почвы, обеспечивающей наименьшее пылеобразование. Ручную прополку посевов следует заменить строго регламен-

тированным применением гербицидов. Применение пестицидов против колорадского жука в посадках картофеля можно сочетать с опрыскиванием растений 0,01%-ным раствором гумата натрия.

В технологию основной обработки почвы вносятся изменения. Рекомендуются глубокая безотвальная обработка с помощью чизельного плуга и вспашка фронтальным плугом ПФ-2,1. Уборку зерновых культур проводят прямым комбайнированием.

Для известкования кислых дерново-подзолистых почв легкого гранулометрического состава предпочтительно использовать доломитовую муку или местные известковые материалы, содержащие магний. На пахотных угодьях норму внесения азотных удобрений определяют под планируемую урожайность. Дозы внесения фосфорных и калийных удобрений увеличивают в 1,5 раза по сравнению с рекомендуемыми для данных районов. При внесении фосфорных и калийных удобрений в двойной дозе на фоне известкования почв и применения органических удобрений (40 т/га), а также применения природных сорбентов обеспечивается максимальный эффект снижения поступления радионуклидов в растения.

Агромелиоративные работы по улучшению водно-физических свойств почв и первичное окультуривание осушенных угодий – известкование, внесение  $P_{60}$ ,  $K_{100-150}$  кг д.в. на 1 га и микроудобрений обеспечивают снижение содержания радионуклидов в продукции растениеводства в 2-5 раз. Эффективным способом снижения накопления  $^{137}Cs$  и  $^{90}Sr$  в продукции растениеводства является подбор видов и сортов сельскохозяйственных и кормовых культур, характеризующихся минимальным накоплением радионуклидов из почвы.

**Естественные кормовые угодья.** Естественные кормовые угодья с плотностью загрязнения  $^{137}Cs$  выше 555 и  $^{90}Sr$  37 111 кБк/м<sup>2</sup> подлежат коренному улучшению. При этом вспашка производится плугами ПЯ-3-35, ПНЯ-4-42 и фронтальным плугом ПФ-2,1.

На пойменных и низинных лугах обработка почвы и залужение осуществляются комбинированными агрегатами АПР-2,6 и АЗ-2,4, позволяющими уменьшить давление сельскохозяйственных машин на почву. На лугах со средней мощностью дернины, не засоренных опасными сорняками, при создании сеяных травостоев рекомендуется комбинированная обработка почвы. При коренном улучшении естественных кормовых угодий, засоренных опасными сорняками, закочкаранных, первичная обработка включает дискование дернины, фрезерование и вспашку фронтальным плугом ПФ-2,1.

Окультуривание почв сенокосов и пастбищ, включающее известкование, внесение минеральных удобрений в дозе  $N_{60-90}$   $P_{140-160}$   $K_{180-240}$ , обеспечивает получение кормов с наименьшим содержанием радионуклидов. Применение органических удобрений (в дозе 40 т/га) при коренном улучшении травостоев на малогумусных дерново-подзолистых, песчаных и супесчаных почвах ограничивает переход радионуклидов в луговую растительность в 2-4 раза.

Осушенные почвы целесообразно отводить под кормовые севообороты. При создании долголетних сенокосов и пастбищ, особенно на пойме, залужение необходимо проводить травосмесями с учетом рельефа местности, поем-

ности, водного режима почв, биологических особенностей растений. На осушенных торфяниках следует отдавать предпочтение следующим видам трав: люцерне желтой, райграсу, кострецу безостому, лисохвосту луговому, мятлику луговому, мятлику болотному, еже сборной, канареечнику тростниковидному, полевице белой. На пойменных угодьях сенокосного использования в состав травосмесей входят:

- на выровненных массивах и гривах центральной поймы — костер безостый, овсяница луговая, еже сборная, люцерна желтая, клевер красный;
- на осушенных межгривных понижениях — двукисточник тростниковидный, кострец безостый, лисохвост луговой, тимофеевка луговая, мятлик болотный, а из бобовых — клевер розовый;
- на низинах с длительностью затопления более 30 дней — двукисточник тростниковидный, бекмания, мятлик болотный.

При коренном улучшении естественных суходолов рациональнее создавать многоукосные травостои и культурные пастбища с четырьмя-пятью циклами стравливания за сезон. Травостои формируют из злаковых компонентов, преимущественно из корневищных видов.

*Ведение земледелия на сельскохозяйственных угодьях с плотностью загрязнения  $^{137}\text{Cs}$  более 1480 кБк/м<sup>2</sup> и  $^{90}\text{Sr}$  более 111 кБк/м<sup>2</sup>*

Сельскохозяйственные угодья на территории экологического бедствия выводятся из землепользования. Однако при условии соблюдения дозовых нормативов работниками (например, при работе вахтовым методом) на этих угодьях возможны возделывание многолетних трав на семена и выращивание технических культур. Допускается использование кормов, полученных на отчужденных угодьях, для откорма молодняка до одного года и рабочего скота. Все работы выполняются в соответствии с НРБ-99. Обязательным условием является проведение радиационного контроля продукции.

**8.15.8.3. Ведение земледелия на сельскохозяйственных угодьях с различным уровнем загрязнения тяжелыми металлами**

Основанием для районирования территорий, загрязненных тяжелыми металлами, являются: содержание загрязнителя в почве, превышающее ПДК (ОДК), рассчитанное с учетом различных физико-химических свойств почв, а также накопление тяжелых металлов в сельскохозяйственных культурах.

Следует отметить, что по сравнению с радионуклидами тяжелые металлы не подвергаются естественному распаду в течение определенного времени, теряя свои губительные свойства, а подвергаются лишь перераспределению в различных природных средах. Поэтому важными условиями земледелия в условиях загрязнения почв тяжелыми металлами являются не только обеспечение недоступности их растительным организмам, но и необходимость выноса из почвенной, водной, воздушной и растительной среды различными методами санации загрязненных территорий.

Перспективным направлением борьбы с загрязнением является совершенствование технологий переработки растительного сырья, полученного на загрязненных тяжелыми металлами сельскохозяйственных угодьях.

На выявленных загрязненных территориях (пахотных и кормовых массивах) с учетом уровня содержания загрязнителей в почве рекомендуются следующие организационно-хозяйственные и агротехнические мероприятия.

**Допустимый уровень загрязнения.** На пахотных и кормовых угодьях размещение сельскохозяйственных культур ограничивается, включая очень чувствительные к накоплению тяжелых металлов.

**Низкий уровень загрязнения.** На пахотных и кормовых угодьях размещение любых зонированных сельскохозяйственных культур, высокочувствительных к накоплению тяжелых металлов, ограничивается. Потребление продукции растениеводства для пищевых и иных целей не ограничивается, за исключением использования для производства диетического и детского питания.

**Средний уровень загрязнения.** На пахотных угодьях ограничивается размещение высокочувствительных к тяжелым металлам сельскохозяйственных культур и сдерживается размещение среднечувствительных. Исключается производство столовой зелени (салат, шпинат, укроп, лук, петрушка), овощей, ягодных культур открытого грунта. Возможно выращивание корнеклубнеплодов, за исключением свеклы. Практикуется комплексное применение известкования, минеральных и органических удобрений. Используемые для пищевых и продовольственных целей сельскохозяйственные культуры подвергаются обязательному контролю на содержание тяжелых металлов.

Вводятся ограничения на сбор грибов и дикорастущих лекарственных растений.

**Высокий уровень загрязнения.** На пахотных и кормовых угодьях возможно размещение устойчивых к тяжелым металлам кормовых и технических культур. Ограниченно используются для продовольственных целей слабочувствительные к тяжелым металлам сельскохозяйственные культуры. Обязателен контроль содержания тяжелых металлов в растительной продукции. Необходимы комплексное применение известкования, внесение минеральных и органических удобрений.

**Очень высокий уровень загрязнения.** При наличии больших площадей с данным уровнем загрязнения следует выделять три подуровня загрязнения: сублетальный, критический и губительный.

**Сублетальный подуровень загрязнения.** На пахотных угодьях возможно размещение устойчивых к тяжелым металлам кормовых и технических культур, а также культур, последующее использование которых требует переработки.

Рекомендуются санитарно-защитные севообороты, проведение глубокой вспашки, чизелевания на глубину 40-45 см, повышенное внесение органических удобрений и известкование. Кормовые угодья целесообразнее исполь-

зовать под сенокосение, чем под выпас. Категорически запрещается сбор грибов и дикорастущих лекарственных растений.

**Критический подуровень загрязнения.** На пахотных угодьях возможно размещение только устойчивых к тяжелым металлам технических культур, требующих глубокой переработки (на спирт, масло, крахмал и т. п.)

Рекомендуются организация санитарно-очистительных севооборотов, глубокая вспашка для снижения общей концентрации тяжелых металлов в пахотном слое или удаление загрязненного слоя почвы, а также землевание или залужение. На кормовых угодьях допускается выращивание кормовых культур только с обязательной последующей переработкой. Запрещается выпас скота.

**Губительный подуровень загрязнения.** Исключается выращивание любых сельскохозяйственных культур, используемых для хозяйственных целей.

Целесообразна консервация пахотных земель с проведением комплекса мероприятий по их санации или залужению. При фитосанации целесообразно размещение растений с высокой способностью к поглощению тяжелых металлов из почвы с целью последующей утилизации (сжигания).

При загрязнении высокоопасными загрязнителями (первого класса опасности) рекомендуются обязательное удаление верхнего загрязненного слоя почвы и последующее землевание.

## 8.16. Техническое обеспечение адаптивно-ландшафтного земледелия и его отражение в проектах

### 8.16.1. Определение потребности в технике

В настоящее время техника для села производится не только федеральными заводами сельскохозяйственного машиностроения, но и различными предприятиями практически каждой области. В результате номенклатура технических средств непрерывно растет, появляется множество однотипных конструкций, имеющих различные наименования и марки, но, по существу, дублирующих друг друга. Очевидно, что определять потребность в каждой марке таких технических средств нецелесообразно, а оптимизировать состав машинно-тракторного парка (МТП) нужно, основываясь на типоразмерах базовых технических средств, предусмотренных Федеральной системой технологий и машин для сельскохозяйственного производства России.

Одним из способов оптимизации состава МТП является методика, основанная на использовании научно обоснованных нормативов потребности в технике. Нормативы потребности в базовых технических средствах (в эталонных единицах) для механизации растениеводства различных федеральных округов и зон механизации разработаны Всероссийским НИИ механизации сельского хозяйства в сотрудничестве с рядом отраслевых институтов. Нормативы дифференцированы по типоразмерам технических средств для основных отраслей растениеводства. Для адаптации нормативов потребности



к условиям конкретных хозяйств разработаны коэффициенты перевода средств механизации в эталонные единицы.

Расчет потребности хозяйства в технике осуществляется в несколько этапов. Вначале определяют конкретный количественный и качественный состав работоспособной сельскохозяйственной техники, имеющейся в хозяйстве. Затем вся техника с помощью соответствующих коэффициентов переводится в эталонные единицы. Далее, исходя из площадей пашни и различных культур, предусмотренных севооборотами, рассчитывают нормативную потребность в технике. Имеющийся парк машин (в эталонных единицах) сравнивают с нормативным и, при необходимости, осуществляют корректировку расчетного состава МТП с учетом конкретных производственных условий. В заключение определяют необходимость закупки конкретных машин для обеспечения выполнения всего объема сельскохозяйственных работ с необходимым качеством в оптимальные агротехнические сроки.

Потребность в тракторах и технике общего назначения, используемой на возделывании многих культур (плугах, боронах, луцильниках и т.д.), рассчитывают по общей площади пашни. Потребность в специализированных машинах определяют исходя из объема работ, выполняемого в пиковые периоды. В зависимости от назначения и типа машины ими могут быть площадь посева определенной культуры, количество вносимых удобрений и мелиорантов или перевозимых грузов и др.

Ниже приведены примеры определения потребности хозяйств Центрального федерального округа в тракторах, машинах общего назначения и технике для производства зерна. Допустим, что в хозяйстве имеется 3000 га пашни, 1400 из которых занято зерновыми культурами. Примем, что в хозяйстве имеются тракторы перечисленных марок и в следующем количестве (табл. 8.119), и проведем оценку количественного состава тракторного парка.

**8.119. Оценка количественного состава тракторного парка хозяйства  
(Центральный федеральный округ, зона 1.1)**

Марка трактора	Мощность двигателя, кВт/л.с.	Число тракторов	Коэффициент перевода на эталонный трактор, К	Суммарное количество имеющихся тракторов в эталонных единицах	Тракторооснащенность в эталонных единицах на 1000 га пашни	
					фактическая	рекомендуемая
К-701	150/204	2	2,10	4,2	1,4	0,82
Т-150К	110/155	3	1,85	5,55	1,85	4,26
ДТ-75М	70/90	4	1,10	4,4	1,47	0,77
МТЗ-82	59/82	11	0,75	8,25	2,75	2,57
Т-25А	18/25	2	0,32	0,64	0,21	0,63
Всего		22		23,04	7,68	13,27

Нормативы потребности в тракторах и коэффициенты перевода в эталонные единицы взяты из табл. 8.120. Результаты расчета показывают, что для данного хозяйства необходимо  $13,27 \times 3 \approx 40$  эталонных тракторов (включая тракторы, предусмотренные нормативами, но отсутствующие в хозяйстве), в

то время как наличный парк включает всего 23,04 эталонного трактора. По показателю тракторооснащенности хозяйству нужно дополнительно увеличить парк на 5,59 эталонного трактора на 1000 га пашни с тем, чтобы достичь рекомендуемого уровня в 13,27 эталонного трактора на 1000 га пашни.

### 8.120. Нормативы потребности в тракторах для механизации растениеводства и коэффициенты перевода в эталонные единицы для Центрального федерального округа

Зона механизации	Всего в парке	Тракторы													
		общего назначения										специальные	универсально-пропашные		универсальные
		Тяговый класс													
		6	5			4	3			2	2	1,4		0,9	0,6
гусеничные	колесные		гусеничные	гусеничные	гусеничные	гусеничные	колесные	гусеничные	колесные				колесные		
	180-240 (245-326)	200-243 (270-330)	150-204 (245)	170-231 (270)	90-160 (122-177)	110-150 (170)	70-90 (95-130)	110-140 (155-190)	50-88 (68-120)	95-100 (130-136)	59-75 (80-100)	40-55 (54-75)	35-40 (47-54)	18-33 (25-45)	
<i>Нормативы потребности (эталонные единицы на 100 га пашни)</i>															
1.1	13,27	-	0,82	0,48	-	0,74	0,77	4,26	0,20	2,03	2,57	0,44	0,30	0,63	
1.2	13,92	0,19	0,16	1,60	1,02	-	1,48	0,99	4,46	0,20	1,35	1,19	0,22	0,26	0,26
<i>Коэффициенты перевода в эталонные единицы K<sub>п</sub></i>															
-	-	2,70	2,70	2,10	2,00	1,45	1,85	1,10	1,85	1,00	1,35	0,75	0,55	0,50	0,32

Предположим, что в хозяйстве имеются следующие плуги: 8-корпусные ПЛП-8-40 — 2 шт.; 5-корпусные ПЛН-5-35 — 3; 4-корпусные ПЛН-4-35 — 4; 3-корпусные ПЛН-3-35 — 8 и ПО-3-35 — 3; 2-корпусные ПН-2-30 — 2 шт., т.е. имеются плуги для всех тракторов. Проверим, в достаточной ли мере хозяйство обеспечено плугами. Из табл. 8.121 выбираем переводные коэффициенты и переводим имеющиеся в хозяйстве плуги в эталонные единицы, умножая число плугов определенной марки на соответствующий переводной коэффициент K<sub>п</sub>:

два восьмикорпусных плуга при коэффициенте 1,6 — 3,2 эт. плуга;  
 три пятикорпусных плуга при коэффициенте 1,2 — 3,6 эт. плуга;  
 четыре четырехкорпусных плуга при коэффициенте 1,0 — 4 эт. плуга;  
 одиннадцать трёхкорпусных плугов при коэффициенте 0,6 — 6,6 эт. плуга;  
 два двухкорпусных плуга при коэффициенте 0,5 — 1 эт. плуг.

Суммируя полученные данные, получаем, что в хозяйстве имеется 18,4 эталонного плуга. В то же время, исходя из нормативной потребности, для хозяйств, расположенных в зоне 1.1, требуется 5,9 эталонного плуга на 1000 га пашни, т.е. на 3000 га пашни в хозяйстве необходимо иметь 17,7 эталонного плуга (≈ 18). Можно сделать вывод, что плугами хозяйство обеспечено в соответствии с нормативами.

**8.121. Нормативы потребности в технике общего назначения для растениеводства и коэффициенты перевода в эталонные единицы для Центрального федерального округа**

Плуги типа	Культиваторы	Луцильники	Бороны дисковые	Комбинированные агрегаты	Опрыскиватели (по ширине захвата)
<i>Нормативы потребности в эталонных единицах на 1000 га пашни (зона 1.1/зона 1.2)</i>					
5,9 / 5,3	4,1 / 3,5	2,1 / 2,4	4,1 / 3,5	9,5 / 8,1	4,8 / 4,6
<i>Коэффициенты перевода K, по маркам</i>					
ПЛП-4-35.....1,0	КПС-4.....1,0	ЛДГ-10.....1,0	БДТ-3.....1,0	РВК-3,6.....1,0	12 м.....1,0
ПЛП-8-40.....1,6	КШУ-8.....1,7	ЛДГ-5.....0,8	БДТ-7.....2,8	РВК-5,4.....1,2	16 м.....1,3
ПЛП-6-40.....1,3	КШУ-12.....2,7	ЛДГ-15.....1,7	БМШ-15.....4,2	РВК-7,2.....1,3	18 м.....1,4
ПЛП-5-35.....1,2	КФГ-3,6.....0,6	ППЛ-7-30.....0,9	БД-5.....1,4	АПК-6.....1,2	22 м.....1,7
ПН-2-30.....0,5	КЧП-5,4.....1,1	ППЛ-5-25.....0,8		АПУ-3,5.....2,4	24 м.....1,9
ПОН-3-30.....0,6	КПШ-9.....1,9			РБР-4.....2,2	9 м.....0,9
ПО-3-35.....0,6	КПШ-5.....0,6				
ПО-7-35.....1,34	КТС-10-2.....2,2				
ПЧК-4,5.....1,2	КПЭ-3,8.....1,3				
ПРПВ-3-50 0,7	КЛ-2,8.....0,4				

\* 1.1 – Нечерноземная зона; 1.2 – Центрально-Черноземная зона.

**8.122. Нормативы потребности в машинах для производства зерна и коэффициенты перевода в эталонные единицы для Центрального федерального округа**

Сеялки	Посевные комплексы типа «Кузбасс» («Конкорд»)	Зерноуборочные комбайны	Жатки валковые и энергосредства
<i>Нормативы потребности в эталонных единицах на 1000 га посевов зерновых (зона 1.1/зона 1.2)</i>			
7,6 / 7,2	6,4 / 5,8	7,5 / 7,1	7,7 / 6,3
<i>Коэффициенты перевода в эталонные единицы K, по маркам</i>			
СЗ-3,6А.....1,0	Ширина захвата 4 м...1,0	СК-5М «Нива».....1,0	ПН-310-6,4.....1,0
ПС-6.....1,8	Ширина захвата 6 м...2,3	КЗС-3.....0,5	ПН-300-4,2.....0,7
АЦП-18.....4,2	Ширина захвата 11 м...3,7	ПН-100 «Простор».....0,7	ЖВ-6.....1,15
		«Енисей-1200Н».....1,05	ПН-330-10Н.....1,7
		«Енисей-950 «Руслап».....1,15	ЖХ-11.....1,85
		«Дон-1500Б».....1,8	ЖХ-6.....1,1
		«Дон-2600».....2,2	ЭС-40.....1,0
			ЭС-75.....1,8

Допустим, что в хозяйстве имеются зерноуборочные комбайны КЗС-3 (с пропускной способностью 3 кг/с) – 3 шт.; СК-5М (5 кг/с) – 5; «Енисей-1200Н» (6 кг/с) – 2 шт. По таблице нормативов потребности в машинах для производства зерна (табл. 8.122) находим переводные коэффициенты: для комбайнов КЗС-3 – 0,5; СК-5М – 1,0; «Енисей-1200Н» – 1,05. При переводе имеющихся комбайнов в условные единицы соответственно получаем 1,5; 5,0

и 2,1 эталонного комбайна, а в сумме — 8,6 эталонной единицы. По той же таблице находим, что для зоны 1.1 на 1000 га посевов зерновых требуется 10,5 эталонных комбайнов, т.е. на 1500 га соответственно необходимо 15,8 единицы комбайна ( $\approx 16$ ). Следовательно, хозяйству требуется приобрести 7 единиц эталонных зерноуборочных комбайнов. Конкретно, сколько и каких комбайнов следует приобрести, решают специалисты хозяйства, исходя из возможностей и требований эффективного производства зерна.

Подобным же образом рассчитывают потребность хозяйства в других средствах механизации растениеводства, определяя в результате состав машинно-тракторного парка хозяйства. Данные нормативы корректируются в зависимости от почвенно-климатических и производственных условий сельскохозяйственных предприятий.

#### **8.16.2. Оценка технико-экономических показателей сельскохозяйственной техники и технологий**

**С инженерной точки зрения** машина представляет собой техническое устройство, которое в составе агрегата способно с определенным качеством выполнять свои производственно-целевые функции. Основной оценочный показатель этих функций — производительность ( $W$ ), имеющая размерность ед. наработки/ч.

**С экономической точки зрения** машина — это основное средство производства, которое в процессе своего полезного функционирования осуществляет перенос определенной величины своих прямых и косвенных эксплуатационных затрат ( $ZM$ ) на продукцию (работу, услуги). Результат такого переноса определяется удельной величиной  $ZW = ZM/W$ , имеющей размерность [руб./ед. наработки]. В силу закона согласования размерностей издержки  $ZM$  в данном выражении должны иметь размерность [руб./ч]. Только при этом условии размерность выходного экономического показателя примет указанный вид.

Показатель  $ZW$  является основополагающим во всех действующих в нашей стране нормативно-правовых документах по оценке экономической эффективности сельскохозяйственных машин и технологий. Однако для машин, находящихся вне состава сельскохозяйственного агрегата, этот показатель уже не может выступать в роли их **«первичного экономического свойства»**, так как ни одна из этих машин сама по себе не может выполнять полезную работу. С формальных позиций математики это означает, что в формуле  $ZW = ZM/W$  отсутствует величина  $W$ , а без нее невозможно определить указанный экономический показатель. Для некоторых машин (плуг, сеялка и т.п.) можно было бы эту трудность обойти, используя в расчетах  $ZW$  величину их паспортной производительности. Однако для трактора эта ситуация является абсолютно неразрешимой, так как он может работать в агрегате с десятками различных машин и иметь при этом производительности, отличающиеся между собой почти на порядок. К примеру, эксплуатационная производительность на пахоте составляет 1 га/ч, а при работе с опрыскивателем она может превысить 10 га/ч.

В условиях плановой экономики естественным выходом из рассмотренной ситуации явилось введение в практику универсальных единиц учета наработки (условный эталонный гектар мягкой пахоты, расход энергии и т.п.). В условиях рыночной экономики такие единицы учета не применяют. Вместо них используют показатели наработки, имеющие размерность [рабочий час], так как только в этот момент реально происходит процесс переноса машиной определенной величины стоимости на продукцию (работу, услуги). Примером тому могут служить стандарты ASAE американского Общества Агротехников [254], которые получили всемирное признание, в том числе и в странах ЕС [223].

Таким образом, в качестве первичного экономического свойства машины в зарубежных методиках экономической оценки сельскохозяйственных машин выступают показатели затрат с размерностью [руб/ч], которая полностью совпадает с размерностью выделенного нами числителя ZM. Принимая этот числитель в качестве первичного экономического свойства сельскохозяйственной машины, мы обеспечиваем сближение отечественной и зарубежной методик экономической оценки и расширяем сферу применения предлагаемой методики. В подтверждение правомерности закрепления за числителем статуса первичного экономического свойства заметим, что любая сельскохозяйственная машина включается в рыночные операции купли-продажи, а также в непосредственный производственный процесс с уже определенной для нее величиной экономического свойства, а не приобретает его в ходе реализации указанных процессов. Примером тому может служить полезная работа машины, т. е. ее технические услуги, которые могут выступать в качестве рыночного товара (услуги МТС). В свою очередь, товар, который выносится на рынок, всегда обладает определенной стоимостью до его продажи, так как на рынке товаров без их стоимости нет.

Все сельскохозяйственные машины по характеру выполняемых ими функций разделяют на два класса: рабочие машины и энергетические средства подвижного и стационарного типа. Рабочие машины состоят из двух типов: однооперационных и комбинированных, выполняющих за один проход несколько технологических операций. Комплексным показателем, отражающим экономическое свойство сельскохозяйственной машины, являются ее **часовые эксплуатационные затраты (ЧЭЗ)**.

Для всех типов машин обобщенная математическая модель ЧЭЗ имеет следующий вид:

$$ZM = \sum_{i=1}^n Z_i = (C/T_o) \cdot \sum_{i=1}^v K_i + \sum_{r=v+1}^n Z_r, \quad (8.63)$$

где  $Z_i$  — элемент общей структуры ЧЭЗ машины, отражающий абсолютную величину затрат по  $i$ -й статье, руб/ч;

$C$  — заводская цена машины, руб.;

$K_o = \sum_{i=1}^v K_i$  — общий коэффициент учета всех видов затрат, зависящих от

уровня заводской цены машины, в том числе и включенных в ее балансовую стоимость ( $K_i \geq 0$ );

$T_o = n_o \cdot T_r = AP_v$  — амортизационный ресурс машины, т. е. исходная емкость ее актива, ч;

$n_o$  — нормативный законодательно установленный срок амортизации, годы;

$T_r$  — средняя годовая наработка, ч;

$Z_r$  — часовые расходы по  $r$ -й статье затрат, которые не зависят от заводской цены машины, руб/ч.

Основное место в затратной группе  $Z_r$  занимают расходы на горюче-смазочные материалы (ГСМ), заработную плату и издержки от потерь количества и качества продукции. С учетом этого выражение (8.1) приводится к более простому для практического применения виду:

$$ZM = (Ц/T_o) \cdot \sum_{i=1}^v K_i + S_q + S_m + S_{un}, \quad (8.64)$$

где  $S_q$  — стоимость часового расхода ГСМ энергетическим средством при его реальной загрузке, руб/ч;

$S_m$  — средняя величина часовой заработной платы одного сельскохозяйственного работника с включением в нее всех видов начислений и налоговых платежей, руб/ч;

$S_{un}$  — издержки, которые возникают по вине технического средства, от прямых потерь продукции и снижения ее качества, приведенные к 1 ч работы данного средства, руб/ч.

Показатель ЧЭЗ обладает четырьмя важными свойствами: универсальностью (величина ЧЭЗ зависит только от индивидуальных технико-экономических характеристик самой машины); постоянством (при неизменных ценах на машину, обрабатываемые и расходные материалы, на топливо и рабочую силу численное значение критерия в течение всего срока службы данной машины остается постоянным); аддитивностью (ЧЭЗ мобильного агрегата представляет собой сумму ЧЭЗ, входящих в него машин) и адаптируемостью (путем изменения числа учитываемых в своей структуре элементов затрат ( $n$ ) и их вкладов ( $K_i$ ) находят общий знаменатель с методиками экономической оценки любой страны).

Рассмотрим алгоритмы определения составных элементов ЧЭЗ.

Перечень затратных статей, определяющих структуру ЧЭЗ машины, соответствует перечню эксплуатационных затрат Методики МСХП РФ [236].

**1. Часовые амортизационные отчисления ( $Z_r$ ;  $K_i = 1,0$ ).** По закону оборачиваемости основных средств производства вся стоимость машины должна быть перенесена на продукцию (работу, услуги) за время одного цикла. Все элементы затрат, привязанные к заводской цене машины, определяют по ЦЗ-алгоритму

$$\begin{aligned}
 Z_i &= C_0 \cdot K_i / T_0, \\
 \text{Для } i &= 1 \text{ имеем} \\
 Z_1 &= C_0 \cdot K_1 / T_0 = C_0 / T_0.
 \end{aligned}
 \tag{8.65}$$

**2. Часовые затраты на ремонт и техническое обслуживание ( $Z_2; K_2$ ).** В соответствии со ст. 260 Налогового кодекса РФ расходы на ремонт и техническое обслуживание машины признаются в себестоимости продукции (работы, услуг) в размере фактических затрат [136]. Величина их колеблется в широких пределах. Поэтому в отечественной [64, 236, 237] и зарубежной [254] экономической практике эти затраты в модельных расчетах учитывают в размере среднестатистических данных, полученных в процессе массовых наблюдений. При этом уровень этих затрат жестко привязывают посредством коэффициента  $K_2$  к величине стоимости машины:

$$Z_2 = C_0 \cdot K_2 / T_0 = (C_0 \cdot P_0) / (T_0 \cdot 100), \tag{8.66}$$

где  $P_0$  — нормированная величина суммарных затрат на ремонт и техническое обслуживание машины за полный период ее амортизации, выраженная в процентах относительно стоимости.

В табл. 8.123 приведены значения регламентированных величин  $T_0$  и  $P_0$  для основных типов сельскохозяйственных машин для растениеводства, рекомендованные американскими стандартами ASAE к практическому применению [254]. Аналогичная информация для отечественной техники, составленная по действующим в стране нормативным документам, приведена в табл. 8.124.

**3. Вмененные издержки ( $Z_3; K_3$ ).** По существу, это издержки, связанные или с упущенной выгодой по связанному собственному капиталу или с уплатой процентов на заемный капитал. И в том, и другом случае данные издержки в зарубежной экономической практике в форме «вмененных издержек» учитываются в себестоимости продукции (работы, услуг) [254, 223].

В отечественной бухгалтерской практике в себестоимости учитывают только уплату процентов на заемный капитал. В ОСТ 10.2.18-2001 статья **вмененных издержек** как таковая отсутствует [64].

$$Z_3 = (C / T_0) \cdot K_3 = (C / T_0) \cdot (\beta\% / 100) \cdot (t + 1) / 2, \tag{8.67}$$

где  $K_3 = (\beta\% / 100) \cdot (t + 1) / 2$  — коэффициент учета вмененных издержек;  
 $\beta\%$  — годовой процент на банковский вклад, %;  
 $t$  — период долгосрочного банковского кредита, год.

Формула определения  $K_3$  выведена для случая равномерного по годам погашения банковского кредита. При  $\beta = 10\%$  и  $t = 5$  годам  $K_3 = 0,3$ . В России банки предоставляют долгосрочные кредиты по ставкам  $\beta > 10\%$ . Поэтому значение  $K_3$  по величине соизмеримо с  $K_1$  и  $K_2$ . Исключение вмененных издержек из структуры ЧЭЗ приводит к существенным искажениям себестоимости продукции (работы, услуг).

В зарубежных методиках экономической оценки сельхозмашин вмененные издержки определяют способом расчета аннуитета [254,223]. По сравнению с [237] этот способ дает завышенную оценку.

### 8.123. Регламентированные величины $T_0$ и $P_0$ для зарубежной сельскохозяйственной техники (стандарт ASAE, США)

Наименование машин и оборудования	мортизационный ресурс $T_0$ , ч	Затраты на ремонт и техобслуживание	
		на 100 ч работы, %	за срок службы ( $P_0$ ), %
1	2	3	4
<b>Тракторы:</b>			
два ведущих колеса	12000	0,83	100
четыре ведущих колеса	16000	0,5	80
<b>Машины для обработки почвы:</b>			
отвальные плуги	2000	5,0	100
луцильники	2000	3,0	60
культиваторы-глубококорыхлители	2000	3,75	75
культиваторы для сплошной обработки	2000	3,5	70
пружинные бороны	2000	3,5	70
дисковые бороны	2000	2,0	40
ротационные мотыги	2000	3,0	60
пропашные культиваторы	2000	4,0	80
роторные фрезы	1500	5,33	80
<b>Посевные машины:</b>			
сеялки для пропашных культур	1500	5,0	75
сеялки для зерновых культур	1500	5,0	75
<b>Уборочные машины:</b>			
комбайны зерноуборочные прицепные	2000	3,0	60
комбайны зерноуборочные самоходные	3000	1,33	40
силосоуборочные комбайны (прицепные и навесные)	2500	2,6	65
силосоуборочные комбайны (самоходные)	4000	1,25	40
свеклоуборочные комбайны	1500	6,67	70
картофелеуборочные машины	2500	2,8	70
хлопкоуборочные машины	3000	2,67	80
<b>Сеноуборочные машины:</b>			
косилки обычные	2000	7,5	150



Продолжение табл. 8.123

1	2	3	4
косилки ротационные	2000	8,75	175
косилки-плющилки	2500	3,2	80
косилки-плющилки ротационные	2500	4,0	100
косилки (жатки) самоходные	3000	1,83	55
грабли боковые	2500	2,4	60
пресс-подборщики (прямоугольные тюки)	2000	4,0	80
пресс-подборщики (прямоугольные крупногабаритные тюки)	3000	2,5	75
пресс-подборщики рулонные	1500	6,0	90
Прочие машины:			
разбрасыватели минеральных удобрений	1200	6,67	80
опрыскиватели штанговые	1500	4,67	70
опрыскиватели садовые	2000	30,0	60
жатки бобовые (валковые)	2000	3,0	60
ботвоуборочные машины	1200	2,92	35
погрузчики силоса	1500	3,0	45
прицепы тракторные для кормов	2000	2,5	50
прицепы тракторные для зерна	3000	2,67	80

### 8.124. Расчетные величины $T_0$ и $P_0$ для сельскохозяйственной техники России

Наименование машин и оборудования	Срок службы $N_0$ , годы**	Годовая зональная загрузка ( $T_0$ ), ч*	Общий амортизационный ресурс $T_0$ , ч	Затраты на ремонт и техническое обслуживание ( $P_0$ ), %*
1	2	3	4	5
Тракторы:				
два ведущих колеса	10	800	8000	108
четыре ведущих колеса	10	800	8000	100
гусеничные	10	600	6000	120
Машины для обработки почвы:				
отвалы плуги	7	230	1610	117
луцильники	7	130	910	56

Продолжение табл. 8.124

1	2	3	4	5
культиваторы- глубокорыхлители	7	220	1540	128
культиваторы для сплош- ной обработки почвы	7	285	1995	100
пружинные бороны	7	165	1155	48
дисковые бороны	7	190	1330	56
ротационные мотыги	7	135	945	64
пропашные культиваторы	7	225	1575	100
роторные фрезы	7	150	1050	96
Посевные машины:				
сеялки для пропашных культур	7	130	910	54
сеялки для зерновых куль- тур	7	150	1050	63
Уборочные машины:				
комбайны зерноуборочные прицепные	7	140	980	120
комбайны зерноуборочные самоходные	10	250	2500	68
силосоуборочные комбай- ны (прицепные и навесные)	7	240	1680	72
силосоуборочные комбай- ны (самоходные)	10	196	1960	84
свеклоуборочные комбай- ны	10	126	1260	108
картофелеуборочные ма- шины	10	144	1440	96
хлопкоуборочные машины	10	160	1600	80
Сеноуборочные машины:				
косилки обычные	7	170	1190	56
косилки ротационные	7	100	700	48
косилки-плющилки	7	125	875	50
косилки-плющилки рота- ционные	7	130	910	48
косилки (жатки) самоход- ные	7	225	1575	72
грабли боковые	7	165	1155	49

Продолжение табл. 8.124

1	2	3	4	5
пресс-подборщики (прямоугольные тюки)	7	190	1330	48
пресс-подборщики (прямоугольные крупногабаритные тюки)	7	190	1330	48
пресс-подборщики рулонные	7	190	1330	48
Прочие машины:				
разбрасыватели минеральных удобрений	7	100	700	72
опрыскиватели штанговые	7	170	1190	66
опрыскиватели садовые	7	170	1190	66
жатки бобовые (валковые)	7	165	1155	72
ботвоуборочные машины	7	160	1120	70
погрузчики силоса	7	150	1050	40
прицепы тракторные для кормов	7	285	1995	56
прицепы тракторные для зерна	7	400	2800	56

\* Составлено по материалам [236, 237, 136].

\*\* Величина  $N_0$  принята равной верхней границе для данной группы основных средств, определенных Налоговым кодексом РФ [136].

**4. Торгово-закупочные расходы ( $Z_4$ ;  $K_4$ ).** Определяют по ЦЗ-алгоритму. В реальных расчетах  $K_4$  принимают по фактическим данным, а при модельных принимают равным от 0,05 до 0,1 ( $K_4 = 0,05-0,1$ ).

**5. Затраты на доставку, досборку, регулировку ( $Z_5$ ;  $K_5$ ).** Определяют по ЦЗ-алгоритму. При модельных расчетах коэффициент  $K_5$  выбирают из условия  $K_5 \leq 0,01$ .

**6. Затраты на строительные-монтажные и пусконаладочные работы ( $Z_6$ ;  $K_6$ ).** Определяют по ЦЗ-алгоритму. Этот вид затрат характерен в основном для стационарных объектов: сушилок, очистительных и сортировальных машин и т.д. При расчетах принимают средние значения, которые складываются на практике для того или иного вида техники. Для машин, входящих в состав мобильных сельскохозяйственных агрегатов,  $K_6 = 0$ .

**7. Налог на имущество ( $Z_7$ ;  $K_7$ ).** Определяют по ЦЗ-алгоритму. Коэффициент  $K_7$  рассчитывают по формуле, которая применена для вычисления коэффициента  $K_3$ . При этом значение  $\beta\% = 2,0$  (ставка налога на имущество),  $t = n$ . При  $n = 10$  годам  $K_7 = 0,11$ .

Другие прямые расходы, зависящие от стоимости машины определяют аналогичным образом по ЦЗ-алгоритму. По статистическим данным, суммарная величина коэффициентов, начиная с четвертого и далее, колеблется в основном в диапазоне 0,15-0,2. Поэтому для экспрессных методов расчета можно использовать упрощенную формулу определения коэффициента  $K_0$ :  $K_0 = K_1 + K_2 + K_3 + 0,2$ .

**8. Затраты на топливо и смазочные материалы ( $S_q$ ).** Их величина полностью определяется конструктивными особенностями энергетического средства, его мощностью и степенью эксплуатационной нагрузки двигателя:

$$S_q = Ц_T \cdot (q_n \cdot N \cdot k_{э} \cdot 1000) \cdot k_c, \quad (8.68)$$

где  $Ц_T$  — цена топлива, руб/кг;

$q_n$  — удельный номинальный расход топлива, г/ч.л.с.;

$N$  — мощность двигателя, л.с.;

$k_{э}$  — коэффициент эксплуатационного расхода топлива (оценивают экспериментально; для модельных расчетов принимают  $k_{э} = 0,85$ );

$k_c$  — коэффициент учета стоимости смазочных материалов (отечественной техники и стран СНГ — 1,1; зарубежной — 1,25).

**9. Расходы на оплату труда ( $S_m$ ).** Рассчитывают по формуле

$$S_m = S_{cp} \cdot r = m \cdot S_1 \cdot r, \quad (8.69)$$

где  $S_{cp}$  — средняя заработная плата одного сельскохозяйственного работника с учетом всех видов начислений и налоговых выплат, руб/чел.-ч;

$r$  — потребное число работников для обслуживания машины;

$S_1$  — тарифная ставка первого разряда работника бюджетной организации, руб.;

$m$  — коэффициент приведения  $S_{cp}$  к уровню  $S_1$ .

В общем случае данный алгоритм предусматривает двухэтапную процедуру определения часовых затрат на оплату труда. На первом этапе величину  $S_m$  определяют любым методом, который доступен на момент расчетов. Далее находят величину коэффициента  $m$  (ее приведения к величине  $S_1$ ). Последующие любые изменения экономической ситуации в стране будут законодательно отражаться на изменении  $S_1$ , а вместе с ней и на  $S_{cp}$ . Таким образом, в предложенном алгоритме с помощью коэффициента  $m$  заработная плата функционально связана с изменяющейся в стране экономической ситуацией. В условиях рыночной экономики выбор величины  $m$  определяется конкретными финансово-экономическими условиями предприятия. Для модельных расчетов  $m = 0,15$ .

Достоинством алгоритма [237] является то, что используемая в нем величина  $S_{cp}$  функционально связана с показателем трудоемкости выполнения машиной сельскохозяйственной работы соотношением

$$\Phi_{zn} = S_{cp} \cdot \lambda, \quad (8.70)$$

где  $\Phi_{zn}$  — фонд заработной платы, руб.;

$\lambda$  — трудоемкость, чел.-ч.

**10. Издержки от потерь продукции, ее засоренности и качества ( $S_{un}$ ).** Эта составляющая имеет место для комбайнов и машин для первичной и вторичной обработки урожая. Определяют по алгоритмам, регламентированным ОСТ 10.2.18-2001 (64), при величине оптимальной урожайности.

**Сельскохозяйственный агрегат** — техническое устройство, состоящее из энергетического средства и набора рабочих сельскохозяйственных машин, которые совместно способны выполнять полезную работу.

Основным показателем, характеризующим экономические свойства сельскохозяйственного агрегата, являются часовые эксплуатационные затраты ( $ZA$ ), которые определяются выражением

$$ZA = ZM_1 + ZM_2 + \dots + ZM_j + \dots + ZM_L = \sum_{j=1}^L ZM_j \quad (8.71)$$

В современных условиях реальные сельскохозяйственные агрегаты могут комплектоваться машинами как отечественного, так и зарубежного производства. Условия получения высокоэффективных сельскохозяйственных агрегатов требуют минимизации величины  $ZA$ , что достигается при  $ZM_j \rightarrow \min$ .

**Механизированный процесс** — полезно выполняемая работа, которую осуществляет сельскохозяйственный агрегат. Главным экономическим показателем является себестоимость механизированного процесса ( $SS_{un}$ ). В терминах действующих отечественных методик экономической оценки это удельные эксплуатационные затраты сельскохозяйственного агрегата ( $ZW$ ) [69, 236, 237], которые определяются выражением

$$SS_{un} = ZW = ZA/W = \sum_{i=1}^m ZW_i \quad (8.72)$$

где  $W = 0,1 \cdot B \cdot V \cdot k_s$  — эксплуатационная производительность агрегата, ед. наработки/ч;

$B$  — ширина захвата агрегата, м;

$V$  — рабочая скорость агрегата, км/ч;

$k_s$  — коэффициент использования эксплуатационного времени.

Необходимым и достаточным условием комплектации высокоэкономичных сельскохозяйственных агрегатов является минимизация удельных эксплуатационных затрат каждой из машин, входящих в его состав:  $ZM_j/W \rightarrow \min$ . Достичь этого можно тремя способами: 1) за счет минимизации ЧЭЗ комплектующих машин:  $ZM_j \rightarrow \min$ ,  $W = \text{const}$ ; 2) за счет выбора оптимальных режимов эксплуатации сельскохозяйственного агрегата, обеспечивающих максимальную величину его эксплуатационной производительности:  $W \rightarrow \max$ ;  $ZA = \text{const}$ ; 3) за счет совместного воздействия в требуемом направлении двух первых факторов:  $ZM_j \rightarrow \min$  и  $W \rightarrow \max$ .

**Технологическая операция** — взаимосвязанный комплекс работ, включающий один или несколько механизированных процессов и необходимый набор производственно-технологических материалов.

Главный экономический показатель — себестоимость технологической операции ( $SS_{To}$ ):

$$SS_{To} = \sum_{j=1}^G SS_{mj} + S_m \quad (8.73)$$

где  $S_m$  — суммарная стоимость технологических материалов, потребных для реализации заданной технологической операции, руб/га.

**Машинная технология** — комплекс технологических операций, обеспечивающий производство (хранение, переработку) сельскохозяйственной продукции. Formой существования технологии как объекта и рыночного товара является ее информационное описание, центральным ядром которого выступает технологическая карта.

Главный экономический показатель — себестоимость механизированной технологии ( $SS_{MТ}$ ):

$$SS_{MТ} = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n SS_{To_{ij}} \quad (8.74)$$

где  $SS_{To_{ij}}$  — затратная технологическая матрица, строками которой являются расходы на выполнение заданных технологических операций ( $I = 1, 2, \dots, n$ ), а столбцами — соответствующие элементы принятой для технологических операций структуры затрат ( $j = 1, 2, \dots, m$ ). Размерность элементов матрицы: руб/ед. наработки.

Рассмотрим табличный алгоритм определения технико-экономических показателей механизированных технологий.

Технологическая карта аккумулирует в себе агрономическую, техническую и экономическую сущность механизированной технологии растениеводства. Совместить в рамках одной простой технологической карты всю полноту исходных и расчетных данных по каждой из указанных компонент очень сложно. Поэтому для практики, которая широко использует возможности современной вычислительной техники, естественным является переход на применение *интегрированных технологических карт* (ИТК). ИТК состоит из определенного набора связанных между собой дифференцированных технологических карт. Для целей испытаний и хозяйственной практики достаточным является набор, который содержит пять карт: карта производственных операций (форма ИТК-1); карта технической реализации (форма ИТК-2); состав технических средств (форма ИТК-3); карта прямых удельных технических затрат (форма ИТК-4); себестоимость технологии (форма ИТК-5) [169].

Структуру ИТК и табличный алгоритм определения основных технико-экономических показателей механизированных технологий рассмотрим на примере технологии производства яровой пшеницы, разработанной Самарским НИИСХ. Реализуется она на производственном модуле площадью 1000 га. Предшественник — озимые. По уровню интенсивности технология отне-

сена к классу нормальных технологий (класс **В**). Испытана в 1999-2001 гг. на Поволжской МИС.

**Карта производственных операций** (форма ИТК-1) представляет собой реализационную модель технологии, содержащую определенный набор технологических операций и условий для их выполнения (табл. 8.125). Во многом приведенная форма описания технологии совпадает с формой существующего Федерального регистра. Отличие лишь в том, что в описание технологии введены дополнительные графы 2, 4 и 5, которые уточняют принадлежность производственных операций соответственно к технологическим модулям, периодам и длительности их выполнения. Последний показатель (графа 5) особенно важен, так как он участвует в алгоритме определения потребности технологии в машинных агрегатах (см. табл. 8.125).

### 8.125. Интегрированная технологическая карта. Форма ИТК-1.

#### Карта производственных операций

№ п/п		Код	Наименование операций	Год	Рабочие дни	Исходные требования	Тип техники
1	2	3	4	5	6	7	
Планируемая урожайность 20 ц/га. Интенсивность технологии нормальная (В). Код Р63.007.871.							
1	111*	Лушение стерни	К	5	На глубину 6-8 см в 1-2 следа после зерновых и зернобобовых	Луцильники дисковые	
2	112	Дискование почвы	К	5	После многолетних трав на глубину 8-10 см в 2 следа	Тяжелые дисковые бороны	
3	030	Внесение минеральных удобрений	К	5	Под основную обработку фосфорно-калийные – 100 кг/га д.в.	Разбрасыватели минеральных удобрений	
4	114	Рыхление на глубину 12-14 см	К	15	Через 8-10 дней после лушения	Почвообрабатывающее орудие	
5	313	Протравливание семян	Л	5	Химические препараты: байтан – 2 кг/т	Спец. оборудование	
6	411	Погрузка семян		5	Из расчета 180-220 кг/га	Погрузчики	
7	412	Перевозка семян	Л	5	Средний радиус перевозки 5 км	Автомобили	
8	413	Загрузка сеялок семенами	Л	5	4,5-5 млн всхожих семян на 1 га	Загрузчики сеялок	
9	036	Доставка минеральных удобрений в поле	Л	5	Азотные удобрения – 70 кг/га д.в.	Погрузчики	
10	429	Посев комбинированными агрегатами с минеральными удобрениями	Л	5	Стартовая доза азотных удобрений	Комбинированные агрегаты	

Продолжение табл. 8.125

1	2	3	4	5	6	7
11	516	Защита от сорняков	L	3	В фазу кушения, смесь 2,4Д (40%) с лонтрелом (30%) в дозе 1,5+0,3 (300 л) кг/га	Опрыскиватели
...						
17	621	Прямая уборка с копнителем соломы	L	10	Чистый хлебостой, неустойчивая погода	Комбайны зерноуборочные
...						
23	900	Подготовка к реализации	L		По заявке потребителя	

\* Цифра в разряде сотен указывает на номер технологического модуля, а два последних разряда отражают номер технологической операции внутри этого модуля.

**Карта технической реализации** (форма ИТК-2) определяет конкретный вид мобильных сельскохозяйственных агрегатов и другой техники, а также потребное ее количество для успешной реализации технологии в целом на площади заданного производственного модуля (табл. 8.126). При этом рассчитанные значения количества потребных агрегатов округляют до целых чисел. Неокругленные данные используют для пересчета потребности в технике для реализации технологии на любой площади. Алгоритмы определения расчетных данных для всех таблиц приведены в их нижней части.

### 8.126. Интегрированная технологическая карта. Форма ИТК-2. Карта технической реализации

№ п/п	Код операции	Технологическая операция. Состав агрегата	Wэк, га/ч, т/ч	Расход топлива, кг/га	Продолжительность рабочего дня, ч	Плановый ресурс времени, ч	Потребное число агрегатов на 1000 га	Рабочий ресурс времени, ч
1	2	3	4	5	6	7*	8*	9*
1	111	Лушение. МТЗ-1221+ЛДГ-10Б	6,3	4,5	10	50	3	53
2	030	Внесение минеральных удобрений. МТЗ-1221+МВУ-5	11,3	1,3	10	50	2	44
3	114	Рыхление. МТЗ-1221+ОПО-4,25	2,4	11,7	14	210	2	208
4	429	Посев. МТЗ-1221+АУП-18.05	3,0	9,3	14	70	5	67
		Защита:						
5	516	от сорняков МТЗ-1221+ОП-2000	8,4	1,8	8	48	3	40



Продолжение табл. 8. 126

1	2	3	4	5	6	7*	8*	9*
6	517	от болезней МТЗ-1221+ОП-2000	8,4	1,8	8	48	3	40
7	518	от вредителей МТЗ-1221+ОП-2000	8,4	1,8	8	48	3	40
8	621	Прямая уборка «Доп-1500Б»	2,5	13,2	14	140	3	133
9	633	Уборка соломы. МТЗ-1221+ТПФ-45	3,3	4,5	12	140	3	101

\* Расчетные графы. Графа 7 = графа 6 x графу 5 (ИТК-1); графа 8 = 1000 / (графа 4 x графу 7); округлить данные графы 8 до целых чисел; графа 9 = 1000 / (графа 4 x округленное значение графы 8); округлить данные графы 9 до целой величины.

Отбор техники, оптимизирующей минимальную величину себестоимости технологии, производят по минимуму ЧЭЗ. В производственных условиях в форму ИТК-2 включают те агрегаты, которые имеются в хозяйстве. В карте технической реализации представлены лишь основные агрегаты. Вклад вспомогательных учитывают суммарно в статье прочих прямых расходов. Данные по эксплуатационной производительности агрегатов (графа 4) и удельному расходу топлива (графа 5) получают в процессе испытаний или рассчитывают по рекомендованным формулам.

**Состав технических средств (ИТК-3)** формируют на основании данных формы ИТК-2 (табл. 8.127). В рассматриваемой технологии лимитирующей операцией является посев. Для ее выполнения в заданные агротехнические сроки необходимо иметь пять посевных агрегатов с тракторами МТЗ-1221. Так как все последующие операции не перекрываются друг с другом, то, следовательно, этого количества энергетики достаточно для выполнения и других технологических операций. При этом общая загрузка пяти тракторов при реализации данной технологии составит 1461 ч, или в среднем примерно 292 ч на один трактор.

С точки зрения оптимальной годовой загрузки объем работы в 1461 ч по силам выполнить одному трактору. Однако жесткие агротехнические сроки выполнения отдельных технологических операций такую возможность исключают. Подобная ситуация имеет место и по целому ряду других машин. Так, урожай на площади в 1000 га мог бы убрать один комбайн. Однако сделать это в установленные агротехнические сроки он физически не может. Такая работа по силам только трем комбайнам. Из этих фактов следует важный вывод: в рамках одной технологии реализовать режим интенсивной эксплуатации сельскохозяйственной техники без нарушения заданных агротехнических сроков не представляется возможным.

Цена (графа 5) на технику со временем меняется и поэтому ее экономические показатели необходимо корректировать (задача экономического мониторинга).

### 8.127. Интегрированная технологическая карта. Форма ИТК-3. Состав технических средств

№ п/п	Марка машины	Число технических средств	Единиц-ная за-груз-ка, ч	Цена без НДС, тыс. руб	Амор-тиза-ционный ресурс, ч	Затраты на ТО и ремонт за срок службы, %	Ко	ЧЭЗ, руб/ч
1	Трактор МТЗ-1221	5	292	950000	10000	100	2,1	199*
2	Зерноуборочный ком-байн «Дон-1500Б»	3	133	1650000	2500	70	1,8	1188*
3	Разбрасыватели мине-ральных удобрений МВУ-5	2	44	105000	1000	100	2,1	221
4	Луцильник ЛДГ-10Б	2	53	75000	1800	80	1,9	79
5	Орудие ОПО – 4,25	2	208	85000	1800	80	1,9	90
6	Комбинированная сеялка АУП-18.05	5	67	130000	1300	80	1,9	190
7	Опрыскиватели ОПШ-2000	3	120	210000	1200	70	1,8	315
8	Подборщик соломы ТПФ-45	3	101	95000	1800	100	2,1	111

Алгоритм. Графа 9 = графа 5 x графа 8 / графа 6.

\* Без ТСМ и заработной платы.

**Карта прямых удельных технических затрат (форма ИТК-4) (табл. 8.128).** Первые пять граф этой карты повторяют аналогичные графы формы ИТК-3. Этим достигается высокая степень информативности таблицы и наглядности результатов ее экономических расчетов. Последние выполнены при цене на топливо 5,5 руб/кг и уровне средней часовой заработной платы равной 45 руб/ч. Форму ИТК-4 часто используют для решения задач определения и контроля уровня цен на технические услуги машинно-технологических станций. Достоинством формы ИТК-4 является введение процедуры структуризации технических затрат (см. графу и строку «вес»), которая дает потребителю возможность выбора эффективных путей оптимизации технологии в целом.

### 8.128. Интегрированная технологическая карта. Форма ИТК-4. Карта прямых удельных технических затрат

№ п/п	Код	Технологическая опера-ция. Состав агрегата	Wэк, га/ч, т/ч	Расход ТСМ, кг/га	ТСМ, руб/га	ЗП, руб/га	Тр-р, руб/га	СХМ, руб/га	Всего, руб/га	Вес, %
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	111	Лущение стерни МТЗ-1221+ЛДГ-10Б	6,3	4,5	24,8	7,1	31,7	12,5	76,1	4,8
2	030	Внесение минеральных удобрений МТЗ-1221+МВУ-5	11,3	1,3	7,2	4	17,7	19,6	48,5	3,0
3	114	Рыхление на глубину 12-14 см МТЗ-1221+ОПО-4,25	2,4	11,7	64,4	18,8	83,3	37,5	204	12,8

Продолжение табл. 8.128

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
4	429	Посев с минеральными удобрениями МТЗ-1221+АУП-18.05	3,0	9,3	51,2	15	66,7	63,3	196,2	12,3
		Защита:								
5	516	от сорняков МТЗ-1221+ОП-2000	8,4	1,8	9,9	5,4	23,8	37,5	76,6	4,8
6	517	болезней МТЗ-1221+ОП-2000	8,4	1,8	9,9	5,4	23,8	36,9	76,6	4,8
7	518	вредителей МТЗ-1221+ОП-2000	8,4	1,8	9,9	5,4	23,8	37,5	76,6	4,8
8	621	Прямая уборка с копнителем соломы «Дон-1500Б»	2,5	13,2	72,6	18	475,2	0	565,8	35,4
9	633	Уборка соломы МТЗ-1221+ТПФ-45	3,3	4,5	24,8	13,6	60,6	33,6	132,6	8,3
10		Прочие прямые расходы 10%		4,9	27,5	9,3	80,7	27,8	145,3	9,1
Итого				54,8	302,2	102	887,3	306,8	1598,3	100
Вес, %					18,9	6,4	55,5	19,2	100	

Алгоритмы. Графа 6 = цена x графу 5; графа 7 = средняя часовая зарплата x число механизаторов/ графа 4; графа 8 = ЧЭЗ из ИТК-3/ графа 4; графа 9 = ЧЭЗ из ИТК-3/ графа 4; графа 10 = графа 6 + графа 7 + графа 8 + графа 9.

**Себестоимость технологии** (форма ИТК-5) (табл. 8.129). Систематизирует все статьи затрат, определяет структуру себестоимости и планируемый уровень рентабельности. В нашем варианте рентабельность технологии составляет 23%.

Работоспособность описанных методов оценки технико-экономических показателей сельскохозяйственных машин и технологий многократно проверена специалистами Поволжской МИС и Самарского НИИСХ на примерах испытания различных технологий производства продукции растениеводства (яровая и озимая пшеницы, подсолнечник, картофель, соя, хмель и др.), а также при разработке бизнес-планов и решении задач выбора наиболее эффективной техники. Описанные алгоритмы легко реализуются в стандартной среде Microsoft Excel.

### 8.129. Интегрированная технологическая карта.

#### Форма ИТК-5. Себестоимость технологии

Показатели	Число	Цена, руб.	Сумма, руб.	Вес, %
1. Прямые удельные технические затраты			1598,3	32,8
В том числе:				
заработная плата, чел.-ч	2,27	45	102	2,1
амортизация и ремонт:				
тракторов			887,3	18,2
с.-х. машин			306,8	6,3
ГСМ, кг/га	54,8	5,5	302,2	6,2
семена, кг/га	200	5	1000	20,6
2. Минеральные удобрения, $N_{70}P_{60}K_{40}$			448,9	9,2

Продолжение табл. 8.129

Показатели	Кол-во	Цена, руб.	Сумма, руб.	Вес, %
В том числе, кг/га:				
селитра аммиачная	205	0,95	194,7	4
суперфосфат двойной	140	1,6	224	4,6
калий хлористый	67	0,45	30,1	0,6
3. Средства защиты растений, кг/га			1587	32,6
В том числе:				
байтан	0,4	600	240	4,9
аминная соль 2,4-Д	1,5	50	75	1,5
лонтрел	0,3	1740	522,00	10,7
БИ-58	1,5	210	315	6,5
тилт, л/га	0,5	870	435	8,9
Всего прямых затрат			4634,2	95,2
4. Накладные расходы и налоги, 5%			231,8	4,8
Себестоимость технологии			4866	100
Расчетная выручка при урожайности 20 ц/га и цене зерна 300 руб/ц	20	300	6000	
Коэффициент возврата средств, %			123	

### 8.16.3. Принципы проектирования технического оснащения адаптивно-ландшафтных систем земледелия

Техническое оснащение должно проектироваться как сложная динамическая система, способная формироваться, функционировать и развиваться адекватно многообразию региональных условий производства сельскохозяйственной продукции.

На текущем этапе технического оснащения обеспечивается оптимизация выбора и наилучшего использования существующих на данный момент механизированных технологий и технических средств применительно к условиям многочисленных товаропроизводителей. На этом же этапе определяется степень соответствия существующего технического оснащения требованиям сельхозпроизводства, обосновываются приоритетные направления совершенствования действующих механизированных технологий и создания перспективных комплексов технических средств.

На этапе обновления и совершенствования системы технического оснащения отрасли, используя результаты прогноза средне- и долгосрочных изменений условий сельскохозяйственного производства, а также анализа действующей системы механизации, разрабатываются и создаются новые перспективные механизированные технологии и технические средства.

Описанная этапность проектирования носит достаточно условный характер, поскольку в каждый момент «жизни» системы одновременно присутствуют и взаимно сосуществуют оба этапа. Данное обстоятельство должно учитываться при разработке общих принципов и последовательности проектирования оптимального технического оснащения сельхозтоваропроизводителей (рис. 8.10).

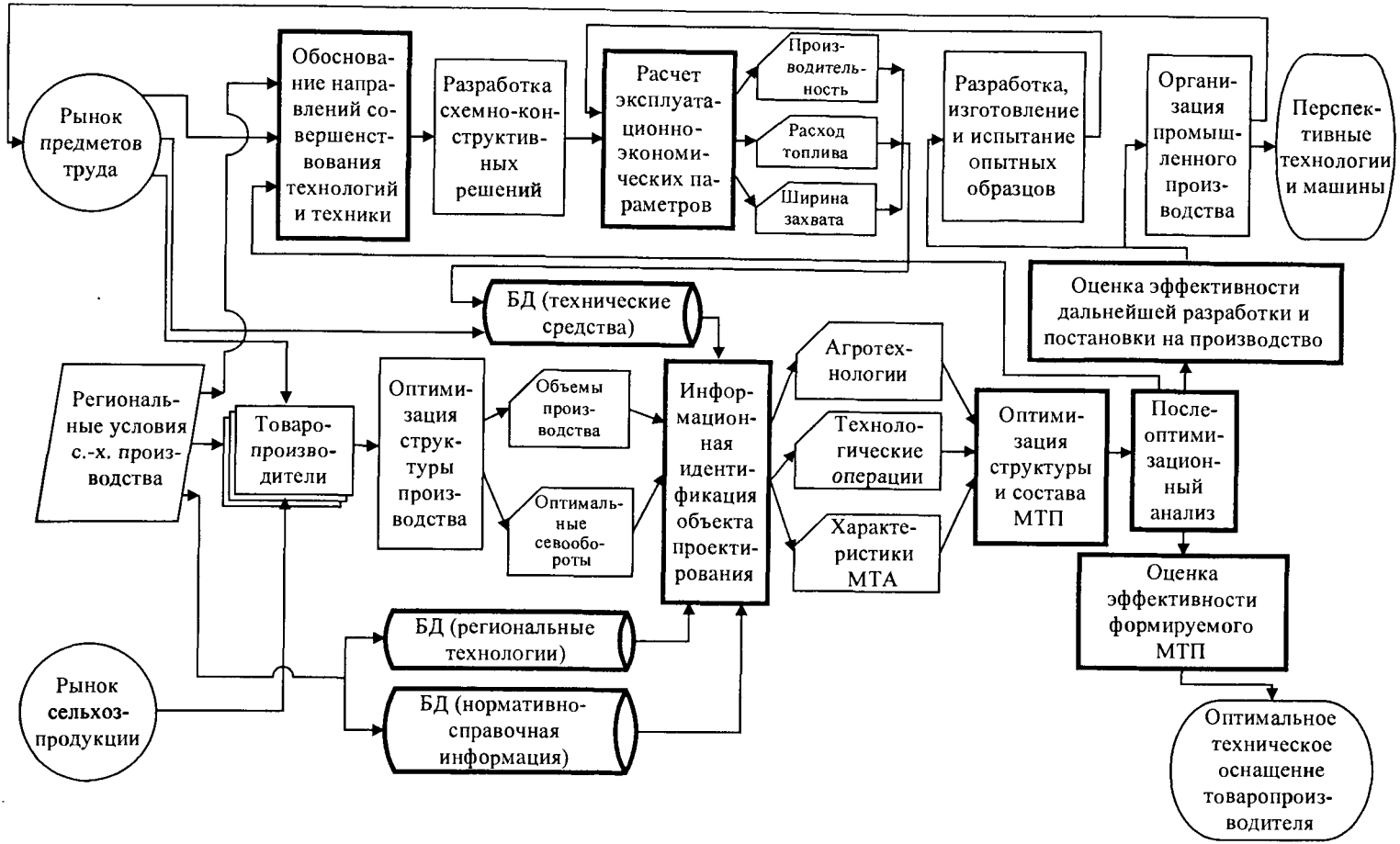


Рис. 8.10. Схема проектирования оптимального технического оснащения адаптивно-ландшафтных систем земледелия

Предметом проектирования выступают оптимальные составы машинно-тракторного парка многочисленных товаропроизводителей, а также региональные механизированные технологии и реализующие их комплексы технических средств.

Для оптимизации структуры и состава машинно-тракторного парка (МТП) сельхозпредприятий необходимо наличие целого комплекса исходной информации о применяемых в регионе агротехнологиях возделывания и уборки сельскохозяйственных культур, календарных параметрах выполнения механизированных работ, характеристиках многочисленных машинно-тракторных агрегатов и отдельных технических средств, системы специальной нормативно-справочной информации (НСИ). Для этого необходимо создание специальных банков данных (БД).

В результате информационной идентификации из многообразия хранящихся в базах данных информации формируются характеристики механизированных технологий, технологических операций и альтернативных машинно-тракторных агрегатов применительно к конкретным условиям объекта проектирования (сельхозпредприятия).

Ключевым элементом разрабатываемой системы проектирования технического оснащения растениеводства является оптимизация состава МТП сельхозтоваропроизводителей. При этом логика построения математической модели, критерий оптимизации и алгоритм машинной реализации должны обеспечивать выбор оптимального состава энерго- и сельхозмашин, их рациональную загрузку по периодам полевого сезона и видам выполняемых механизированных работ с минимальными для товаропроизводителя затратами трудовых, материальных и финансовых ресурсов.

Не менее трудоемким и значимым в сравнении с подготовкой исходных данных является процесс послеоптимизационного анализа результатов. В ходе послеоптимизационного анализа должны быть рассчитаны и сформированы такие важные характеристики оптимального парка машин, как номенклатурный и количественный состав техники, графики ее сезонной загрузки, содержание уточненных с учетом выбранных средств механизации технологических карт по всем возделываемым в хозяйстве сельскохозяйственным культурам, экономические показатели формирования и использования средств механизации и др.

Заключительным этапом проектирования оптимального технического оснащения конкретных товаропроизводителей является оценка эффективности полученного в результате оптимизации машинно-тракторного парка. В ходе оценки анализируется целесообразность приобретения техники в собственность либо коллективных форм ее использования, определяется размер потребных инвестиций для формирования, пополнения или обновления машинно-тракторного парка, оценивается их окупаемость в условиях наличия собственных или привлечения заемных денежных средств и т.д.

Результатом индивидуального проектирования оптимального технического оснащения сельхозтоваропроизводителей является подготовка научно

обоснованного бизнес-плана по формированию, обновлению и пополнению машинно-тракторного парка хозяйства.

Вместе с тем, результаты индивидуального проектирования оптимального технического оснащения сельхозпредприятий являются важным источником информации для анализа степени соответствия действующей системы механизации требованиям производства с учетом потребностей рынка, новых достижений в области селекции и семеноводства, агротехнологий и т.д.

В ходе такого анализа выявляются наиболее ресурсозатратные механизированные технологии и технические средства для их реализации, определяются наиболее перспективные направления первоочередного совершенствования технического оснащения отрасли. При обосновании таких направлений помимо требований производства учитываются реальные возможности на ближайшую перспективу науки и производства по разработке и созданию перспективных механизированных технологий и технических средств.

Выявленные направления совершенствования являются основанием для выполнения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по разработке и созданию перспективной техники.

На этапе НИР проводится предварительная разработка схемно-конструктивных решений создаваемых машин и, далее, рассчитываются теоретические значения их технико-эксплуатационных и экономических параметров (производительность, расход ГСМ, ширина захвата, предполагаемая цена реализации при постановке на производство и др.).

Создаваемая новая техника должна пройти предварительную теоретическую технико-экономическую оценку целесообразности продолжения начатых разработок. Для этого характеристики новых машин включаются в общий банк данных существующих средств механизации и выполняются расчеты по оптимизации состава МТП различных товаропроизводителей региона с участием в выполнении механизированных работ в качестве альтернатив машинно-тракторных агрегатов на базе разрабатываемой техники.

Сравнительный технико-экономический анализ оптимального МТП, формируемого на базе существующих и создаваемых средств механизации, позволяет оценить целесообразность продолжения новой разработки.

В случае положительных результатов предварительной технико-экономической оценки выполняется разработка, изготовление и испытание опытных образцов новой техники. В ходе лабораторных и производственных испытаний уточняются теоретические значения ее эксплуатационно-экономических характеристик, после чего выполняются работы по повторной оценке эффективности разработок.

Положительные результаты повторного технико-экономического анализа служат основанием для принятия решения о постановке новой техники на производство. Организация промышленного производства перспективных средств механизации пополняет или обновляет номенклатуру техники на рынке предметов труда.

При выборе технического оснащения адаптивно-ландшафтных систем земледелия для конкретных сельхозпредприятий необходимо выполнять все-

сторонний технико-экономический анализ существующих на рынке средств механизации. В качестве основных характеристик, указывающих на степень соответствия существующих технических средств требованиям производства, выступают агротехнологические, технико-эксплуатационные и экономические показатели (рис. 8.11).

Агротехнологические характеристики определяют степень соответствия оцениваемой машины или технологического комплекса требованиям агротехники и технологии возделывания полевых культур, определяемым биологическими особенностями растений и природно-климатическими условиями региона.

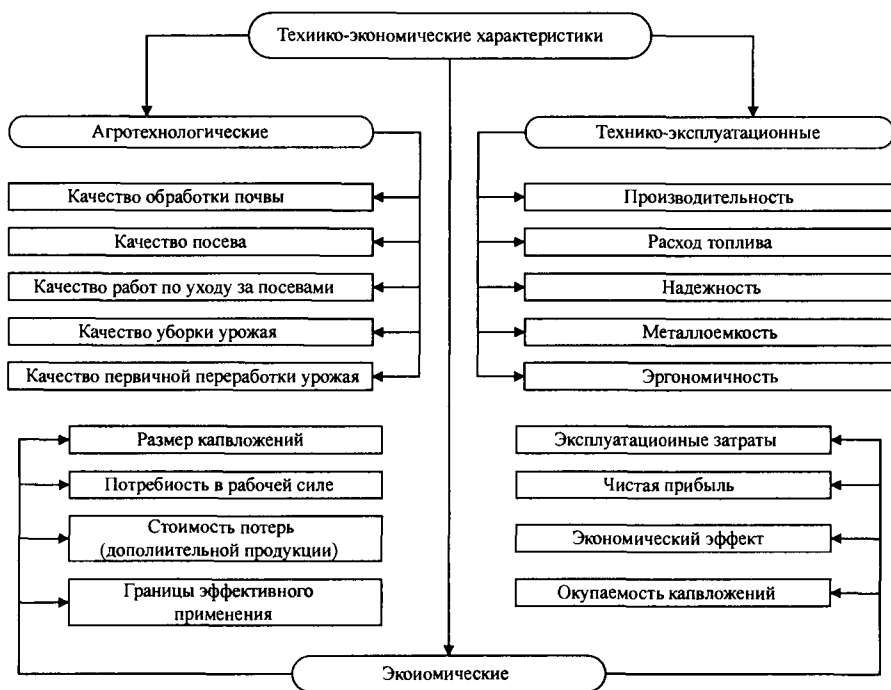


Рис. 8.11. Структура основных технико-экономических характеристик средств механизации растениеводства

Другой важной группой характеристик средств механизации являются технико-эксплуатационные характеристики, указывающие на эффективность оцениваемой машины с позиций замены ею ручного труда. К таким характеристикам следует в первую очередь отнести производительность, эксплуатационную надежность, энерго- и металлоемкость, эргономические показатели.

Эксплуатационная надежность, прочность и долговечность узлов и деталей машины, являясь чисто техническими показателями, зачастую оказывают большое влияние на эффективность применения машин. Иногда более дорогая, но более надежная машина выгоднее, чем менее дорогостоящая. Бо-



лее высокая цена в этом случае компенсируется экономией затрат на поддержание техники в работоспособном состоянии в период ее эксплуатации.

С переходом АПК России на рыночные методы хозяйствования появляются новые требования к эксплуатационным показателям машин. Настоятельной необходимостью становится решение проблемы сокращения их номенклатуры и металлоемкости. Для крестьянских (фермерских) хозяйств универсальные машины с быстросменными рабочими органами, монтаж которых осуществляется трактористом без привлечения дополнительных рабочих, становятся весьма актуальными. Такие же требования предъявляются и при составлении комбинированных агрегатов, способных за один проход выполнять несколько операций.

Современный уровень цен на горюче-смазочные материалы делает их в структуре себестоимости сельскохозяйственной продукции соизмеримыми с затратами на заработную плату и капитальными вложениями в технику. Поэтому вопросы экономии горючего в технико-эксплуатационных требованиях выдвигаются в разряд важных проблем. Пути решения вопросов экономии топлива различны. В их числе создание экономичных двигателей и конструкций самоходных машин, требующих пониженного расхода топлива на самопередвижение. Важную роль играет возможность составления агрегатов, рационально использующих тяговую мощность мобильных средств.

Группа экономических характеристик в значительной степени определяется агротехнологическими и технико-эксплуатационными показателями.

Только комплексный, системный анализ всех трех групп перечисленных характеристик позволяет выявить наиболее эффективные пути формирования технического оснащения конкретных сельхозпредприятий с учетом их региональных особенностей.

#### ***8.16.4. Математическое и информационное обеспечение проектирования технического оснащения адаптивно-ландшафтной системы земледелия (АЛСЗ)***

При определении потребности сельхозтоваропроизводителей в технике для реализации АЛСЗ рекомендуется использовать разработанную во ВНИПТИМЭСХ математическую модель оптимизации машинно-тракторного парка и комплекс поддерживающих ее подсистем алгоритмно-программного и информационного обеспечения.

Математическая модель представляет собой модель дробно-линейного целочисленного программирования, обеспечивающую максимизацию критерия эффективности живого труда при выполнении системы технологических ограничений и балансовых уравнений.

Укрупненное формализованное описание математической модели имеет следующий вид.

Требуется максимизировать целевую функцию вида:

$$\frac{\sum_{f=1}^F S_f Y_f C_f - \left( \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K C_{ijk} \cdot x_{ijk} + \sum_{n=1}^N B_n \cdot R_n XN_n + \sum_{s=1}^S B_s \cdot R_s XS_s \right)}{XM} \rightarrow \max \quad (8.75)$$

при выполнении следующих групп ограничений.

1. Все виды и объемы механизированных работ должны быть выполнены полностью и в рекомендуемые агросроки:

$$\sum_k W_{ijk} \cdot t_{ij} \cdot X_{ijk} \geq Q_{ij}, \quad i = 1..I, j = 1..J. \quad (8.76)$$

2. Потребность сельхозпредприятия в средствах механизации определяется их максимальным количеством в наиболее напряженных периодах полевого сезона:

$$\sum_i \sum_k a_{ikn} \cdot \beta_{ijn} \cdot X_{ijk} - XN_n \leq 0, \quad n = 1..N, j = 1..J, \quad (8.77)$$

$$\sum_i \sum_k a_{iks} \cdot \beta_{ijs} \cdot X_{ijk} - XS_s \leq 0, \quad s = 1..S, j = 1..J. \quad (8.78)$$

3. Потребность в механизаторах определяется их необходимым количеством в наиболее напряженном периоде:

$$\sum_i \sum_k a_{ik} \cdot X_{jk} - XM \leq 0, \quad j = 1..J. \quad (8.79)$$

4. Основные переменные математической модели должны иметь неотрицательные значения:

$$XN, XS, XM \geq 0.$$

5. Основные переменные модели должны определяться целочисленно:

$$XN, XS, XM \rightarrow \text{целые}.$$

Переменные, входящие в состав описанной модели, имеют следующее содержание:

$S_f, Y_f, C_f$  — соответственно площади, урожайность и цены реализации  $f$ -й культуры;  $C_{ijk}$  — текущие эксплуатационные затраты (без реновации) на выполнение  $i$ -й операции  $k$ -м машинно-тракторным агрегатом в  $j$ -м периоде;  $X_{ijk}$  — число  $k$ -х агрегатов, используемых на выполнение  $i$ -й работы в  $j$ -м периоде;  $B_n, B_s$  — соответственно балансовые цены  $n$ -х энерго- и  $s$ -х сельхозмашин;  $R_n, R_s$  — доля отчислений на реновацию (от балансовой цены)  $n$ -х энерго- и  $s$ -х сельхозмашин;  $XN_n$  — число  $n$ -х энергомашин в составе машинно-тракторного парка;  $XS_s$  — число  $s$ -х сельхозмашин;  $XM$  — общая потребность сельхозпредприятия в механизаторских кадрах в полевом сезоне;  $F, I, J, K, N, S$  — соответственно множество возделываемых сельскохозяйственных культур, видов механизированных работ, рабочих периодов полевого сезона, видов машинно-тракторных агрегатов, энерго- и сельхозмашин;  $t_{ij}$  — продолжительность (в днях) выполнения  $i$ -й механизированной работы в  $j$ -й период;

$W_{ijk}$  — дневная производительность  $k$ -го машинного агрегата на выполнении  $i$ -й работы в  $j$ -й период;  $Q_j$  — объем  $i$ -й работы, выполняемой в  $j$ -м периоде;  $\alpha_{ikn}$ ,  $\alpha_{iks}$  — соответственно число  $n$ -х энергомашин и  $s$ -х сельхозмашин в составе  $k$ -го агрегата на  $i$ -й работе в  $j$ -м периоде;  $\beta_{ijn}$ ,  $\beta_{ijs}$  — соответственно коэффициенты комплектации энерго- и сельхозмашин ( $\beta = 1$  при наличии и  $\beta = 0$  при отсутствии машин в составе агрегата);  $XN_n$ ,  $XS_s$ ,  $XM$  — соответственно максимальная потребность в  $n$ -х энергомашинах,  $s$ -х сельхозмашинах и механизаторах.

Компьютерная реализация описанной математической модели выполняется с помощью подсистем информационного и алгоритмно-программного обеспечения. Подсистема информационного обеспечения осуществляет подготовку и расчет всех коэффициентов, входящих в состав модели оптимизации, используя при этом специальные базы данных и алгоритмы формирования исходной информации.

Общая схема формирования информации для проектирования оптимального состава машинно-тракторного парка сельхозтоваропроизводителей представлена на рис. 8.12.

Основу подсистемы информационного обеспечения составляют базы нормативно-справочной информации, содержимое которых используется на различных этапах формирования исходных данных по конкретному проектируемому объекту. Процесс подготовки исходных данных условно можно представить состоящим из двух основных этапов. На первом этапе формируются показатели, характеризующие особенности сельскохозяйственного предприятия (производственная структура, зональное размещение, используемые севообороты) и производные характеристики от этих показателей.

Вторым этапом является информационная идентификация объекта проектирования, обеспечивающая выбор из хранящейся в базах агротехнической, технико-технологической и экономической информации данных, отвечающих условиям конкретного сельхозпредприятия.

Исходная информация, описывающая объект проектирования, разделяется на общую характеристику хозяйства и данные по используемым в хозяйстве севооборотам. Общая характеристика хозяйства, в свою очередь, включает данные о зональном размещении и особенностях структуры производства.

Созданные в информационной подсистеме базы данных должны содержать полное описание зональных агротехнологий возделывания и уборки всех сельскохозяйственных культур, выращиваемых в регионе. Агротехнологии представлены в базах блоками основной обработки почвы, посева и ухода за посевами сельскохозяйственных культур, уборки и послеуборочной обработки урожая.

Алгоритмно-программный комплекс подсистемы информационного обеспечения осуществляет выбор сочетания агротехнологий для конкретного сельхозтоваропроизводителя с учетом его индивидуальных особенностей.

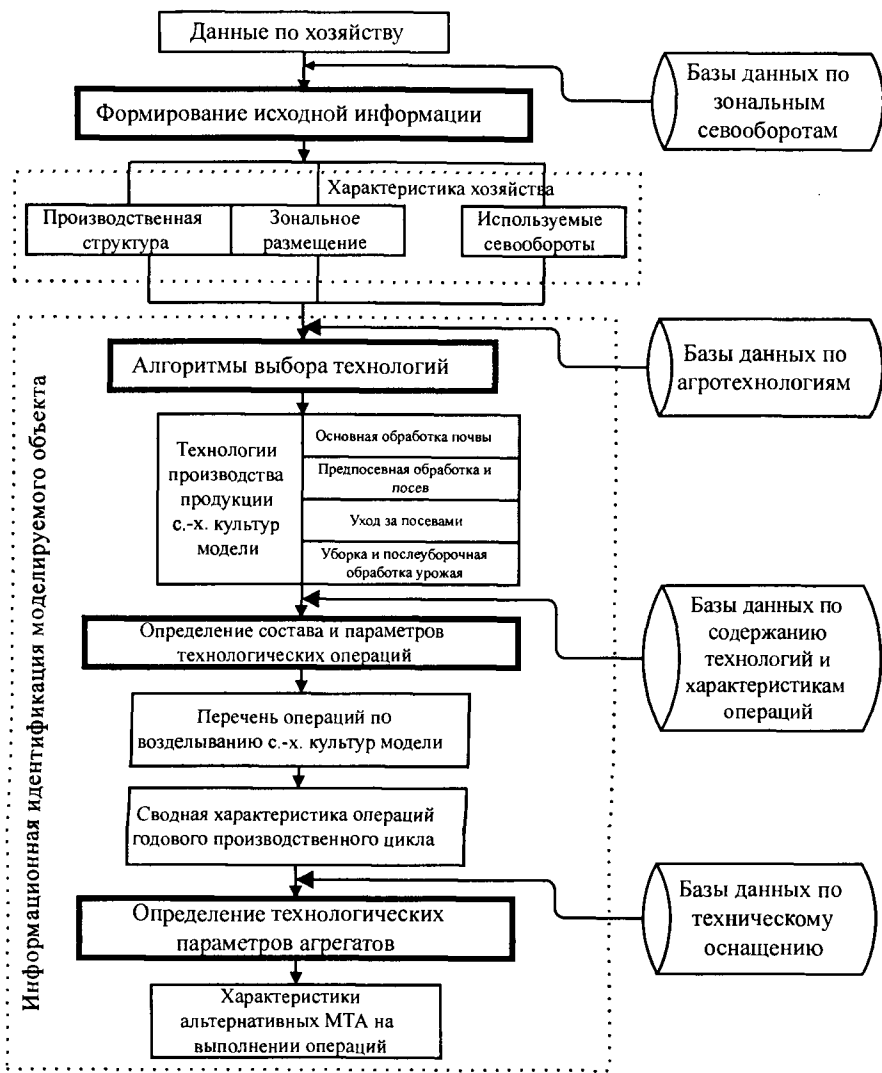


Рис. 8.12. Схема формирования информации для проектирования технического оснащения адаптивно-ландшафтных систем земледелия

В результате информационной идентификации формируются промежуточные базы данных, в которых каждому полю рассматриваемых севооборотов сельхозпредприятия предлагается одна или несколько конкретных технологий с указанием объемов работ, выполняемых по каждой из них.

Следующий этап информационной идентификации обеспечивает определение перечня механизированных работ, выполняемых в хозяйстве в течение всего полевого периода, сроков их проведения, выполняемых объемов, значений нормообразующих факторов, расстояний перевозок удобрений, семян, урожая и других характеристик (рис. 8.13).

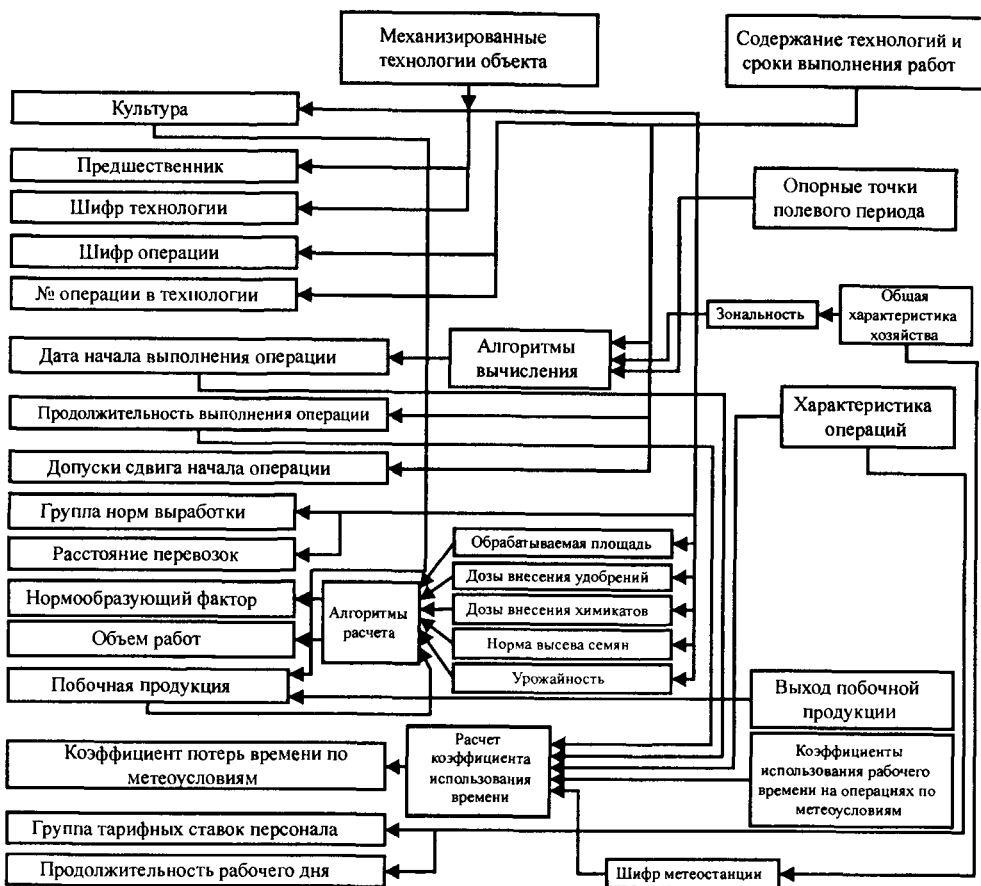


Рис. 8.13. Схема определения характеристик операций по возделыванию и уборке сельскохозяйственных культур

Полученная на данном этапе информация является базой для последующих расчетов технико-экономических характеристик альтернативных машинно-тракторных агрегатов.

Подготовка исходных данных по машинно-тракторным агрегатам, участвующим в качестве альтернатив на выполнении механизированных работ, осуществляется с помощью специальных алгоритмов с использованием характеристик технических средств.

Основными показателями, определяемыми на данном этапе, являются сменная производительность и расход топлива МТА, удельные эксплуатационные издержки на единицу выполняемой работы.

Для их расчета осуществляется компьютерное составление машинно-тракторных агрегатов для каждой из механизированных работ, выполняемых в данном сельхозпредприятии.

Заключительным этапом подготовки исходной информации является расчет технико-экономических характеристик машинно-тракторных агрегатов (рис. 8.14), которые используются при определении основных составляющих эксплуатационных затрат на выполнение единицы объема механизированных работ конкретным агрегатом.

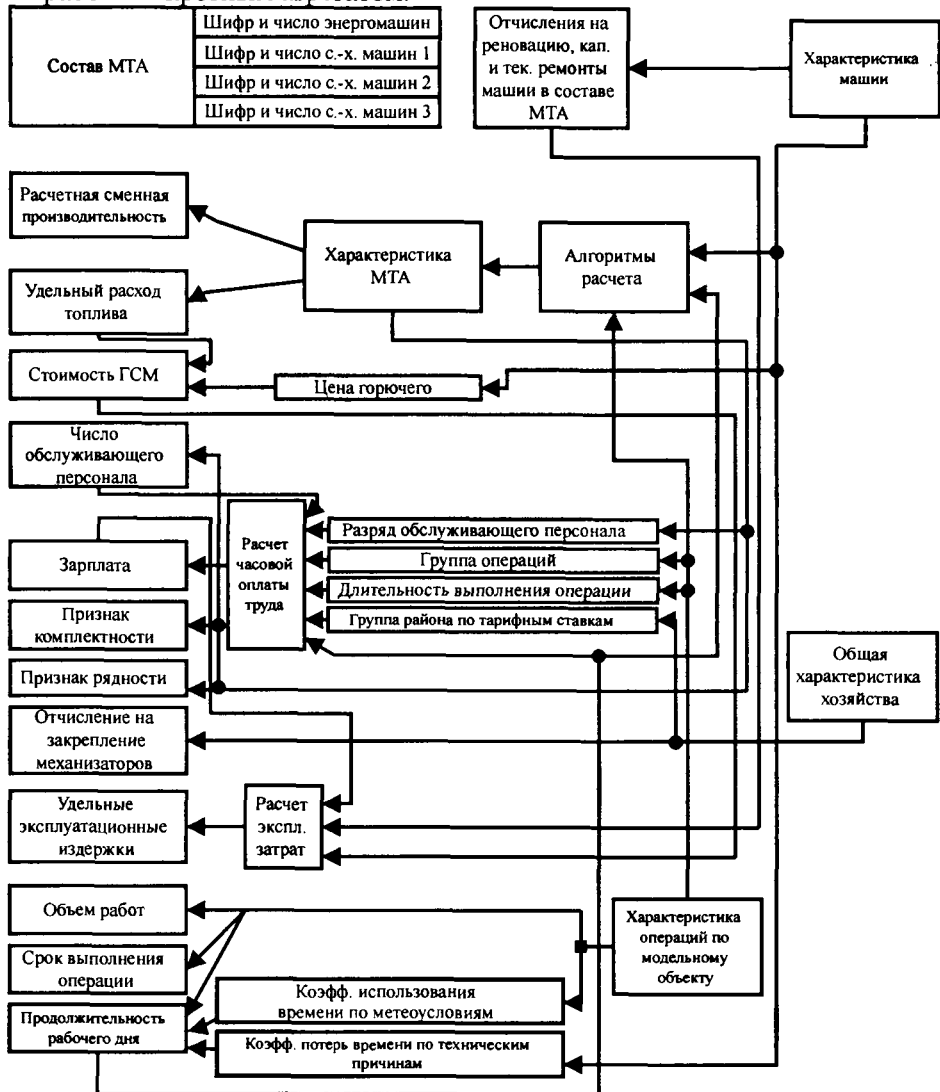


Рис. 8.14. Схема расчета технико-экономических параметров МТА на выполнении механизированных работ

Основными составляющими прямых эксплуатационных затрат являются отчисления на реновацию, капитальный и текущий ремонты машин, входящих в состав машинно-тракторных агрегатов, стоимость топлива, а также затраты на оплату труда механизаторов и подсобных рабочих с начислениями.

Автоматизация процесса формирования исходных данных по проектируемому объекту и дальнейшей информационной идентификации сводит неизбежные при ручной подготовке ошибки к минимуму, повышая тем самым достоверность и адекватность результатов оптимизации.

Алгоритмно-программная реализация формирования исходной информации позволяет свести к минимуму и время подготовки исходных данных при проектировании технического оснащения конкретного сельхозпредприятия.

Максимальное время подготовки исходной информации для любого товаропроизводителя на персональных ЭВМ с процессорами типа PENTIUM не превышает 2 мин.

Важным элементом подсистемы информационного обеспечения является блок послеоптимизационного анализа. Логика его построения во многом определяет оперативность и правильность принятия решений об адекватности сформированного парка условиям рассматриваемого сельхозпредприятия, выявления «узких мест» предлагаемых технологических комплексов и, как результат, выбора направлений корректировки исходных данных для оценки эффективности всего комплекса средств механизации и отдельных энерго- и сельскохозяйственных машин в его составе.

Общая структура результатов оптимизации представлена на рис. 8.15.

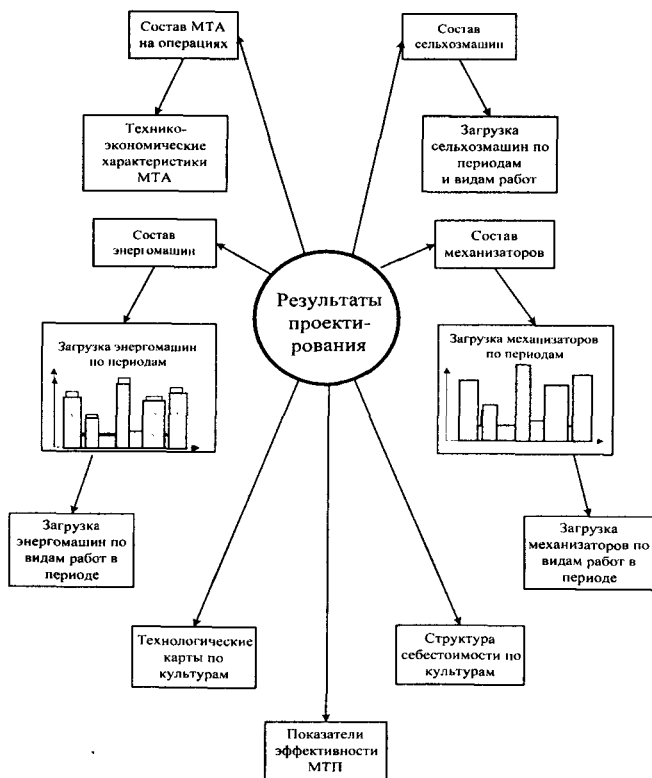


Рис. 8.15. Структура представления результатов оптимизации состава машинно-тракторного парка сельхозпредприятия

Форма представления показателей эффективности оптимального состава машинно-тракторного парка должна содержать сводные характеристики, необходимые для его общей технико-экономической оценки. В число отображаемых показателей входят: эксплуатационные затраты (суммарные и по отдельным структурным составляющим), величина потребных капиталовложений (в целом и отдельно для энергомашин и шлейфа агрегируемых орудий), затраты труда, количество механизаторов и подсобных рабочих, а также значение целевой функции.

Оптимальный состав энергосредств представляется информацией о наименовании энергомашин, их количестве, балансовой цене, стоимости всех вошедших в парк машин одного наименования, фактической годовой загрузке энергомашин, полученной в результате оптимизации, суммарном расходе топлива по каждой из энергомашин на всем объеме выполняемых ею работ. Приводятся также итоговые данные по количеству, стоимости, массе, расходу топлива по группам энергомашин одного функционального назначения (гусеничных тракторов, колесных тракторов общего назначения, универсально-пропашных тракторов, самоходных машин, автомобилей, стационарных установок, универсальных энергосредств).

Любая из энергомашин, вошедших в оптимальный парк, может быть выбрана для дальнейшего анализа и получения более конкретизированной информации. Такая информация представляется с помощью графиков загрузки техники (рис. 8.16). На графике отображаются сведения об использовании машин данной марки в течение полевого периода.

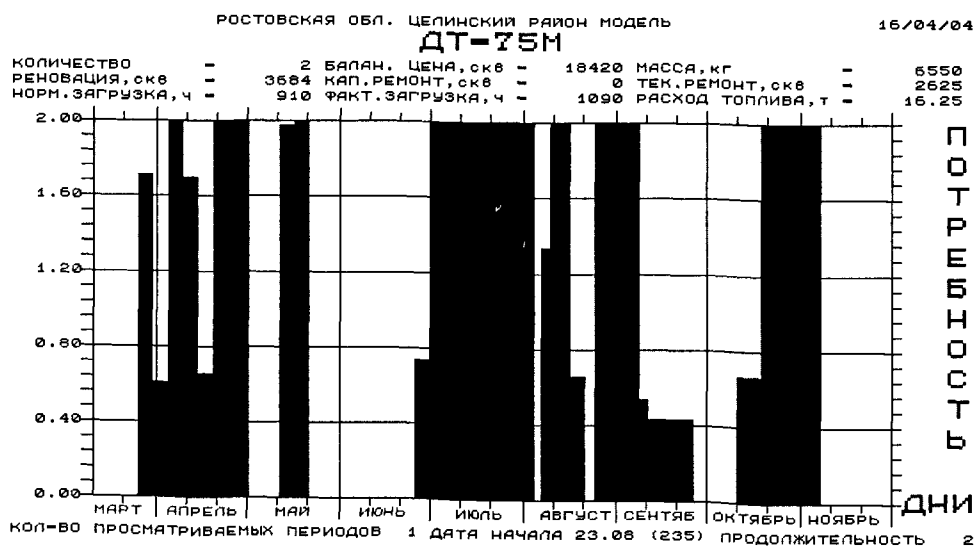


Рис. 8.16. График загрузки энергомашины в течение полевого периода



Подобный механизм анализа загрузки энергомашин позволяет оперативно выявлять напряженные для данной машины рабочие периоды, операции, выполняемые в анализируемый период, характеристики выполняемых операций, количественный и марочный состав машинно-тракторных агрегатов, соотношение объемов работ, выполняемых агрегатами различного состава на одной операции, и другую необходимую информацию.

Структура и содержание информации, характеризующей состав и пооперационную загрузку сельскохозяйственных машин, аналогичны характеристике энергосредств. Отличие заключается в отсутствии для сельскохозяйственных машин графиков загрузки в течение полевого периода и расхода топлива, которые определяются только для агрегируемых с ними энергомашин.

Для анализа использования рабочей силы формируются графики загрузки всех категорий работающих.

Результатом оптимизации являются также технологические карты возделывания и уборки всех сельскохозяйственных культур, экономические характеристики технологий, а также калькуляция себестоимости всех культур, возделываемых в хозяйстве.

Экономические показатели технологии (табл. 8.130) используются в блоке послеоптимизационного анализа отдельной формой для оперативного выявления наиболее ресурсозатратных групп работ и оценки их удельного веса в общей технологии.

### 8.130. Экономические показатели технологии производства.

#### Озимая пшеница по гороху. Ростовская область, Южная подзона, Целинный район. Модель

Операция	Затраты труда, чел.-ч	Расход ТСМ, кг	Зарплата, тыс. руб.	Стоимость ТСМ, тыс. руб.	Отчисления, тыс. руб.		Эксплуатационные затраты, тыс. руб.
					на реновацию	на ремонт	
Основная обработка	319,9	6450,3	16,4	44,9	65,5	54,8	181,5
Посев	319,1	4135,2	11,7	28,8	48,5	28,7	117,7
Уход за посевом	184,1	2598,3	7,4	18,8	24,4	17,1	67,7
Уборка	661,6	6112,9	28,9	42,5	474,7	107,6	653,7
Всего	1484,7	19396,8	64,3	134,9	613,1	208,2	1020,6
На 1 га	6,2	80,8	268,1	562,0	2554,3	867,7	4252,3
На 1 ц	0,2	2,2	7,4	15,6	71,0	24,1	118,1

Наличие такого аналитического документа облегчает выявление приоритетных направлений совершенствования существующих или разработки новых машин для механизации производственных процессов растениеводства.

Аналитическая форма «Затраты на материалы по культуре» содержит информацию о затратах топлива, семян, минеральных и органических удобрений, а также средств защиты растений в натуральном и стоимостном выражении.

Калькуляция себестоимости производства конкретной культуры (табл. 8.131) используется для расчета показателей эффективности капиталовложений в техническое оснащение сельхозпредприятия.

Система компьютерного проектирования технического обеспечения АЛСЗ позволяет определять потребность в технике для любых сельскохозяйственных товаропроизводителей с учетом их зонального размещения, размеров землепользования и отраслевой специализации. Система позволяет проводить анализ агротехнологических, технико-эксплуатационных и экономических характеристик формируемого машинно-тракторного парка конкретного сельхозпредприятия, а также выявлять направления дальнейшего совершенствования системы механизации.

### 8.131. Калькуляция себестоимости культуры.

#### Озимая пшеница по гороху. Ростовская область, Южная подзона, Целинный район. Модель

Составляющие затрат	Величина затрат		
	всего, тыс. руб.	на 1 га, руб.	на 1 ц, руб.
Зарплата с начислениями	89,1	371,3	10,3
Стоимость:			
ТСМ	134,9	562,0	15,6
семян	120,0	500,0	13,9
минеральных удобрений	300,0	1250,0	34,7
средств защиты растений	13,2	55,0	1,5
Амортизация	613,1	2554,5	71,0
Ремонты	208,2	867,7	24,1
Накладные расходы	102,9	428,9	11,9
Итого	1581,5	6589,5	183,0

#### 8.16.5. Экономическая эффективность формирования технической базы адаптивно-ландшафтных систем земледелия

Разрушение технической базы сельскохозяйственных предприятий и сложность ее восстановления в условиях экономического спада производства, диспаритета цен на средства механизации и продукцию аграрного сектора экономики, низкой платежеспособности хозяйств, неблагоприятного инвестиционного климата в отрасли требуют строгого научного обоснования эффективности инвестиций в формирование технической базы адаптивно-ландшафтных систем земледелия.

Эффективность формирования технической базы в современных условиях определяется, с одной стороны, производственными характеристиками предприятия (схема применяемых севооборотов и структура посевных площадей, размеры землепользования, урожайности сельскохозяйственных культур) и, с другой стороны, финансово-экономическими факторами, в среде которых осуществляется его деятельность (цены на производимую продукцию и средства механизации, норма доходности капитала и др.).

Некоторые пороговые значения перечисленных факторов являются критическими для показателей эффективности инвестиций в реальные активы

сельскохозяйственных предприятий. Расчеты по определению границ эффективности капиталовложений в формирование машинно-тракторного парка достаточно сложны. Решение этой задачи предполагает проведение многошаговых итерационных расчетов при фиксированных значениях совокупности производственно-экономических факторов и изменении одного из них до достижения порогового значения.

Сельскохозяйственные предприятия, расположенные в разных природно-климатических зонах, имеют различную структуру посевных площадей и схемы типовых севооборотов. Зональность размещения существенно влияет на урожайность сельскохозяйственных культур. Низкие урожайности, как правило, не обеспечивают окупаемости производственных затрат, поэтому в таких условиях формирование и использование собственной технической базы становятся экономически неэффективными.

Номенклатурный и количественный состав машинно-тракторного парка определяет потребный размер капиталовложений в его формирование.

Наиболее существенно величина потребных удельных капиталовложений зависит от размеров землепользования сельхозтоваропроизводителей и уровня цен на сельхозтехнику. Так, при изменении размеров пашни от 125 до 2500 га удельная стоимость парка изменяется от 50,1 до 9,4 тыс. руб./га.

Таким образом, экономическая эффективность технического оснащения АЛСЗ определяется целой системой зональных, организационно-экономических и агротехнологических факторов, которые должны рассматриваться и учитываться для каждого конкретного сельхозпредприятия в комплексе.

Сложность определения показателей и границ эффективности инвестиций требует индивидуального подхода к анализу инвестиционных проектов каждого конкретного сельхозпредприятия, который, как правило, не может быть выполнен силами его специалистов. Для этих целей рекомендуется использовать систему специально разработанных номограмм. Первая из них (рис. 8.17.) позволяет определять необходимый размер капиталовложений в формирование МТП сельхозпредприятия ( $I_0$ ), а также величину ежегодных денежных поступлений от реализации инвестиционного проекта.

По осям номограммы размещены площадь пашни ( $S$ , га), валовой сбор продукции ( $Q$ , тыс. ц корм. ед.), выручка от реализации ( $V_p$ , млн руб.), текущие затраты без амортизации МТП ( $\Pi_p$ , млн руб.), размер потребных капиталовложений ( $I_p$ , млн руб.), а также ежегодные денежные поступления ( $R$ , млн руб.).

В первом квадранте представлено семейство прямых, характеризующих различные средние урожайности с.-х. культур в данной зоне. Семейство прямых второго квадранта характеризует различные цены реализации продукции в руб./ц к.е.

В четвертом квадранте номограммы представлены семейства удельных текущих затрат ( $Z_n$ ) на 1 га пашни, а также индексов цен на сельскохозяйственную технику ( $K_n$ ). В настоящее время уровень удельных текущих затрат соответствует, примерно, 2,5 тыс. руб./га, а индекс цен на сельскохозяйственную технику, равный 1,0, соответствует существующему уровню цен на отечественные средства механизации.

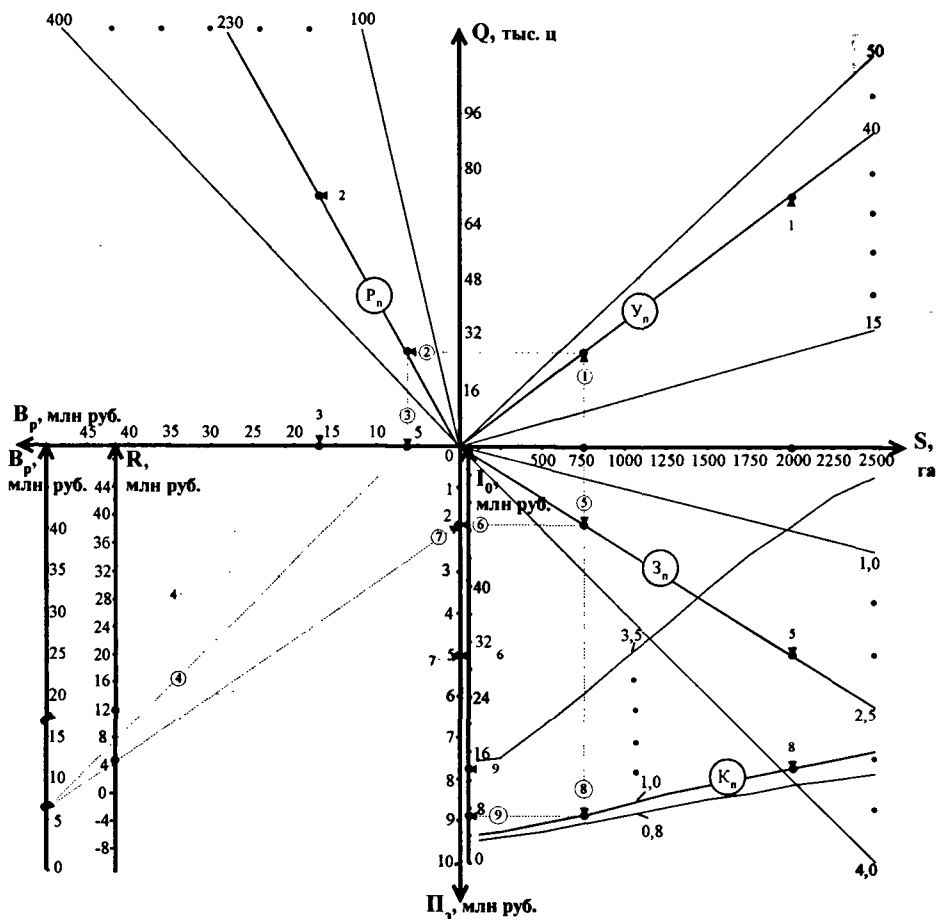


Рис. 8.17. Номограмма для определения потребных капиталовложений в формирование МТП сельхозпредприятий и денежных поступлений от реализации инвестиционного проекта

В третьем квадранте номограммы размещены вертикально расположенная шкала  $V_p$  и шкала разности  $R$ .

Вторая номограмма (рис. 8.18) позволяет по известным значениям ежегодных денежных поступлений ( $R$ ) и размера потребных капиталовложений ( $I_0$ ) определять значение чистого дисконтированного дохода (ЧДД) инвестиционного проекта.

В правой части номограммы расположен квадрант, образованный осями чистых годовых денежных поступлений ( $R$ ) и дисконтированных денежных поступлений ( $R_d$ ). Семейство прямых этого квадранта отражают зависимости  $R_d$  от  $R$  при различных значениях доходности капитала ( $i_n$ ), которые определяются из выражения

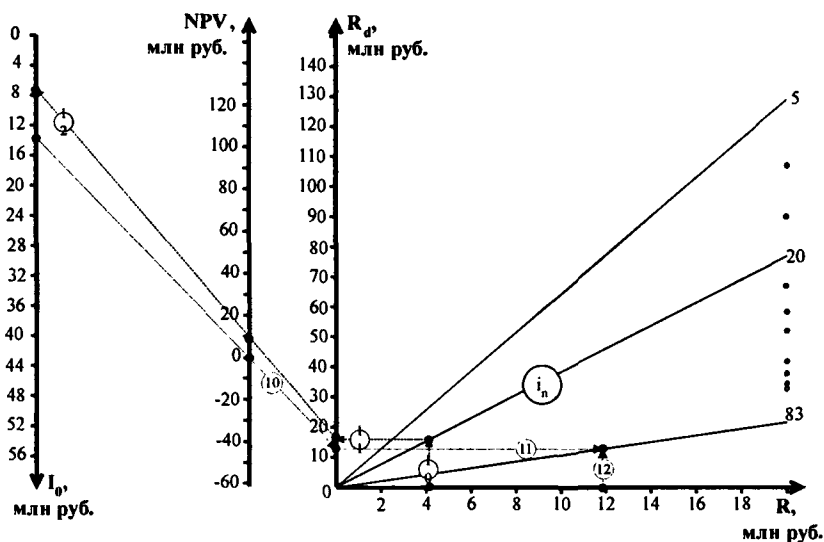


Рис. 8.18. Номограмма для определения чистого дисконтированного дохода инвестиции в формирование технической базы сельхозпредприятий

$$R_d = R \cdot \frac{1 - (1 + i)^{-n}}{i} \quad (8.80)$$

Значения чистого дисконтированного дохода (ЧДД) определяются как разность между дисконтированными годовыми денежными поступлениями ( $R_d$ ) и стоимостью машинно-тракторного парка ( $I_0$ ):

$$\text{ЧДД} = R_d - I_0 \quad (8.81)$$

В левой части номограммы размещены шкалы  $I_0$  и ЧДД.

Третья номограмма (рис. 8.19) позволяет по известным значениям  $I_0$  и  $i_n$  определять значения дисконтированного срока окупаемости инвестиций ( $n_{ок}$ ).

Рассмотрим механизм расчета показателей эффективности капиталовложений в формирование МТП с помощью представленных номограмм на конкретном примере. В качестве исходных данных выбраны следующие показатели: площадь пашни предприятия — 750 га; средняя урожайность сельскохозяйственных культур — 40 ц корм. ед/га; средняя цена реализации продукции — 230 руб/ц корм. ед.; размер удельных текущих затрат в ценах 2003 г. — 2,5 тыс. руб/га; индекс цен на сельскохозяйственную технику — 1,0 (уровень цен на отечественные машины на июнь 2003 г.); доходность капитала — 20% годовых.

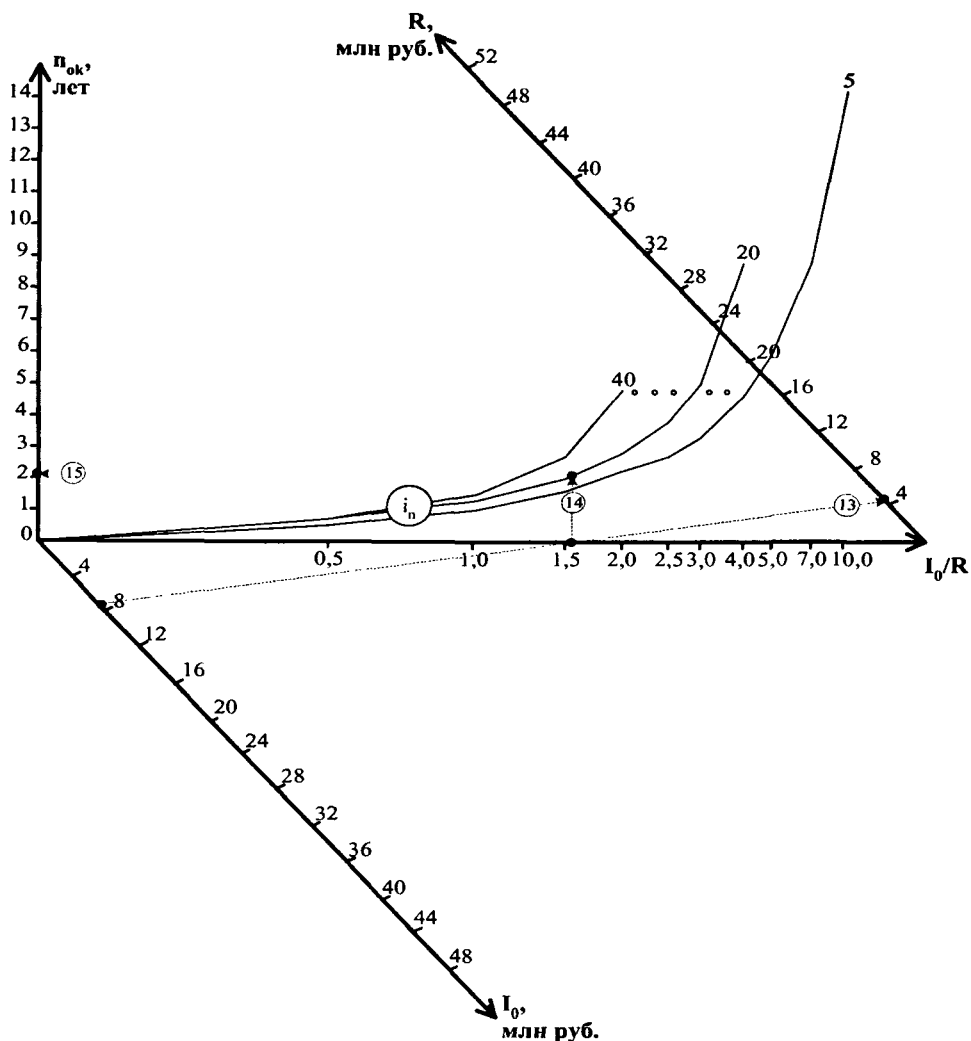


Рис. 8.19. Номограмма для определения дисконтированного срока окупаемости капиталовложений в техническое оснащение сельхозпредприятий

Механизм расчета представлен на номограммах штриховыми линиями. С помощью номограммы (см. рис. 8.17) по известным значениям площади, урожайности и цены реализации на шкале  $B_p$  определяется выручка от реализации продукции. По известным значениям площади и удельных текущих затрат определяется суммарный объем затрат без реновации. Линия, соединяющая найденные на соответствующих шкалах третьего квадранта значения  $B_p$  и  $\Pi_3$ , пересекает шкалу разности  $R$  в точке, соответствующей значению чистых годовых денежных поступлений.

Одновременно на этой же номограмме по известным площади пашни и индексу цен на сельскохозяйственную технику определяется стоимость ма-

шинно-тракторного парка ( $I_0$ ). Далее по найденному значению  $R$  и известной величине доходности капитала на номограмме (см. рис. 8.18) определяется размер дисконтированных годовых денежных поступлений ( $R_d$ ). Линия, соединяющая найденные значения  $R_d$  и  $I_0$ , пересекает шкалу ЧДД в точке, соответствующей чистому дисконтированному доходу данного инвестиционного проекта. В рассматриваемом примере величина ЧДД составила примерно 9 млн руб., что свидетельствует об экономической привлекательности инвестиций в формирование МТП сельхозпредприятия.

С помощью номограммы (см. рис. 8.19) по известным значениям  $I_0$ ,  $R$  и  $i_n$  определяется дисконтированный срок окупаемости инвестиций. Из номограммы видно, что  $n_{ок}$  для рассматриваемого примера составил 2,2 года.

Номограммы позволяют также определять граничные (пороговые) значения показателей эффективности капиталовложений. Рассмотрим механизм расчета порогового значения одного из таких параметров на следующем примере. Требуется определить предельную норму доходности капитала (внутреннюю норму доходности инвестиционного проекта) при следующих известных исходных параметрах: площадь пашни хозяйства — 2000 га; средняя урожайность сельскохозяйственных культур — 40 ц корм. ед/га; средняя цена реализации продукции — 230 руб/ц корм. ед.; удельные текущие затраты — 2,5 тыс. руб/га; индекс цен на сельскохозяйственную технику — 1,0.

Механизм расчета искомого порогового значения показан на номограммах пунктирными линиями.

Вначале с помощью номограммы (см. рис. 8.17) аналогично описанному определяются значения ежегодных денежных поступлений ( $R$ ) и стоимости МТП ( $I_0$ ). Линия, соединяющая на соответствующих шкалах номограммы (см. рис. 8.18) найденное значение  $I_0$  и нулевое значение ЧДД, пересекает шкалу  $R_d$  в точке, соответствующей дисконтированным денежным поступлениям, равным стоимости машинно-тракторного парка хозяйства. Далее в правом квадранте этой номограммы по известным значениям  $R_d$  и  $R$  определяется пороговое значение доходности инвестиций. В рассматриваемом примере эта величина составила 83%.

Полученное пороговое значение параметра можно интерпретировать либо как доходность данного инвестиционного проекта, либо, в случае использования заемного капитала, как предельную процентную ставку по кредиту, выше которой окупаемость капиталовложений не обеспечивается.

Аналогичным образом с помощью представленных номограмм можно определять и другие граничные значения показателей эффективности инвестиций в формирование машинно-тракторного парка сельхозпредприятий.

Результаты таких расчетов для сельхозпредприятий Ростовской области, например, представлены в табл. 8.132.

Анализ полученных результатов показывает, что минимальным размером пашни, при котором обеспечивается окупаемость капиталовложений в формирование собственного машинно-тракторного парка сельхозпредприятий Ростовской области, является площадь пашни 235 га при средней урожайности 40 ц корм. ед/га, цене реализации продукции 230 руб/ц корм. ед., суще-

ствующих ценах на материальные производственные ресурсы и доходности капитала 20% годовых. Для средних и крупных коллективных сельхозпредприятий, имеющих размеры пашни 2000 га и выше, минимальным пороговым значением урожайности является урожайность 18,4 ц корм. ед/га. Минимальное пороговое значение цены реализации продукции составляет 106,1 руб/ц корм. ед., максимальная удельная стоимость МТП сельхозпредприятий – 22,4 тыс. руб/га. Последнее значение соответствует, примерно, 3,2 существующего уровня цен на отечественную сельскохозяйственную технику.

### 8.132. Граничные показатели экономической эффективности капиталовложений в формирование технической базы сельхозпредприятий Ростовской области

Переменные параметры	Постоянные параметры					Пороговое значение переменного параметра
	площадь пашни, га	урожайность, ц корм. ед/га	цена реализации, руб/ц корм. ед.	стоимость МТП, тыс. руб/га	норма доходности, %	
Площадь пашни, га		40	230	существующий уровень цен на технику	20	235
Урожайность, ц корм. ед/га	2000		230	6,9	20	18,4
Цена реализации, руб/ц корм. ед.	2000	40		6,9	20	106,1
Стоимость МТП, тыс. руб/га	2000	40	230		20	22,4
Норма доходности капитала, %	2000	40	230	6,9		83,0

Очевидно, что для каждого сельхозпредприятия, организующего свою производственную деятельность в конкретно складывающихся природно-климатических и рыночных условиях, значения факторов, определяющих эффективность инвестиций, будут отличаться от найденных пороговых значений.

Разница между фактическими и пороговыми значениями анализируемых факторов может рассматриваться как «запас прочности» инвестиционного проекта.



### 8.16.6. Формирование первичных коллективов машинного производства сельскохозяйственной продукции

Первичные коллективы машинного производства сельскохозяйственной продукции в основном состоят из механизаторов, операторов, а также работников (менеджеров), занятых управлением (использованием) машинно-тракторных агрегатов в растениеводстве и технологического оборудования в животноводстве. Таким образом, первичный коллектив аграрного предприятия является базовым блоком машиноиспользования.

В практике сельскохозяйственного производства на принципах разделения и кооперации труда применяется бригадно-звеньевая (постоянная) и отрядная (временная) формы организации труда первичного коллектива.

При бригадно-звеньевой форме за работниками закреплены на договорной или арендной основе предметы и средства труда, и конечной целью их деятельности является полное выполнение основного цикла работ по производству продукции сельского хозяйства. При отрядной же форме закреплены средства труда (кроме земли), но конечная цель деятельности — выполнение лишь части работ по производству сельскохозяйственной продукции.

Первичные производственные подразделения с бригадно-звеньевой и отрядной формами организации труда в зависимости от применяемых видов разделения и кооперации труда подразделяются на производственные бригады, звенья и отряды основного и вспомогательного производства. Производственные бригады делятся на тракторно-полеводческие (отраслевые), специализированные по производству отдельных видов культур или выполнению отдельных видов работ, в том числе обслуживающего и вспомогательного характера, и комплексные (растениеводческо-животноводческие).

В свою очередь звенья основного производства делятся на универсальные (комплексные), технологические и специализированные; звенья вспомогательного производства — на транспортно-хозяйственные, культурно-бытового, технического и технологического обслуживания.

Производственные отряды делятся на производственно-хозяйственные и производственно-специализированные (механизированные комплексы); отряды основного производства — на комплексные (несколько культур), технологические (одна или группа однородных культур), специализированные (например, рабочие группы по вспашке); отряды вспомогательного производства — технического, технологического, культурно-бытового обслуживания и подготовки полей.

Наиболее целесообразны как основа организационной структуры растениеводства постоянные производственные бригады и звенья производства продукции на закрепленных за ними полных севооборотах. Назовем такие структуры в дальнейшем первичными трудовыми коллективами (ПТК). Такие коллективы дают возможность эффективнее использовать имеющиеся в хозяйстве материальные и трудовые ресурсы, улучшить социальную инфраструктуру и непроизводственную сферу за счет специальной системы пере-

подготовки кадров, материального обеспечения и перераспределения по другим подразделениям высвобожденных работников.

На одного работника в этих коллективах при нормативных затратах должно производиться валовой продукции, например зерна, до 60-70 тыс. долл. США. Нагрузка пашни при уровне завершенности производства конечного продукта (бункерное зерно) не менее 90% на одного работника ПТК должна быть порядка 300-500 га.

Рассмотрим основные положения формирования постоянных первичных коллективов с позиций эффективного машиноиспользования и главной его цели — повышения производительности труда.

К комплексу психологических составляющих человеческого фактора можно причислить: повышенный в условиях развивающейся рыночной экономики интерес работника к самостоятельности; желание работать в стрессоустойчивом коллективе, в обществе единомышленников; уверенность в стабильности коллектива, в гарантии внешних воздействий, стимулирующих труд.

Важнейшая составляющая психологического фактора — право коллектива и всех его тружеников работать самостоятельно, хотя и в рамках согласованных договорных ограничений. Истинная самостоятельность в рамках ПТК возникает, прежде всего, из права арендовать основные средства производства — землю, технику у коллективного хозяйства или иметь собственные (у фермера). Оптимальный состав первичного коллектива определяют исходя из эффективного использования современной технологии и техники с учетом человеческого фактора. Как показывают расчеты и практика, наиболее оптимален коллектив из трех-пяти человек. При малой численности работников легче сформировать коллектив единомышленников, он более стрессоустойчив, особенно если его члены связаны родственными узами. В малых коллективах работники быстрее и надежнее адаптируются друг к другу. Такие бригады, звенья менее восприимчивы к внешним и внутренним стрессовым ситуациям, нередко возникающим в формальных крупных бригадах с некомпетентным, порой, руководителем. Коллективы с большой численностью могут быть эффективны и высокопроизводительно работать в том случае, когда коллектив возглавляет хороший лидер.

Непременное условие высокопроизводительного труда — оснащение первичных трудовых коллективов интенсивными технологиями производства сельскохозяйственной продукции с ориентацией на первоочередное использование новейших достижений науки и передовой практики. Важное значение имеет потребность в круглогодичной занятости работников сельскохозяйственными, транспортными и ремонтными работами. В период, свободный от полевых работ, члены такого коллектива могут заниматься, например, откормом скота, производством овощей закрытого грунта, послеуборочной подработкой семян и их реализацией, производством кормов и т.д.

Важнейшее условие интенсификации труда — оснащение работников высокопроизводительной техникой: энергонасыщенными тракторами и комбайнами; гибким комплексом сельскохозяйственных машин, обеспечиваю-

щим быструю настраиваемость под технологию, включая оснащение базовых орудий секциями быстросменных рабочих органов и на их основе создание возможности комбинирования агрегатов.

### 8.17. Определение эколого-экономической эффективности адаптивно-ландшафтных систем земледелия

Оценка эффективности адаптивно-ландшафтной системы земледелия должна осуществляться как с позиций увеличения объемов производства сельскохозяйственной продукции, так и улучшения экологического состояния природной среды и социальных условий жизни населения. Она выполняется на основе системы критериев экономического, экологического, а также социального порядка.

Экономическая сущность эффективности понимается в науке и практике как сопоставление результата с затратами живого и овеществленного труда, необходимыми для получения этого результата. В сельском хозяйстве экономическая эффективность определяется как максимальное производство необходимой обществу продукции при наименьших затратах труда и ресурсов на ее единицу или прирост производства валовой продукции (валового дохода) при наименьших затратах труда и ресурсов на единицу земельной площади.

Поскольку земля в сельском хозяйстве является основным и незаменимым средством производства, строго ограниченным в пространстве, то критерий экономической эффективности сельскохозяйственного производства правильнее будет определять как увеличение выхода необходимой обществу сельскохозяйственной продукции с единицы земельной площади при сохранении и повышении плодородия почвы, т.е. экономическая эффективность сельскохозяйственного производства сводится, прежде всего, к эффективности использования земли. В свою очередь, под экономической эффективностью использования земли следует понимать уровень ведения на ней хозяйства, который характеризуется выходом продукции с единицы площади и ее себестоимостью.

Тогда экономическая эффективность использования земли в сельском хозяйстве может быть определена системой показателей:

стоимость валовой продукции, ее прироста (уменьшения) всего и в расчете на 1 га (руб.);

текущие производственные затраты, всего и в расчете на 1 га (руб.);

урожайность сельскохозяйственных культур (ц/га);

себестоимость производства единицы продукции (руб/т);

чистый доход, всего и в расчете на 1 га (руб.);

годовой экономический эффект, всего и в расчете на 1 га (руб.);

прибыль, всего и в расчете на 1 га (руб.).

Совокупную эффективность реализации адаптивно-ландшафтных систем земледелия также можно оценить по приросту объемов производства валовой продукции сельского хозяйства, валового или чистого дохода, получен-

ных за счет внедрения этой системы земледелия и его сравнением с дополнительными затратами, вызвавшими этот прирост:

$$\mathcal{E}_л = \frac{D_n - D_б}{Z_л}, \quad (8.82)$$

где  $\mathcal{E}_л$  — совокупный эффект от внедрения адаптивно-ландшафтной системы земледелия;

$D_n - D_б$  — годовой прирост валового (чистого) дохода или валовой продукции сельского хозяйства, полученный за счет внедрения адаптивно-ландшафтных систем земледелия;

$Z_л$  — затраты на мероприятия по внедрению адаптивно-ландшафтного земледелия.

При учете временного аспекта эффективности можно соизмерить ежегодный эффект с ежегодными затратами или полные капитальные вложения на формирование адаптивно-ландшафтной системы. В этом случае меняется содержание затрат, которые учитывают либо ежегодные расходы на выполняемые мероприятия, либо полные капитальные затраты по внедрению ландшафтной системы. По этой же формуле можно оценить эффективность отдельных мероприятий (формирование ландшафтных контуров, лесомелиорация, террасирование склонов, размещение культур, внедрение адаптивных систем обработки почв и другие средозащитные мероприятия).

Экологическая сущность эффективности связана с необходимостью охраны природы, воспроизводства и рационального использования природных ресурсов (земли) и проявляется во влиянии процесса сельскохозяйственного производства на окружающую природную среду и изменение этого влияния под воздействием используемых агротехнологий и природоохранных мероприятий.

Каждому антропогенному воздействию или их совокупности соответствует свой предел устойчивости природных и природно-антропогенных ландшафтов, разделяющий допустимые и недопустимые изменения. Известно, чем разнообразнее антропогенный ландшафт, тем он более устойчив, и наоборот. Экологическая эффективность характеризует экологическое состояние агросистемы или ее элементов, в первую очередь, уровень производительных свойств земли.

В свою очередь, экологическое состояние земли связано с ее экономическими характеристиками, поэтому повышение экологической эффективности можно рассматривать как улучшение качества земли, позволяющее получать дополнительную продукцию и повышать экономические показатели сельскохозяйственного производства в целом за счет предотвращения ущерба природной среде. Ущерб природной среде сначала измеряется величиной ухудшения натуральных показателей, которым дается последующая экономическая оценка.

Экологическое состояние земли характеризуется такими натуральными показателями как:

- виды и характер (интенсивность, площади и характер распространения) деградации и загрязнения земель;
- перечень и характер соответствующих мероприятий по обеспечению экологической устойчивости территории;
- характеристика агроэкологических групп и типов земель (экологически однородных участков) и соответствующего размещения угодий;
- виды и характер применяемых севооборотов и выращиваемых сельскохозяйственных культур;
- виды и объемы почвозащитных и других природоохранных мероприятий;
- конкретные экологические натуральные показатели природоохранной организации территории (экологическое разнообразие территории, густота сети границ, индекс продуктивности угодий и агроландшафтов, коэффициент разбросанности пашни и посевов, показатели территориального размещения линейных элементов и др.).

Их можно выразить в виде натуральных и стоимостных показателей:

- степень расчлененности территории (густоты (м/км) и глубины (м) расчленения);
- удельный вес площади дефлированных почв в составе сельскохозяйственных угодий (%);
- удельный вес площади смытых почв в составе сельскохозяйственных угодий (%);
- вес потерянного объема почвы, питательных веществ (кг/га, т/га) и т.д.

Оценка экологического воздействия сельского хозяйства на состояние природной среды (земельных ресурсов) при внедрении адаптивно-ландшафтных систем земледелия осуществляется с позиции минимизации экологического ущерба.

В результате изменения качества земельных ресурсов и состояния окружающей среды происходит изменение продуктивности сельскохозяйственных угодий в применяемой системе земледелия, что влечет за собой изменение объемов производства сельскохозяйственной продукции и ее качества. Поэтому экономическая оценка экологического состояния агроландшафта выражается стоимостью недополученной продукции, потерянного объема почвы, питательных веществ в ней и других потерь, а также изменением качества производимой продукции.

Отсюда следует, что для определения экономической эффективности адаптивно-ландшафтных систем земледелия целесообразно использовать критерий сравнительной эколого-экономической эффективности предлагаемого решения относительно существующего состояния.

Эколого-экономическая эффективность (по определению ряда авторов) определяется как экономическая результативность комплекса мероприятий, проводимых в целях оптимизации структуры агроэкосистемы, улучшения качества земельных угодий и повышения продуктивности растительных ресурсов. При этом в ней отражается результативность экологических затрат

(окупаемость затрат на природоохранные цели), направленных на повышение плодородия почв и биологического потенциала растений возделываемых культур. Следовательно, эколого-экономическая эффективность отражает эффективность издержек по ведению земледелия, связанных с воздействием на земельные и растительные ресурсы, с целью улучшения их экологического состояния, т. е. с эффективностью экологических затрат.

Эколого-экономическую эффективность адаптивно-ландшафтных систем земледелия характеризуют следующие показатели:

- полные экологические затраты по ведению системы земледелия;
- дополнительные объемы продукции, полученные при проведении комплекса экологически направленных мероприятий;
- дополнительный чистый доход системы земледелия;
- предотвращенный экологический ущерб природной среде;
- прирост стоимости земельных угодий в результате повышения их экологического качества, плодородия почв.

Величину эколого-экономической эффективности можно определить по размеру установленного предотвращенного экологического ущерба и размеру полученного (предполагаемого) экологического эффекта.

Экологический ущерб, наносимый плодородию почв, характеризуется натуральными и стоимостными показателями. К натуральным показателям относятся:

- площади эродированных, загрязненных земель по видам загрязнения;
- вес потерянного органического вещества гумуса, почвы, фосфора и калия;
- вес потерянного гумуса и питательных веществ в пересчете на органические и минеральные удобрения, необходимые для их восстановления;
- площади пашни с неблагоприятной реакцией почвенной среды (кислотные, солонцовые);
- площади земельных угодий, выведенные из сельскохозяйственного оборота.

В настоящее время имеющаяся информационная база, формируемая по результатам мониторинга окружающей природной среды, пока не позволяет установить полный эколого-экономический ущерб, наносимый природной среде при ведении земледелия. Поэтому целесообразно определять ущерб по стоимости недополученной продукции, потерянного объема почвы, питательных веществ, гумуса, по приведенным затратам на устранение или снижение ущерба, а также с учетом экономической оценки земель, других природных ресурсов.

Экологический эффект создается при проведении мероприятий по воспроизводству плодородия почв, связанных с определенными затратами. Эти затраты (экологические издержки) окупаются дополнительной продукцией, полученной за счет повышения биопродуктивности земельных угодий. Такие экологические издержки наиболее производительны, так как связаны с улучшением качества и производительности основного средства производства — земельных угодий.

В целом эколого-экономическую эффективность необходимо рассматривать как совокупную результативность процесса производства сельскохозяйственной продукции с учетом экологического влияния сельского хозяйства на окружающую среду и, прежде всего, на агроэкологическое состояние земельных ресурсов.

На экологическое состояние природных ресурсов (земли) и в целом окружающей природной среды влияют следующие факторы, определяющие эколого-экономическую эффективность внедряемых адаптивно-ландшафтных систем земледелия:

- оптимальность структуры агроландшафта, сельскохозяйственных угодий, посевных площадей;
- соотношение в севооборотах культур с различным их влиянием на почвы и агроландшафты;
- выполнение комплекса почвозащитных мероприятий (противоэрозионных, лесомелиоративных, гидротехнических и др.);
- уровень компенсации выноса питательных веществ в условиях применяемых агротехнологий возделывания сельскохозяйственных культур;
- технологический уровень производства продукции с учетом плодородия почв, их фитосанитарного, мелиоративного состояния;
- использование орошаемых земель с учетом баланса водных ресурсов и т.д.

Основываясь на обобщении результатов научных исследований по проблеме природопользования в земледелии и целом ряде разработанных ранее методических рекомендаций, можно выделить следующие основные показатели оценки эколого-экономической эффективности адаптивно-ландшафтных систем земледелия:

- затраты на проведение комплекса экологически направленных мероприятий в адаптивно-ландшафтной системе земледелия;
- повышение ценности земельных угодий в результате улучшения их экологического качества, плодородия почв;
- дополнительные объемы продукции, полученные при проведении экологически направленных мероприятий;
- дополнительный чистый доход от внедрения экологически направленных мероприятий;
- экономическая эффективность экологических затрат;
- предотвращенный экологический ущерб в стоимостной форме.

Дополнительный экономический эффект, полученный в результате внедрения адаптивно-ландшафтных систем земледелия в расчете на 1 га, можно рассчитать по следующей формуле:

$$\Delta \mathcal{E}_n = (C_n - C_n) Y_n - (C_6 - C_6) Y_6, \quad (8.83)$$

где  $\Delta \mathcal{E}_n$  — дополнительный экономический эффект в расчете на 1 га, руб.;  
 $C_n$  и  $C_6$  — цена реализации с учетом качества 1 т продукции в сравниваемых (до и после внедрения ландшафтной системы земледелия) вариантах, руб.;

$C_n$  и  $C_b$  — себестоимость 1 т продукции в сравниваемых вариантах, руб.;

$Y_n$  и  $Y_b$  — урожайность культур в сравниваемых вариантах, т/га.

Из формулы следует, что дополнительный экономический эффект определяется отдельно по каждой основной сельскохозяйственной культуре. Для определения влияния отдельных факторов на получение дополнительного экономического эффекта используется формула

$$\Delta \mathcal{E}_n = Y_b (C_n - C_b) + Y_b (C_b - C_n) + (C_n - C_n) (Y_n - Y_b), \quad (8.84)$$

где  $Y_b (C_n - C_b)$  — за счет повышения качества продукции;

$Y_b (C_b - C_n)$  — за счет снижения себестоимости продукции;

$(C_n - C_n) (Y_n - Y_b)$  — от повышения урожайности.

Величина относительного годового экономического эффекта за счет внедрения адаптивно-ландшафтных систем земледелия представляет собой разность чистого дохода (или прибыли) в сравниваемых вариантах до и после внедрения новой системы. Сравниваются результаты деятельности по внедряемой системе с другими хозяйствами или одного хозяйства за разные промежутки времени до и после внедрения новой системы земледелия или отдельных входящих в ее состав мероприятий с учетом индекса цен в условиях инфляции. В расчетах учитывается также предотвращенный экологический ущерб от антропогенной сельскохозяйственной нагрузки. Формула расчета выглядит следующим образом:

$$\begin{aligned} \mathcal{E}_{\text{э}}^{\text{отн}} &= (B_{n_n} - Z_n - Y_{\text{э}_n} / - / B_{n_b} - Z_b - Y_{\text{э}_b}) S_n = \\ &= (B_{n_n} - Z_n / - / B_{n_b} - Z_b / - / Y_{\text{э}_n} - Y_{\text{э}_b}) S_n, \end{aligned} \quad (8.85)$$

где  $\mathcal{E}_{\text{э}}^{\text{отн}}$  — относительный эколого-экономический эффект от внедрения эколого-ландшафтных систем земледелия, руб.;

$B_{n_n}$  и  $B_{n_b}$  — стоимость валовой продукции в новом и базовом вариантах в расчете на 1 га, руб.;

$Z_n$  и  $Z_b$  — производственные затраты в новом и базовом вариантах в расчете на 1 га, руб.;

$Y_{\text{э}_n}$  и  $Y_{\text{э}_b}$  — экологический ущерб от антропогенной сельскохозяйственной нагрузки в новом и базовом вариантах в расчете на 1 га, руб.;

$S_n$  — площадь внедрения проектируемого варианта эколого-ландшафтной системы, га.

Интегральную величину экологического ущерба ( $Y_{\text{э}}$ ) следует определять как сумму частных экологических ущербов:

$$Y_{\text{э}} = \sum_{i=1}^n Y_i, \quad (8.86)$$

где  $Y_{\text{э}}$  — экологический ущерб  $i$ -го вида, тыс. руб.;



$\sum_{i=1}^n$  — число экологических ущербов, поддающихся экономической оценке.

Экологический ущерб (как показатель эколого-экономической оценки) подразумевает оценку в денежной форме возможных и фактических потерь урожая, почвенного плодородия, разрушения естественных кормовых угодий, загрязнения почв и сельскохозяйственной продукции технологическими отходами животноводческих комплексов, агрохимикатами и т.д., возникающих в результате хозяйственной деятельности, а также необходимых ресурсов для ликвидации негативных последствий суммарной антропогенной сельскохозяйственной нагрузки и стабилизации окружающей среды.

Экологический ущерб ( $Y_i$ ), проявившийся в виде прямых потерь продукции вследствие возделывания сельскохозяйственных культур на смытых и дефлированных почвах, применения тяжелых сельскохозяйственных машин, фитотоксичности остаточных количеств агрохимикатов в почве, других загрязнителей окружающей среды, может рассчитываться (прогнозироваться) по формуле

$$Y_i = Y_n + Y_k + Y_p + Y_{ky} + Y_s, \quad (8.87)$$

где  $Y_i$  — экологический ущерб от потерь почвенного плодородия под воздействием различных факторов, тыс. руб.;

$Y_n$  — ущерб от потерь почвенного плодородия, тыс. руб.;

$Y_k$  — ущерб от загрязнения земли животноводческими комплексами, складами минеральных удобрений, пестицидов и т.д., тыс. руб.;

$Y_p$  — ущерб от разрушения сельскохозяйственных угодий оврагами и в результате неправильного их использования, тыс. руб.;

$Y_{ky}$  — потери от разрушения кормовых угодий нерегулируемым выпасом скота, тыс. руб.

$Y_s$  — ущерб от выброса загрязнений в почву, воду и воздух, тыс. руб.

Могут определяться и другие виды эколого-экономического ущерба. Эколого-экономический ущерб, наносимый земле, используемой в сельском хозяйстве в качестве основного средства производства, проявляется в стоимостной оценке качественного ухудшения ее состояния, выражающегося, прежде всего, в снижении почвенного плодородия и потерях недополученной продукции в результате снижения продуктивности сельскохозяйственных угодий.

Размер ущерба от снижения почвенного плодородия ( $Y_n$ ) определяется с помощью формулы

$$Y_n = Y_n' \cdot S_i, \quad (8.88)$$

где  $Y_n$  — размер удельного эколого-экономического ущерба от снижения почвенного плодородия, тыс. руб.;

$S_i$  — площадь одного вида сельскохозяйственных угодий с пониженным плодородием от  $i$ -го источника (вида) деградации или загрязнения, га.

Размер удельного ущерба от утраченного плодородия почвы ( $Y_{in}$ ) определяется суммой затрат, необходимых для его восстановления, и стоимостью фактически недополученной сельскохозяйственной продукции в результате его снижения с 1 га этих земель по формуле

$$Y_{in} = C_s + P_n, \quad (8.89)$$

где  $C_s$  — затраты, необходимые для восстановления плодородия почвы, тыс. руб/га;

$P_n$  — стоимость недополученной сельскохозяйственной продукции в результате снижения плодородия, тыс. руб/га.

Сумма затрат, необходимых для восстановления потерянного почвенного плодородия ( $C_s$ ), рассчитывается на основе стоимостной оценки ее расходов, необходимых для ликвидации ущерба в результате потери гумуса и питательных веществ, по формуле

$$C_s = \sum_{k=1}^i C_k, \quad (8.90)$$

где  $C_k$  — затраты, необходимые для восстановления  $k$ -го вида компонента плодородия почвы (содержание гумуса, азота, фосфора, калия и др.), тыс. руб/га.

В затраты на восстановление почвенного плодородия включаются стоимость удобрений и мелиорантов с учетом их доставки, расходы на их приобретение, погрузку, транспортировку и внесение:

$$C_k = C_y + C_n + C_T + C_p + C_a, \quad (8.91)$$

где  $C_y$  — стоимость удобрений и мелиорантов, необходимых для восстановления утраченного плодородия, тыс. руб.;

$C_n$  — стоимость погрузки удобрений и мелиорантов, тыс. руб.;

$C_T$  — стоимость транспортировки мелиорантов и удобрений, тыс. руб.;

$C_p$  — стоимость разгрузки удобрений и мелиорантов, тыс. руб.;

$C_a$  — стоимость внесения удобрений и мелиорантов, тыс. руб.

Затраты на приобретение удобрений и мелиорантов определяются на основе расчетов исходя из фактической величины снижения плодородия почвы (потери гумуса, азота, калия и других питательных веществ) за период последнего и предыдущего обследований. Пересчет питательных веществ на 1 га производится с помощью формулы

$$B_k = A \cdot M \cdot H_n \cdot \mathcal{E}_k, \quad (8.92)$$

где  $B_k$  — объемы потерь  $k$ -го компонента почвы (гумуса, т/га; фосфора, азота, калия, кг/га д. в.);

$A$  — коэффициент размерности;

$M$  — объемная масса определенного типа почв и механического состава, г/см<sup>3</sup>;

$H_n$  — глубина пахотного слоя, см;

$E_x$  — размер снижения каждого компонента плодородия почвы (гумуса, фосфора, калия), кг.

Перерасчет потерь гумуса и питательных веществ на эквивалентное количество органических и минеральных удобрений, необходимых для восстановления утраченного плодородия, осуществляется по формуле

$$X_k = B_k \cdot H_o, \quad (8.93)$$

где  $X_k$  — объем удобрений, необходимых для восстановления потерь гумуса или питательных веществ, т/га;

$B_k$  — объем потерь гумуса или питательных веществ, т (кг д.в.)/га;

$H_o$  — норма внесения в почву навоза (соломы, торфа) для восстановления 1 т гумуса, или процентное содержание питательных веществ в соответствующих стандартных туках минеральных удобрений, либо их коэффициенты.

Заграты на хранение, перевозку и внесение удобрений, и мелиорантов в почву осуществляются по соответствующим региональным нормативам, скорректированным на индекс роста цен, или существующим сложившимся расценкам за выполнение данного вида работ.

Стоимость недополученной сельскохозяйственной продукции вследствие падения урожайности культур в результате снижения почвенного плодородия (Пп) определяется с помощью формулы

$$P_n = U_i \cdot C_i, \quad (8.94)$$

где  $U_i$  — величина потерь урожайности  $i$ -й сельскохозяйственной культуры, т/га;

$C_i$  — закупочная цена в действующих или сопоставимых ценах  $i$ -го вида сельскохозяйственной продукции (основной и побочной), тыс. руб/т.

Оценку недобора урожая в результате снижения плодородия земель следует проводить по объему недополученной основной и побочной продукции. Общий недобор продукции определяется как сумма недобора по каждой сельскохозяйственной культуре.

Недобор сельскохозяйственной продукции определяется по разнице среднесулетней урожайности сельскохозяйственных культур за период до и после контрольного анализа почв с помощью формулы

$$U_i = U_{i1} \cdot U_{i2}, \quad (8.95)$$

где  $U_i$  — недобор  $i$ -го вида сельскохозяйственной продукции вследствие снижения почвенного плодородия, т/га;

$U_{i1}$  — средняя многолетняя урожайность  $i$ -го вида сельскохозяйственной продукции за период до снижения почвенного плодородия, т/га;

$U_{i2}$  — средняя многолетняя урожайность  $i$ -го вида сельскохозяйственной продукции за период, в течение которого происходило снижение плодородия, т/га.

Эколого-экономический ущерб от загрязнения земли в результате размещения стационарных объектов сельского хозяйства (животноводческие комплексы, птицефабрики, навозохранилища, склады удобрений, пестицидов и

т.д.) определяется путем подсчетов затрат, необходимых для строительства, реконструкции или капитального ремонта сооружений (установок, устройств), обеспечивающих предупреждение (ликвидацию) загрязнения земли.

Размер ущерба ( $Y_k$ ) определяется расходами на предупреждение загрязнений на основе расчета капитальных и текущих затрат на осуществление мероприятий (капитальное строительство, реконструкцию, эксплуатацию сооружений и объектов) по ликвидации загрязнения земли с помощью формулы

$$Y_k = C_1 + \frac{K_n}{T}, \quad (8.96)$$

где  $C_1$  — текущие затраты по эксплуатации устанавливаемого на стационарном объекте природоохранного сооружения (установки, устройства), тыс. руб.;

$K_n$  — стоимость природоохранного сооружения, тыс. руб.;

$T$  — нормативный срок действия природоохранного сооружения, годы.

Ущерб от недобора продукции с непосредственно разрушенных оврагами и прилегающих к бровкам оврагов площадей сельскохозяйственных угодий ( $Y_p$ ) определяется с помощью формулы

$$Y_p = D_i S_p + ДП_i S_{П_i}, \quad (8.97)$$

где  $D_i$  — средний доход с единицы площади  $i$ -го сельскохозяйственного угодья, тыс. руб.;

$S_p$  — площадь разрушенных земель, га;

$ДП_i$  — снижение чистого дохода с прилегающих к бровкам оврагов сельскохозяйственных угодий за счет менее интенсивного их использования (например, перевода пашни в пастбища) определяется как разница чистого дохода с пашни и пастбища, тыс. руб.;

$S_{П_i}$  — площади прилегающих к бровкам оврагов земель (га) определяются непосредственно в натуре или по нормативным данным.

Ущерб от недобора продукции (урожая) с прилегающих к оврагам земель определяется с помощью формулы

$$П_n = Y_u F, \quad (8.98)$$

где  $Y_u$  — снижение урожайности сельскохозяйственных культур за счет иссушающего (дренирующего) действия оврага (т/га), по данным С. С. Соболева, составляет 1 ц зерна в расчете на 1 га водосборной площади оврага [2];

$F$  — площадь водосбора, га.

Вследствие расчленяющего действия оврага ущерб будет возрастать как за счет потерь осадков со стоком, так и за счет выноса питательных веществ из почвы. В этом случае возрастают затраты на холостые повороты и заезды машинно-тракторных агрегатов. Суммарные потери от овражной эрозии (стока, смыва), а также влияния рельефа и размещения участков на произво-

длительность машин ( $S$ ) в этом случае рассчитываются с помощью соответствующего уравнения, предложенного М. И. Лопыревым [107]:

$$S = i (4,378 + 1,789i - 0,043i^2) + a/L + B - 2,365, \quad (8.99)$$

где  $i$  — средний рабочий уклон при обработке пашни, град;

$L$  — средневзвешенная длина участка в сотнях метров;

$a, B$  — коэффициенты, зависящие от тягового класса трактора и плотности тракторных работ.

Размер ущерба от деградации естественных кормовых угодий в результате нерегулируемого выпаса животных ( $У_{кв}$ ) определяется на основе расчетов объема затрат, необходимых на его ликвидацию (восстановление естественных кормовых угодий), а также от недобора урожая зеленой массы с 1 га кормовых угодий по формуле

$$У_{кв} = З + П, \quad (8.100)$$

где  $У_{кв}$  — ущерб от разрушения кормовых угодий в результате нерегулируемого выпаса сельскохозяйственных животных, тыс. руб.;

$З$  — затраты, необходимые для восстановления кормовых угодий, тыс. руб.;

$П$  — стоимость потерь (недобора зеленой массы в результате снижения урожайности как следствия деградации кормовых угодий), тыс. руб.

Разрушение естественных кормовых угодий устанавливается на основе экспертизы пастбищных угодий по результатам сравнения фактически выпасаемого поголовья животных в расчете на 100 га с предусмотренными нормативами (при превышении этих нормативов).

Затраты, необходимые на проведение мероприятий, обеспечивающих частичное или полное восстановление кормовых угодий, определяются с помощью формулы

$$З = З_n + \frac{K_n}{T}, \quad (8.101)$$

где  $З_n$  — текущие затраты на внедрение почвозащитных мероприятий (создание природоохранных сооружений), тыс. руб.;

$K_n$  — капитальные вложения на восстановление естественных кормовых угодий, тыс. руб.;

$T$  — допустимый срок окупаемости капиталовложений на улучшение кормовых угодий для данной зоны, годы.

Стоимость потерь (недобора) зеленой массы с кормовых угодий в результате нерегулируемого выпаса животных ( $П$ ) определяется на основе сравнения их продуктивности за период до и после деградации кормовых угодий, умноженной на цену единицы зеленой массы в рублях, по формуле 8.93.

Определение эколого-экономического ущерба от выброса загрязнений ( $У_3$ ) в воду и воздух осуществляется по удельным нормативам с помощью формулы

$$Y_3 = \sum_{i=1}^m Y_i M_i, \quad (8.102)$$

где  $i = 1 \dots m$  — виды вредных веществ (примесей), выбрасываемых предприятиями;

$Y_i$  — удельный экономический ущерб, причиняемый выбросом (сбросом) 1 т вредных веществ (примесей), тыс. руб.;

$M_i$  — общая масса газового выброса вредных веществ  $i$ -го вида, т.

Величина экологического ущерба может определяться не только как сумма частных экологических ущербов (по формуле 8.85), но и как разница между величиной полного экологического ущерба ( $Y_1$ ) и предотвращенного экологического ущерба ( $K \cdot Z_y$ ), определяемого по эффективности затрат, направленных на предупреждение и ликвидацию ущерба:

$$Y_s = Y - (K \cdot Z_y), \quad (8.103)$$

где  $Y$  — полный экологический ущерб;

$K$  — коэффициент эффективности природоохранных мер;

$Z_y$  — затраты, направленные на предупреждение и ликвидацию ущерба.

Произведение  $K \cdot Z_y$  представляет собой предотвращенный экологический ущерб.

Коэффициент эффективности природоохранных мер, по данным М. И. Лопырева, на равнинных землях равен 0,15-0,3, а на склонах — 2 [107].

В этом случае, даже не зная абсолютной стоимостной величины экологического ущерба от антропогенной деятельности, можно определить величину снижения данного ущерба по результатам эффективности затрат на экологические цели.

Тогда формула относительного эколого-экономического эффекта от внедрения ландшафтной системы земледелия (8.16) приобретает следующий вид:

$$\mathcal{E}_{33}^{\text{отн}} = \left( |B_{\Pi_n} - Z_n| - |B_{n_6} - Z_6| - |KZ_{y_6} - KZ_{y_n}| \right) S_n. \quad (8.104)$$

Эколого-экономический эффект определяется через комплекс мероприятий, связанных с улучшением качества земельных угодий, природной среды, биоресурсов, оптимизацией структуры угодий, обеспечением благоприятных условий для развития растений, охраной земельных угодий. Критериями эколого-экономической эффективности являются степень улучшения экологического состояния агроэкосистемы, повышение плодородия почв, их окультуренности, снижение загрязненности и разрушения земель, прирост биологического потенциала растений.

Общая эколого-экономическая эффективность адаптивно-ландшафтной системы земледелия отражает величину чистого дохода (или прибыли) с учетом предотвращенного экологического ущерба (в стоимостной форме с ис-

пользованием коэффициента эффективности экологических затрат) на единицу общих (производственных и экологических) затрат:

$$\mathcal{E}_{\text{ээ общ.}} = \frac{\mathcal{E}_{\text{ээ}}}{\mathcal{Z}_{\text{ээ}}}, \quad (8.105)$$

где  $\mathcal{E}_{\text{ээ общ.}}$  — показатель общей эколого-экономической эффективности, руб. на 1 руб. затрат;

$\mathcal{E}_{\text{ээ}}$  — полный эколого-экономический эффект, тыс. руб.;

$\mathcal{Z}_{\text{ээ}}$  — затраты, обеспечившие эколого-экономический эффект, включая и природоохранные мероприятия, тыс. руб.

Полный эколого-экономический эффект определяется следующим образом:

$$\mathcal{E}_{\text{ээ}} = B_n - \mathcal{Z}_n - (Y - K \mathcal{Z}_y), \quad (8.106)$$

следовательно, общая эколого-экономическая эффективность равна:

$$\mathcal{E}_{\text{ээ общ.}} = \frac{B_n - \mathcal{Z}_n - (Y - K \cdot \mathcal{Z}_y)}{\mathcal{Z}_{\text{ээ}}}, \quad (8.107)$$

где  $B_n$  — стоимость валовой продукции, тыс. руб.;

$\mathcal{Z}_n$  — производственные затраты, тыс. руб.;

$Y$  — величина эколого-экономического ущерба сельскохозяйственного производства, тыс. руб.;

$K$  — коэффициент эффективности природоохранных мероприятий;

$\mathcal{Z}_y$  — затраты, направленные на предупреждение и ликвидацию ущерба в сельском хозяйстве, тыс. руб.

Положительная динамика данного показателя в сравниваемых вариантах (до и после применения адаптивно-ландшафтных систем земледелия, с учетом индекса цен в условиях инфляции) отражает рост эффективности экологических затрат на формирование адаптивно-ландшафтной системы земледелия.

## 9. РАЗРАБОТКА МОДЕЛЕЙ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ ДЛЯ БАЗОВЫХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

### 9.1. Роль математических моделей в обосновании систем земледелия сельскохозяйственных предприятий

Оптимизационные математические методы широко используются в моделировании процессов сельскохозяйственного производства с 60-х годов XX в. Поначалу объектом математического моделирования были важные, но все же частные аспекты аграрного производства — состав машинно-тракторного парка, рационы кормления, распределение удобрений, структура посевных площадей и т. п. Но в проектировании систем земледелия математические методы еще длительное время не имели должного применения.

В 80-е годы XX в. в регионах страны были разработаны зональные системы земледелия, в определенной мере учитывавшие местную природно-климатическую специфику и уровень развития производительных сил. Однако попытки разработки систем земледелия для отдельных хозяйств на основе зональных эталонов без использования экономико-математических оптимизационных методов оказались не столь плодотворными. Не останавливаясь на анализе всего комплекса причин, обусловивших это, укажем, все же, одну. Господствовавший тогда расчетно-конструктивный метод не предполагал многовариантности при выработке стратегических агрономических решений. В результате даже лучшие, хорошо обоснованные зональные модели земледелия при переносе в условия колхозов и совхозов зачастую превращались в шаблонные безжизненные схемы.

С учетом этого представляется особо значимым успешный опыт использования оптимизационных моделей при разработке систем земледелия в Зауралье и Западной Сибири. В 1983 г. В. И. Овсянников с соавторами [146] впервые в регионе формализовал систему земледелия для природно-сельскохозяйственных зон Курганской области в виде задачи линейного программирования. Несколько позже в Сибирском НИИ земледелия и химизации В. И. Кирюшиным, А. Н. Власенко и А. И. Южаковым [87] была создана математическая модель земледелия Новосибирской области. В упомянутых работах наиболее ценными были идеи дифференциации земледелия по уровням интенсификации и учета взаимодействия системообразующих факторов — севооборота, обработки почвы, удобрений, контроля сорняков и других вредных объектов. Эти идеи входят и в методологию математического моделирования адаптивно-ландшафтного земледелия.

### 9.2. Системный характер земледелия и особенности его математического моделирования

Важнейшей предпосылкой для математической формализации земледелия является его системный характер. Он давно уже общепризнан. В качестве подтверждения этого положения обычно рассматривается декомпозиция (членение) систем земледелия на компоненты — так называемые звенья, или



комплексы мероприятий. Возможность четкой декомпозиции на элементы является, безусловно, важным, но далеко не исчерпывающим признаком системного характера объекта. Еще большее значение имеет выявление прямых и обратных связей между элементами.

Глубина познания взаимодействий между элементами системы земледелия неодинакова. Некоторые из них давно находятся в поле зрения исследователей; другим посвящены лишь отдельные работы. Последнее связано с тем, что достоверную количественную оценку взаимодействий можно получить лишь в специально спланированных для этого достаточно сложных и высокочувствительных длительных стационарных многофакторных опытах.

Наиболее полно исследованы влияния предшественников и севооборотов на эффективность удобрений. Например, неодинаковое воздействие разных предшественников на мобилизацию азота почвы в доступных для культурных растений формах известно еще с работ Д.Н. Прянишникова. Установлено, что способность предшественников обеспечивать культуры минеральным азотом возрастает в ряду: повторные посевы зерновых, однолетние кормовые, многолетние травы, горох, чистый пар. В этом же направлении растет эффективность вносимого фосфора, тогда как прибавки урожая от азотных удобрений столь же закономерно падают. Очевидные на качественном уровне указанные закономерности нуждаются, однако, в детальной эмпирической проверке в местных условиях в полевых опытах, в которых реакция культур на предшественники исследуется на фоне комбинаций азота, фосфора и калия, представленных в последовательной градации их норм.

Большой интерес представляет анализ более сложного взаимодействия между предшественником, с одной стороны, и удобрениями и пестицидами — с другой. В Зауралье эту проблему в 70-е-90-е гг. XX в. исследовал В. И. Овсянников. Он показал, что фактором, определяющим эффективность экстенсивного земледелия, специализирующегося на производстве зерна, является чистый пар. Но депрессия урожайности зерновых после непаровых предшественников в сравнении с чистым паром значительно ослабляется совместным применением азотных удобрений и гербицидов. При этом технологически и экономически предпочтительными становятся не только севообороты из зерновых и кормовых культур, но и севообороты со стопроцентным насыщением зерновыми, вплоть до бессменной культуры. Этим было доказано, что в условиях интенсификации земледелия Зауралья роль ведущего системообразующего фактора переходит от предшественника к средствам химизации. Были установлены и количественные параметры, обуславливающие переход на беспаровое земледелие: внесение в среднем на гектар пашни 30-50 кг азота, 20-30 кг фосфора и обработка гербицидами 30-40 % пашни. Высказанные сначала в форме гипотезы, эти положения были подтверждены в серии унифицированных длительных многофакторных стационарных опытов по оценке севооборотов при разных уровнях химизации, заложенных в разных агроклиматических зонах Зауралья. На основе данных этих стационаров в 1983 г. были построены математические модели, вскрывшие формальную (математическую) связь между исследованными факторами.

Широко известна связь между севооборотом и обработкой почвы. В степных районах Сибири и Северного Казахстана главным условием перехода на мульчирующую обработку является высокий (как минимум, 12-15%) удельный вес чистого пара. Этот вывод, сформулированный в работах сотрудников бывшего ВНИИЗХ под руководством академика А. И. Бараева, для степных районов Сибири и Казахстана сейчас представляется аксиоматическим.

В дальнейшем были получены доказательства тесного взаимодействия обработки почвы и химических средств интенсификации [85]. Установлено, что при экстенсивном земледелии и невысоком удельном весе чистого пара замена вспашки на минимальную обработку (плоскорезом, дисковыми орудиями), а тем более отказ от основной обработки приводят к существенному снижению урожайности зерновых. Азотные удобрения и гербициды уменьшают разрыв между способами обработки и делают возможной минимализацию обработки почвы. Формализация установленных при этом количественных зависимостей была осуществлена в математических моделях систем земледелия.

В последующих многофакторных экспериментах были идентифицированы связи между минеральными удобрениями и средствами защиты растений удобрениями, сроками посева, нормами высева и др.

Таким образом, система земледелия из набора мероприятий превращается в целостность, которая может быть строго идентифицирована. При этом изменение любого значимого элемента системы делает необходимым изменение других элементов, а заданной характеристике одного элемента соответствуют определенные качественные и количественные параметры других. Формализация этих зависимостей на основе данных длительных многофакторных стационарных опытов с градацией факторов создает предпосылки для перехода от вербальной модели земледелия к математической.

### 9.3. Агротехнологии как подсистемы системы земледелия

К вопросу о соотношении систем земледелия и агротехнологий существуют два подхода. Один из них, традиционный для отечественной аграрной науки, признает системы земледелия самодостаточными; технологиям возделывания культур при этом отводится подчиненная роль. Второй, основанный на зарубежных (главным образом западноевропейских) научных и производственных достижениях, отдает безусловный приоритет агротехнологиям, необходимость систем земледелия при этом фактически отрицается.

Следствием первого подхода является упомянутое выше деление системы земледелия на «звенья мероприятий». Такой подход плохо согласуется с принципами адаптивно-ландшафтного земледелия, согласно которым объектом планирования в агрономии рассматриваются не земли сельскохозяйственного предприятия в целом, а их отдельные агроэкологические типы. Попытка детализировать систему земледелия, сформированную из отдельных «звеньев мероприятий», приводит к потере целостности модели и возврату от системного принципа к устаревшему теоретико-множественному. Еще

одно следствие автономности этих звеньев — информационные лакуны, неизбежно возникающие на междисциплинарных стыках между агрохимией, защитой растений, теорией севооборотов, обработкой почвы.

Второй подход представляется допустимым для небольших сельскохозяйственных предприятий, в которых невелико разнообразие природных условий и ограничен набор возделываемых культур. При попытке его реализации в крупных хозяйствах неизбежно возникают проблемы экологической и экономической взаимоувязки элементов системы.

Во избежание этих противоречий В. И. Кирюшиным [81] предложено рассматривать систему земледелия как средство оптимизации агроландшафтов, агротехнологию — как средство управления агроценозом конкретной культуры в агроландшафте. Важно подчеркнуть, что совокупность агротехнологий — это не просто набор возможных способов возделывания культур в конкретном сельхозпредприятии. Их можно рассматривать как подсистемы системы земледелия. На уровне агротехнологий реализуется часть рассмотренных в п.5.15.2 прямых и обратных связей, определяющих системный характер земледелия.

#### **9.4. Значение математических методов для проектирования адаптивно-ландшафтных систем земледелия**

Обоснование отдельных технологий — посильная задача для квалифицированного агронома. Для этого вполне достаточно знания зональных научных рекомендаций и умения скорректировать их на основе собственного опыта специалиста и сведений о ресурсном потенциале агропредприятия. Иное дело — взаимная увязка всех технологических элементов в рамках единой системы земледелия хозяйства. Здесь традиционный расчетно-конструктивный метод, позволяющий обосновать параметры и оценить эффективность небольшого числа возможных вариантов, непригоден — для этого необходимо использовать математическое моделирование.

По сравнению с традиционными системами земледелия адаптивно-ландшафтные требуют значительно более детального учета агроэкологических характеристик земель и культур, природно-ресурсного и производственно-ресурсного потенциалов, требований к качеству продукции и соблюдению норм охраны окружающей среды. Необходимость учета разнонаправленных взаимодействий между системообразующими факторами еще более усложняет процедуру проектно-изыскательских работ. Использование для этого лишь вербальных (словесных) методов создает угрозы, с одной стороны, неопределенности и субъективизма, с другой — возврата к предельно схематизированным решениям на основе выбора из ограниченного набора готовых шаблонов. Будучи мощным инструментом формализации агроэкологических объектов, математическое моделирование позволяет эффективно устранить эти угрозы.

Вербальные модели обладают ограниченными прогностическими возможностями. С того момента, как модель системы земледелия, изложенная

на бумаге в виде свода рекомендаций, передается заказчику, она начинает устаревать. Резкие колебания экономической ситуации неизбежны на этапе становления рыночных отношений, который переживает сейчас народнохозяйственный комплекс страны. Это еще более обесценивает вербальные модели, так как в них крайне сложно учесть колебания цен на продукцию аграрного сектора и материально-технические ресурсы, их комбинации. В математической модели, дополненной базой данных, можно учитывать широкий спектр внешних условий, настраивать модель на разнообразные экономические ситуации.

Таким образом, использование методов математического моделирования при обосновании адаптивно-ландшафтных систем земледелия необходимо и даже неизбежно.

### 9.5. Цель и основное содержание математического моделирования адаптивно-ландшафтных систем земледелия

*Целью математического моделирования адаптивно-ландшафтного земледелия* является нахождение таких количественных параметров системы земледелия сельскохозяйственного предприятия, при которых обеспечивается экономически наиболее эффективное его функционирование при определенных агроэкологических характеристиках земель и культур, природно-ресурсном и производственно-ресурсном потенциалах, соблюдении требований по охране окружающей среды.

Главное требование к модели адаптивно-ландшафтного земледелия — учет *агроэкологической разнородности земель*. Поэтому к разработке математической модели можно приступать, лишь располагая данными агроэкологической оценки земель предприятия. Учет разнородности земель целесообразно осуществляется на уровне агроэкологических типов. В необходимых случаях могут выделяться и категории пригодности земли для отдельных культур и технологий. Указанное требование определяет общую компоновку модели адаптивно-ландшафтного земледелия предприятия: она должна иметь блочную структуру. Число блоков соответствует выделенным агроэкологическим типам и категориям земель. Если в пределах данного агроэкологического типа представлены и естественные кормовые угодья, то они выделяются в отдельный блок. Каждый блок является подсистемой, для которого формируются ограничения по площади земли и способам производства. Связующий блок содержит ограничения по трудовым, материально-техническим и денежным ресурсам, увязке межотраслевых пропорций. Общим для всех блоков является и критерий оптимальности (функционал задачи).

### 9.6. Обоснование переменных моделей

Поиск решения в оптимальном программировании заключается в выборе по определенному алгоритму значений переменных.

В традиционных постановках задачи оптимизации структуры посевных площадей в качестве переменных чаще всего принимается набор культур. Система севооборотов при этом формируется с помощью дополнительных ограничений площади культур либо по предшественникам, либо по допустимым пределам доли отдельных культур от общей посевной площади. При альтернативном подходе в качестве независимых переменных рассматриваются возможные (допустимые) по агроэкологическим требованиям севообороты. При этом оптимальное решение задачи позволяет установить, какие севообороты и на каких площадях являются наиболее эффективными.

Каждый из этих подходов имеет и положительные, и отрицательные стороны. Первый учитывает отсутствие в большинстве сельскохозяйственных предприятий освоенных севооборотов. Рациональное размещение культур по предшественникам позволяет гибко реагировать на различные производственно-технологические, экологические и экономические ситуации. Вместе с тем, учета взаимовлияния культур и последствий применявшихся технологий (в первую очередь удобрений) с ретроспективой лишь в один год явно недостаточно. Увеличение же учитываемого периода до двух-трех лет и более является фактически обращением к севооборотам. Введение ограничений в виде предельной доли посева культуры, размещаемой по отдельным предшественникам, является, по сути, подменой процедуры оптимизации расчетно-конструктивным методом, хотя и производимым с помощью средств прикладной математики.

Главный недостаток второго подхода заключается в том, что размер матрицы линейного программирования, в которую в качестве переменных включаются многопольные севообороты, чрезвычайно велик, так как количество возможных вариантов севооборотов экспоненциально возрастает с увеличением числа полей в них. Даже если исключить схемы севооборотов, явно бессмысленные по агрономическим критериям, число оставшихся значительно превысит возможности средств программирования, не говоря уже о том, что разработка такой модели может потребовать много времени и усилий.

Изложенное дает основание считать наиболее перспективным паллиативный вариант, при котором в качестве переменных рассматриваются звенья севооборотов. Звено севооборота может включать одну, две или три культуры. Примерами однопольных звеньев являются повторные посевы зерновых, выводные поля многолетних трав. Трехпольные звенья обязательно включают культуру, последствие которой проявляется более одного года. Таковы чистый пар и многолетние травы. Как показывают исследования в стационарных опытах зональных научно-исследовательских учреждений, заметное последствие однолетних кормовых культур проявляется лишь один год; уже на второй год на фоне других технологических факторов (удобрений,

обработки) оно практически не обнаруживается. Поэтому, например, звено кукуруза — пшеница — пшеница можно рассматривать как два самостоятельных — двухпольное в составе кукурузы и пшеницы и однопольное, представленное повторной пшеницей.

Для каждого звена задаются агротехнические, экологические и экономические характеристики, конкретизированные для отдельных агроэкологических типов земель.

Агротехническая характеристика представляет собой набор технологий возделывания культур, входящих в данное звено и объединенных в единый агрокомплекс. Идентифицируя агротехническую характеристику звена севооборота, следует иметь в виду прежде всего последствие таких факторов, как удобрения, химические мелиоранты. Одно и то же звено севооборота, представленное несколькими агрокомплексами с разными категориями интенсивности (экстенсивной, нормальной, интенсивной), рассматривается как несколько переменных.

Экологические и природоохранные характеристики звена севооборота строятся на критериях, имеющих вид императивов («разрешено» — «запрещено»). Более предпочтителен подход, при котором подобные ограничения основываются на градации критериев, математически формализованных в форме технических коэффициентов при переменных. Реализация такого подхода сдерживается дефицитом знаний о зависимости между факторами среды и результатами их воздействия. В перспективе по мере прогресса в области экологического нормирования это станет возможным.

К экономическим параметрам модели ограничения императивного вида не применяются. Сокращение перечня переменных на основе экономического «здорового смысла» не учитывает все связи в системе, а потому зачастую элиминирует наилучший вариант, который может быть найден лишь в результате решения оптимизационной задачи.

Набор переменных сначала определяется для плакорных земель. Обоснование набора звеньев для других агроэкологических типов в основном сводится к исключению вариантов, не допустимых по агроэкологическим и природоохранным критериям. Так, на солонцовых землях исключаются звенья с соей и кукурузой, на эрозионных и дефляционных — варианты, в которых основная обработка проводится отвальным плугом.

### 9.7. Учет в модели межотраслевых пропорций

Построение модели адаптивно-ландшафтного земледелия предусматривает оптимизацию пропорций между основными отраслями (растениеводством и животноводством), так как соотношение между видами угодий, нагрузка животных на единицу площади угодий и другие показатели, отражающие отраслевую структуру, относятся к основным экологическим характеристикам аграрного природопользования. Связь между отраслями формализуется, с одной стороны, через ограничения по производству и использованию кормов и навоза, с другой стороны — через стоимостные и натуральные показатели, характеризующие технологии. Это позволяет учесть взаимное влияние

отраслей, конкуренцию за денежные, трудовые и технические производственные ресурсы предприятия.

### 9.8. Математическая постановка задачи

Допустим, что пашня сельскохозяйственного предприятия представлена  $g$  агроэкологическими типами земли. Каждый из них занимает площадь  $S_j$  га ( $g \in f$ ). На  $g'$  типах земли имеются естественные кормовые угодья площадью  $S_{j'}$  га ( $g' \in f'$ ). На землях данного агроэкологического типа культуры могут размещаться в  $h$  видах звеньев севооборотов ( $h \in i$ ) с заданным чередованием культур. В звене севооборота может применяться одна из  $j$  технологических комплексов ( $j \in k$ ), выполняться  $m$  видов сельскохозяйственных работ ( $m \in l$ ) в  $v$  календарных периодов ( $v \in u$ ) и производиться один или несколько из  $p$  видов сельскохозяйственной продукции ( $p \in n$ ). Кроме того, в хозяйстве содержится крупный рогатый скот, относящийся к  $r$  половозрастным группам ( $r \in q$ ).

Предполагаются известными следующие технико-экономические коэффициенты:

$a_{fikn}$  — производство на пахотных землях  $f$ -го агроэкологического типа  $n$ -го вида продукции в  $i$ -м звене севооборота при  $k$ -м технологическом комплексе, т/га;

$a_{f'n}$  — производство на естественных кормовых угодьях, расположенных на землях  $f'$ -го агроэкологического типа,  $n$ -го вида продукции, т/га;

$a_{qn'}$  — производство  $n'$ -го вида продукции животноводства  $q$ -й половозрастной группой КРС, т/(гол/год);

$b_{fik}$  — прямые затраты на землях  $f$ -го агроэкологического типа в  $i$ -м звене севооборота при использовании  $k$ -й технологической системы, руб/га;

$b_q$  — прямые затраты на содержание  $q$ -й половозрастной группы КРС без учета стоимости кормов, руб/(гол/год);

$z_n$  — цена реализации  $n$ -го вида продукции;

$t_{iukl}$  — затраты времени на выполнение  $l$ -го вида работ в  $u$ -й календарный период на землях  $f$ -го агроэкологического типа в  $i$ -м звене севооборота при использовании  $k$ -го технологического комплекса, ч/га;

$d_{fik}$  — внесение навоза на землях  $f$ -го агроэкологического типа в  $i$ -м звене севооборота при использовании  $k$ -го технологического комплекса, т/га;

$d_{qn'}$  — расход  $n'$ -го вида продукции растениеводства на  $q$ -ю половозрастную группу КРС, т/(гол/год). При этом  $n' \subset n$ , где  $n'$  — подмножество видов кормов;

$c_{fik}$  — прибыль на землях  $f$ -го агроэкологического типа в  $i$ -м звене севооборота при использовании  $k$ -го технологического комплекса, руб/га; ее значение вычисляется по формуле

$$c_{fik} = \sum_{n=1}^p z_n a_{fikn} - b_{fik} \quad (9.1)$$

Аналогично вычисляются:

$c_f$  — прибыль на естественных кормовых угодьях, расположенных на землях  $f$ -го агроэкологического типа, руб/га;

$c_q$  — прибыль от  $q$ -й половозрастной группы КРС, руб/(гол/год).

Переменные в задаче имеют следующие обозначения:

$x_{fik}$  — площадь пашни на землях  $f$ -го агроэкологического типа под  $i$ -м звеном севооборота при использовании  $k$ -го технологического комплекса, га;

$x_f$  — площадь естественных кормовых угодий на землях  $f$ -го агроэкологического типа, га;

$x_q$  — численность КРС  $q$ -й половозрастной группы, головы.

Введем ограничения:

а) по площади пашни в предприятии

$$\sum_{f=1}^g \sum_{i=1}^h \sum_{k=1}^j x_{fik} - \sum_{f=1}^g S_f \leq 0; \quad (9.2)$$

б) по площади пашни в  $f$ -м блоке

$$\sum_{i=1}^h \sum_{k=1}^j x_{fik} - S_f \leq 0; \quad (9.3)$$

в) по площади естественных кормовых угодий в предприятии

$$\sum_{f'=1}^{g'} x_{f'} - \sum_{f'=1}^{g'} S_{f'} \leq 0; \quad (9.4)$$

г) по площади естественных кормовых угодий в  $f'$ -м блоке

$$x_{f'} - S_{f'} \leq 0; \quad (9.5)$$

д) по предельной площади звеньев севооборотов и технологических комплексов

$$\sum_{i=1}^h \sum_{k=1}^j x_{fi_1 k_1} - \lambda_{fi_1 k_1} S_f \leq 0; \quad (9.6)$$

при этом  $i_1 \subset i, k_1 \subset k$ , где  $i_1, k_1$  — подмножества экологически опасных звеньев севооборотов и технологических комплексов;  $\lambda_{fi_1 k_1}$  — коэффициент, численно равный предельно допустимой доле данных севооборотов и технологических комплексов на землях  $f$ -го агроэкологического типа;

е) по прямым затратам

$$\sum_{f=1}^g \sum_{i=1}^h \sum_{k=1}^j b_{fik} x_{fik} + \sum_{q=1}^r b_q x_q - B \leq 0, \quad (9.7)$$

где  $B$  — общее наличие средств на прямые затраты;

ж) по ресурсам времени на выполнение механизированных работ



$$\sum_{f=1}^g \sum_{i=1}^h \sum_{r=1}^j \sum_{l=1}^m \sum_{u=1}^v t_{fiklu} x_{fik} - T_{lu}. \quad (9.8)$$

При этом общий ресурс рабочего времени  $T_{lu}$  рассчитывается по формуле

$$T_{lu} = a_u \tau_u X_{ul} A_l, \quad (9.9)$$

где  $a_u$  — погодный коэффициент  $u$ -го периода, численно равный доле дней в периоде с погодой, позволяющей вести полевые работы;

$\tau_u$  — продолжительность  $u$ -го календарного периода, дни;

$X_{ul}$  — продолжительность рабочего дня при выполнении  $l$ -го вида полевых работ в  $u$ -й период;

$A_l$  — наличие машин (агрегатов, комплексов машин), предназначенных для выполнения  $l$ -го вида полевых работ;

з) по балансу органических удобрений

$$\sum_{f=1}^g \sum_{i=1}^h \sum_{k=1}^j d_{fik} x_{fik} - \sum_{q=1}^r a_{q_3} x_q \leq 0, \quad (9.10)$$

где  $a_{q_3}$  — норма производства навоза  $q$ -й половозрастной группы КРС, т/(гол/год); здесь индекс  $q_3$  обозначает порядковый номер ( $n' = 3$ ) навоза как

вида продукции животноводства;

и) по балансу кормов

$$\sum_{f=1}^g \sum_{i=1}^h \sum_{k=1}^j \sum_{n=1}^p a_{fikn} x_{fik} - \sum_{q=1}^r d_{qn} x_q \geq 0, n \in N^{(1)}; \quad (9.11)$$

к) условие неотрицательности переменных

$$x_{fik} \geq 0; \quad (9.12)$$

$$x_{f'} \geq 0; \quad (9.13)$$

$$x_q \geq 0. \quad (9.14)$$

Сформулируем целевую функцию задачи линейного программирования.

Необходимо найти значения  $x_{fik}$ ,  $x_{f'}$ ,  $x_q$ , максимизирующие функцию:

$$F = \sum_{f=1}^g \sum_{i=1}^h \sum_{k=1}^j c_{fik} x_{fik} + \sum_{f'=1}^{g'} c_{f'} x_{f'} + \sum_{q=1}^r c_q x_q \rightarrow \max. \quad (9.15)$$

Предложенный вариант модели полностью укладывается в рамки задачи линейного программирования блочной структуры.

### 9.9. Нормативная и информационная база модели

Для разработки математической модели адаптивно-ландшафтного земледелия необходима разнообразная информация об агроэкологических условиях, агротехнологиях и других аспектах сельскохозяйственного природопользования. Поэтому и источники информации столь же разнообразны. К ним относятся: а) результаты агроэкологической оценки земель; б) данные научно-исследовательских учреждений и учебных заведений; в) материалы административных органов, управленческих структур сельхозпредприятия; г) информация сортоучастков Госкомиссии по сортоиспытанию, метеостанций Госкомгидромета, служб, осуществляющих мониторинг окружающей среды, организаций, занимающихся землеустройством, мелиоративным и водохозяйственным проектированием, геологическими изысканиями.

В формализованном виде нормативная база модели представлена техническими коэффициентами при переменных и ограничениями.

Важнейшей частью нормативной базы модели является агроэкологическая оценка земель предприятия. Идентификация земель по агроэкологическим типам служит исходной позицией для разработки системы переменных. На основании экспликации земель формируются ограничения по земельным ресурсам для каждого блока.

На основании данных об изменчивости урожайности по полям, а также в связи с применявшимися технологиями проводится идентификация нормативов по агроэкологическим типам земель, предшественникам, системам обработки почвы и категориям интенсификации.

Как правило, показатели охватывают не все возможные культуры, предшественники и технологии, а лишь имеющиеся в хозяйстве. Поэтому следующий этап разработки нормативов — дифференциация их для всех переменных, включенных в модель. Основными источниками информации для этого являются результаты опытов научно-исследовательских учреждений региона, сортоучастков Госкомиссии по сортоиспытанию.

Особенно ценны материалы длительных многофакторных стационарных опытов, посвященных одновременному изучению всех основных элементов технологии: предшественников, обработки почвы, удобрений, защиты от сорняков, вредителей и болезней, охватывающих основные природно-сельскохозяйственные зоны и агроэкологические типы земель. Такие материалы легко формализуются, они значительно снижают субъективизм, неизбежный при обобщении данных разрозненных исследований. В качестве образца подобных опытов могут служить стационары Курганского НИИ сельского хозяйства. Они охватывают все природно-сельскохозяйственные зоны области. Заложенные в 1968-1970 гг., они прошли по семь полных ротаций севооборотов. В свете задач создания информационной базы для разработки адаптивно-ландшафтных моделей земледелия целесообразно пересмотреть подходы зональных научно-исследовательских учреждений к методологии исследований по земледелию и агрохимии. Разрозненные краткосрочные полевые опыты, посвященные отдельным (пусть даже и актуальным) проблемам, должны быть

дополнены унифицированными многофакторными стационарами, направленными на решение конкретной задачи — *разработку нормативов для проектирования систем земледелия*. Необходимо также решить проблему координации исследований на уровне всей страны по образцу географической сети опытов с удобрениями.

Если путем привлечения научно-исследовательской информации не удастся охватить весь спектр культур и технологий, то необходимо использовать метод экспертных оценок. Как правило, численность экспертов, участвующих в процедуре, небольшая — три-пять человек. В качестве экспертов привлекаются научные сотрудники, опытные специалисты — практики, работники хозяйства, для которого разрабатывается модель. На этапе подготовки к экспертизе составляется матрица определения генеральной цели и средств ее достижения. В начале процедуры экспертам предоставляется перечень вопросов. Для обеспечения независимости суждений вначале ход обсуждения регламентируется: первыми опрашиваются эксперты, более молодые по возрасту и занимающие более низкие должности. При привлечении в качестве экспертов научных работников процедура опроса может быть менее формальной. Результаты коллективной экспертизы подвергаются статистической обработке. Для оценки количественных показателей находятся среднее значение прогнозируемой величины, дисперсия, доверительный интервал. Путем расчета коэффициентов парной ранговой корреляции и конкордации определяется степень согласованности мнения экспертов.

Имеющиеся в хозяйствах технологические карты для обоснования технико-экономических коэффициентов при переменных непригодны, так как не охватывают всего набора культур и технологий, включаемых в модель. Поэтому разрабатывается специальный пакет перспективных технологических карт для каждой культуры с учетом предшественника и категории интенсификации. Определенной трудностью при этом является недостаточная надежность нормативных данных хозяйства по ценам на продукцию и ресурсы, затратам рабочего времени, топлива и т.п. Расчет нормативов на основе материалов оперативного и синтетического учета сельскохозяйственного предприятия затруднен неполнотой стоимостной оценки затрат и результатов производства, обусловленной распространенной заменой нормальных товарно-денежных отношений их суррогатами (бартером, «договорными» ценами). Все это следует учитывать при подготовке исходной информации. Поэтому, используя данные хозяйства, необходимо их постоянно сопоставлять со сведениями по соседним предприятиям, нормативами, разрабатываемыми машиноиспытательными станциями, областными (краевыми) административными органами.

Подготовка нормативной базы — наиболее трудоемкий этап работы над математической моделью. Адекватность математической модели в значительной мере предопределяется качеством нормативов. В силу указанных причин основные усилия разработчиков модели должны быть направлены именно на информационное обеспечение работ.

Важной частью информационного обеспечения является создание баз данных по нормативам, используемым при разработке математических моде-

лей. Некоторая часть нормативной базы может быть легко унифицирована в пределах региона. Предпосылкой для этого является то, что между агротехнологиями, применяемыми в разных хозяйствах, но на землях одного агроэкологического типа, гораздо больше сходств, чем между качественно различными землями одного сельхозпредприятия.

### **9.10. Анализ и использование результатов моделирования адаптивно-ландшафтного земледелия предприятия**

Математическая модель адаптивно-ландшафтной системы земледелия — эффективный инструмент при принятии управленческих решений.

Анализ моделирования сводится к сравнению результатов решения вариантов модели, отличающихся значениями природно-ресурсного и производственно-ресурсного потенциалов.

Ресурсные показатели можно разбить на несколько групп — неизменяемые, изменяющиеся неконтролируемые и изменяемые контролируемые. К первым относятся земельные ресурсы, ко вторым — погодные условия, к третьим — наличие средств для осуществления производственной деятельности, тракторов, сельскохозяйственных машин и т. п. Это деление достаточно условно. Присоединением соседнего хозяйства можно изменить обеспеченность пашней, а мелиоративные приемы позволяют отчасти контролировать действие метеорологических факторов. Тем не менее, наиболее актуальной задачей является оценка влияния на систему земледелия обеспеченности хозяйства финансовыми средствами для осуществления производственной деятельности, средствами механизации и т. п.

Варьируя параметрами производственно-ресурсного потенциала, можно оценить современное состояние предприятия, перспективность тех или иных направлений его развития. Таким образом, качественная модель является основой для бизнес-планов.

Хороший интерфейс, по сути, превращает математическую модель адаптивно-ландшафтного земледелия в информационно-советующую систему специалиста и руководителя хозяйства.

Сопоставляя решения, полученные при наложении модели с унифицированными нормативами на хозяйства с неодинаковыми агроэкологическими условиями и ресурсами, можно извлечь весьма полезную информацию для властных структур, ответственных за государственную аграрную политику на региональном уровне, в том числе по такой важной в условиях рынка проблеме, как определение направлений инвестиций.

Математическая модель адаптивно-ландшафтной системы земледелия также является мощным средством научных исследований. С одной стороны, численные эксперименты с моделью — важное дополнение полевых экспериментов, метод их обобщения. С другой стороны, потребность совершенствования нормативной базы моделей, в особенности по параметрам агротехнологий, позволяет придать большую практическую направленность и научную содержательность полевым опытам.

## **10. ФОРМИРОВАНИЕ РЕГИОНАЛЬНЫХ АГРОКОМПЛЕКСОВ, РЕГИСТРОВ АГРОТЕХНОЛОГИЙ И АГРОГЕО- ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ ПО АДАПТИВНО-ЛАНДШАФТНОМУ ЗЕМЛЕДЕЛИЮ**

### **10.1. Принципы разработки региональных агрокомплексов и агрогеоинформационных систем**

До последнего времени в качестве региональных руководств по земледелию служили изданные в большинстве административных областей, краев и республик «Зональные системы земледелия области» – книги (иногда в нескольких томах), в которых обобщены результаты исследований зональных НИИ и практический опыт земледелия. В тех областях, где такие книги не изданы, информация по земледелию содержится в соответствующих разделах более общих руководств по системе ведения сельского хозяйства, изданных в каждом субъекте Российской Федерации.

Эти документы сыграли важную роль в освоении зональных систем земледелия в 80-90-х годах.

Теперь же требуется создание новых региональных методических руководств по формированию зонально-провинциальных агрокомплексов, представляющих совокупность адаптивно-ландшафтных систем земледелия в пределах природно-сельскохозяйственных провинций. Такие руководства должны разрабатываться для субъектов Федерации региональными научными центрами в соответствии с рассмотренной выше методологией с учетом местного научного и практического опыта.

Исходным условием решения этой задачи является разработка агроэкологической классификации земель для каждой природно-сельскохозяйственной провинции, а в сложных случаях – для природно-сельскохозяйственных районов, если они обособляются в пределах провинции. Большие по площади административные области, края и автономные республики могут включать несколько природно-сельскохозяйственных провинций. В таких случаях могут потребоваться корректировка природно-сельскохозяйственного районирования и его детализация.

На основе крупномасштабных и среднемасштабных почвенных и топографических карт составляют реестр агроэкологических групп и видов земель. Для каждой группы земель разрабатывают модель земледелия, включающую: состав и соотношение угодий; структуру посевных площадей, организацию территории; систему севооборотов – сенокосооборотов – пастбищеоборотов; системы обработки почвы, удобрения и защиты растений. Завершается модель пакетами технологий возделывания сельскохозяйственных культур, дифференцированных применительно к видам земель, уровням интенсификации производства и хозяйственным укладам.

Содержание этой работы, глубина проработки и форма представления зависят от уровня научного обеспечения региона и производственного потенциала. От качества этого методического руководства по формированию сис-

тем земледелия и агротехнологий будет зависеть результативность проектирования адаптивно-ландшафтной системы земледелия в сельскохозяйственных предприятиях.

Наиболее перспективным представляется решение этой задачи в составе региональных агрогеоинформационных систем (АГИС).

Такие системы создаются на базовом картографическом материале масштаба от 1:100000 до 1:20000. Чем крупнее масштаб, чем шире спектр использования материалов. При масштабе 1:100000 достаточно определено отражается картина распределения агроэкологических групп земель и соответственно АЛСЗ и агротехнологий. Имеется возможность адресно решать задачи размещения инвестиций, их очередности, определять возможности производства различных видов продукции, потребности в ресурсах и т.д. Карты более мелких масштабов ограничивают эти возможности, а при масштабе мельче 1:300000 они имеют обзорный характер.

Методология формирования АГИС заключается в создании серии электронных карт, отражающих:

- административное деление области, инфраструктуру сельскохозяйственного производства (сельскохозяйственные и агропромышленные предприятия, элеваторы и пр.), дороги;
- рельеф и почвообразующие породы;
- агроклиматические условия;
- гидрологические и гидрогеологические условия, поверхностный сток;
- растительность;
- структуру почвенного покрова;
- проявления физической деградации почв и ландшафтов (эрозии, дефляции, переуплотнения и др.);
- загрязнение тяжелыми металлами, радионуклидами, нефтяными продуктами и т.д.;
- проявления вторичного гидроморфизма;
- обеспеченность почв элементами питания растений;
- кислотность, солонцеватость, засоленность почв.

На основе этих материалов уточняется схема природно-сельскохозяйственного районирования области и путем наложения определенных карт-слоев разрабатывается карта агроэкологических групп земель, которая становится базовым материалом для агроэкологического районирования и разработки АЛСЗ.

В качестве примера разработки регионального агрокомплекса приводится агрокомплекс Западной Сибири: излагается основное его содержание, а более детальное рассмотрение представлено в книге «Адаптивно-ландшафтные системы Новосибирской области» [3]. Этим изданием Сибирского НИИ земледелия и животноводства положено начало разработке региональных АЛСЗ в рамках рассмотренной выше методологии.

## 10.2. Опыт разработки региональных агрокомплексов на примере Западной Сибири

Земледельческая территория Западной Сибири занимает узкую полосу между сухими степями Евразийского континента с юга и тайгой с севера. Удаленность от океанов и пониженная теплоемкость материков обуславливают максимальную континентальность климата с годовой амплитудой температур до 85-92°С. В широтном направлении сменяются с севера на юг шесть почвенно-климатических подзон: южнотаежно-лесная, северолесостепная, центрально-лесостепная, южнолесостепная, северостепная и степная.

В соответствии с природно-сельскохозяйственным районированием Западной Сибири выделяются девять провинций: западносибирская южнотаежно-лесная, западносибирская северолесостепная, западносибирская центрально-лесостепная, западносибирская южнолесостепная, северопреселтайская северолесостепная, северопреселтайская центрально-лесостепная, северопреселтайская южнолесостепная, западносибирская степная, западнопреселтайская степная.

Различия в геоморфологических, литологических, агроклиматических и почвенных условиях составляют особенности агрокомплексов провинций, представляющих собой совокупность адаптивно-ландшафтных систем земледелия, проектируемых применительно к агроэкологическим группам земель.

### 10.2.1. Западносибирская провинция южнотаежно-лесной подзоны

В провинции выделяются две агроэкологические группы земель.

**Южнотаежно-лесные плакорные земли.** Плоские и волнистые дренированные равнины с господствующими дерново-подзолистыми почвами на тяжелосуглинистых и глинистых лессовидных карбонатных суглинках и глинах. В структуре почвенного покрова преобладают пятнистости дерново-подзолистых почв различной степени оподзоленности. По периферии нижних частей склонов встречаются сочетания дерново-подзолистых почв с дерново-подзолистыми глеевыми. Среди массивов дерново-подзолистых почв в западной части провинции в виде островов встречаются темно-серые лесные почвы.

**Южнотаежно-лесные переувлажненные земли.** Плоские слабодренированные равнины с тяжелосуглинистыми и глинистыми дерново-подзолистыми глеевыми, дерново-глеевыми, серыми лесными глеевыми и луговыми почвами. В составе структуры почвенного покрова распространены контрастные комбинации, представленные сочетаниями дерново-подзолистых глеевых с дерново-глеевыми и серых лесных глеевых с луговыми почвами. Размеры контуров невелики – 2-5 га.

Климат характеризуется среднемноголетними суммами температур выше 5-10°С – 1780-1880°С, выше 10-12°С – 1520-1620°С, обеспеченными в 8 годах из 10 – соответственно 1680-1780 и 1420-1520°С. Среднемноголетние суммы осадков – 450-500 мм, июня – 60-65 мм, коэффициент увлажнения 1,8-1,36. Даты воздушных заморозков с вероятностью один раз в 5 лет: последних – 5 июня, первых – 1 сентября.

Природная обусловленность специализации растениеводческой отрасли – производство зеленых, сочных и грубых кормов, пивоваренного и фуражного ячменя, продовольственного зерна ржи, овса, маслосемян рыжика и льна.

Севообороты на плакорных землях в экстенсивном и нормальном земледелии формируются с учетом пополнения почвы органическим веществом и минеральным азотом, предотвращения размножения и массового распространения вредных организмов. Особое значение имеют чистый пар и многолетние, особенно бобовые, травы. В интенсивном земледелии необходимость введения в севооборот чистого пара снижается, расширяется возможность насыщения севооборота зерновыми культурами за счет повторных посевов. На переувлажненных землях целесообразны севообороты кормового назначения, предусматривающие возделывание многолетних трав длительного пользования, прерываемого для обновления травостоя однолетними травами, зерновыми на монокорм, силосными и др. При мелкоконтурности землепользования (2-10 га) сведение рабочих участков в короткоротационные севообороты не имеет агрономического и организационного смысла. В зависимости от набора культур севообороты могут быть и короткоротационные (зернопаровые), и длинноротационные (зернопаротравопольные).

Система обработки почвы в экстенсивном и нормальном земледелии на плакорных землях базируется на отвальной обработке с применением глубокого безотвального рыхления в парах и под пропашные культуры, на переувлажненных землях – по типу полупара с применением дисковой поверхностной обработки и глубокого безотвального рыхления. В интенсивном земледелии на плакорных землях возможность применения безотвальной (мульчирующей) обработки расширяется.

Система удобрений в экстенсивном земледелии предусматривает пополнение органического вещества почвы за счет пожнивных остатков сельскохозяйственных культур, внесения измельченной соломы и биологического связывания атмосферного азота бобовыми растениями. В нормальном земледелии в дополнение к перечисленному применяется внесение удобрений при посеве зерновых культур в дозе  $N_{20-30}P_{20-30}$ , зернобобовых –  $N_{20}P_{30}$ , подкормка озимой ржи ранней весной –  $N_{30-45}$ , многолетних трав –  $N_{30-45}$ . Для повышения эффективности минеральных удобрений кислые почвы требуют известкования, которое проводится под посевы многолетних трав и зернобобовые культуры, а также в паровом поле под озимую рожь. Органические удобрения вносят под кормовые культуры в прифермских севооборотах и паровом поле полевых севооборотов по 40-60 т/га. В интенсивном земледелии фосфорные и калийные удобрения из расчета  $P_{30-60}K_{40-60}$  на 1 га севооборотной площади с учетом почвенной диагностики и особенностей возделываемых культур вносятся на несколько лет или ежегодно под культуры. Азотные удобрения вносятся перед посевом локально и в виде подкормок на основе почвенной и растительной диагностики. При расчетной дозе свыше 60 кг д.в. под зерновые культуры перед посевом вносятся 60 кг, остальное в подкормку.



Система защиты растений предусматривает прежде всего борьбу с сорняками (многолетние корнеотпрысковые и корневищные, просовидные и двухдольные малолетние), предупреждение передачи возбудителей болезней через семена (фузариозная гниль) и снижение вредоносности внутрисклеблевых вредителей (шведская муха).

В экстенсивном земледелии основная роль в регулировании фитосанитарного состояния посевов принадлежит агротехническим методам: севообороты с чистым паром и многолетними травами, система отвальной обработки почвы, сроки сева, временная и пространственная изоляция посевов. В нормальном земледелии дополнительно к экстенсивному включаются протравливание семян, химическая прополка повторных посевов зерновых культур и химическая защита в случае массового размножения вредных видов и болезней. В интенсивном земледелии применяется комплекс агротехнических, биологических и химических мероприятий.

### **10.2.2. Западносибирская провинция северолесостепной подзоны**

В провинции выделяются две агроэкологические группы земель.

**Северолесостепные слабопереувлажненные земли.** Плоские слабодренированные равнины с преобладанием тяжелосуглинистых и глинистых черноземно-луговых и лугово-черноземных солонцеватых почв при подчиненном значении черноземов обыкновенных и луговых солонцов менее 10%.

**Северолесостепные малосолонцовые земли.** Плоские слабодренированные равнины с преобладанием тяжелосуглинистых и глинистых черноземно-луговых и лугово-черноземных солонцеватых почв при подчиненном значении черноземов обыкновенных и луговых солонцов 10-30%. Группа, земли которой близки по свойствам предыдущей группе, но в почвенном покрове присутствуют солонцы.

Климат провинции характеризуется средне многолетними суммами температур выше 5-10°C – 1880-1940°C, выше 10-12°C – 1620-1680°, обеспеченными в 8 годах из 10 – соответственно 1780-1840 и 1520-1580°C. Средне многолетняя сумма осадков за год – 390-450 мм, за июнь – 55-60 мм, коэффициент увлажнения – 1-1,08, даты воздушных заморозков один раз в 5 лет: последних – 2 июня, первых – 3 сентября.

Природные условия провинции обуславливают зернокармную специализацию растениеводческой отрасли как и в южнотаежно-лесной, но, в отличие от нее, здесь расширяются возможности возделывания продовольственной пшеницы среднеспелых сортов, пелюшки, гречихи и капустовых культур – (сурепицы, рапса). В структуре кормовых культур появляется возможность выращивания раннеспелых сортов кукурузы на силос.

Севообороты, как и в южнотаежно-лесной подзоне, должны способствовать пополнению почвы органическим веществом и минеральным азотом, предотвращать размножение вредных организмов. В зависимости от типов земель в экстенсивном и нормальном земледелии предусматривается введе-

ние зернопаровых, зернотравяных, почвозащитных, травопропашных и других севооборотов. Особая роль в борьбе с сорняками отводится чистому пару, хотя необходимость накопления влаги через парование возникает лишь в 20-25% лет. При этом на солонцовых почвах в засушливые годы пар способствует усилению засоления пахотного слоя.

Система обработки почвы формируется в зависимости от особенностей агроэкологических типов земель и уровней интенсификации земледелия. Исследования СибНИИЗХИМ в северолесостепной провинции Западной Сибири показали, что в экстенсивном и нормальном земледелии на равнинах водоразделов и склонах до  $1^\circ$  на незасоленных почвах в условиях достаточного увлажнения наиболее эффективна отвальная основная обработка. На фоне удобрений и применения средств защиты растений эффективность вспашки и глубокой мульчирующей обработки (безотвальной) выравнивается. В годы с засушливыми условиями вегетации мелкая мульчирующая основная обработка (минимальная) превосходит глубокую отвальную на экстенсивном фоне на 4-5 ц/га, интенсивном – 5-8 ц/га зерна пшеницы. Система обработки почвы в севообороте на этих землях формируется в соответствии со сменой типов увлажнения по годам как адаптивно-комбинированная, включающая отвальные разноглубинные, мульчирующие разноглубинные приемы и нулевую зябь.

На солонцовых почвах наиболее эффективна мульчирующая разноглубинная система основной обработки почвы, включающая одну глубокую на 30-35 см безотвальную обработку в севообороте и остальные на глубину 18-22 см. После химической мелиорации в систему включается вспашка на глубину 14-16 см для заделки органических или сидеральных удобрений.

Система удобрений в экстенсивном земледелии предусматривает пополнение органического вещества за счет корневых и пожнивных остатков возделываемых в севообороте сельскохозяйственных культур, оставления соломы в предшествующем пару поле, накопление азота за счет азотфиксирующей способности бобовых культур, в нормальном земледелии – в дополнение к экстенсивному применяются рядковое удобрение зерновых культур при посеве, подкормка озимой ржи и многолетних трав азотом  $N_{30-45}$ .

Интенсивное земледелие требует на солонцовых землях химической мелиорации пятен солонцов, внесения на гектар севооборотной площади в среднем 90-95 кг д.в. минеральных удобрений. Фосфорные и калийные удобрения в дозе  $P_{40}K_{10}$  могут быть внесены в запас на ротацию севооборота или под отдельные культуры. Уточнение доз азотных удобрений на планируемый урожай проводится по данным почвенной и растительной диагностики с учетом влагообеспеченности сельскохозяйственных культур. При дозе азота более 60 кг д.в. на 1 га удобрения вносятся дробно до посева и в подкормки.

Система защиты растений от вредных организмов строится по тем же принципам, что в южнотаежно-лесной зоне, и включает мероприятия по

борьбе с сорняками, головневыми заболеваниями злаковых культур и внутрискосовыми вредителями.

### **10.2.3. Западносибирская провинция центрально-лесостепной подзоны**

В провинции выделяются две агроэкологические группы земель.

**Центрально-лесостепные малосолонцовые земли.** Плоские слабодренированные равнины с преобладанием тяжелосуглинистых и глинистых лугово-черноземных, черноземно-луговых солонцеватых почв и черноземов обыкновенных солонцеватых в комплексе с солонцами 10-30 %.

**Центрально-лесостепные солонцовые земли.** Плоские слабодренированные равнины с преобладанием тяжелосуглинистых и глинистых лугово-черноземных, черноземно-луговых и луговых солонцеватых почв в комплексе с солонцами более 30%.

Климат провинции характеризуется среднемноголетними суммами температур выше 5-10°C – 1950-2010°, выше 10-12° – 1670-1770°, обеспеченными в 8 годах из 10 – соответственно 1840-1910 и 1570-1670°. Среднемноголетние осадки – 340-400 мм, за июнь – 50 мм, коэффициент увлажнения 0,83-1,0. Даты воздушных заморозков с вероятностью проявления один раз в 5 лет: последних – 29 мая, первых – 5 сентября.

На первой группе земель природная обусловленность специализации растениеводства – производство фуражного и продовольственного зерна, зеленых, сочных, грубых кормов, полевых капустовых и крупяных культур, на второй – производство зеленых и грубых кормов.

Размещение севооборотов и культур в севооборотах осуществляется с учетом соле- и солонцеустойчивости растений, симбиотического накопления в почве азота, способности подавлять сорные растения и предотвращать поражение посевов болезнями и вредителями. В зависимости от конкретных агроэкологических особенностей земель и производственных условий структура посевных площадей и севообороты могут быть разнообразными: зернопаровые, зернопропашные, зернотравяные, зерновые и др.

На малосолонцовых землях основная (зяблевая) обработка почвы в севообороте базируется на глубоком безотвальном рыхлении стойками СибИМЭ, чизелем, параплау с периодической вспашкой. В интенсивном земледелии появляется возможность минимизировать основную обработку, включая минимальную или нулевую зябь.

Системы удобрений строятся на том же принципе, что и в северолесостепной провинции, но в связи с более выраженной временной изменчивостью климата и обеспеченностью растений минеральным азотом в интенсивном земледелии дозы минеральных удобрений на планируемую урожайность в большей степени дифференцируются по годам.

Система защиты растений учитывает, что с колебаниями увлажнения по годам проявляется повышенная вредоносность организмов. В центрально-лесостепной провинции при проведении защитных мероприятий приобрета-

ют особую остроту прогноз появления вредных организмов и мониторинг фитосанитарного состояния посевов сельскохозяйственных культур по агроэкологическим типам земель.

#### **10.2.4. Западносибирская провинция южнолесостепной подзоны**

В провинции выделяются две агроэкологические группы земель.

**Южнолесостепные малосолонцовые земли.** Плоские слабодренированные равнины с преобладанием тяжелосуглинистых и глинистых лугово-черноземных, черноземно-луговых солонцеватых почв и черноземов обыкновенных солонцеватых в комплексе с солонцами 10-30%.

**Южнолесостепные солонцовые земли.** Плоские слабодренированные равнины с преобладанием тяжелосуглинистых и глинистых черноземно-луговых, лугово-черноземных и луговых солонцеватых почв в комплексе с солонцами более 30%.

Климат: среднемноголетние суммы температур выше 5-10°C составляют 2010-2100°, выше 10-12°C – 1760-1850°, обеспеченные в 8 годах из 10, соответственно, 1910-2000 и 1660-1750°. Среднемноголетние осадки года – 290-340 мм, июня – 50 мм, коэффициенты увлажнения 0,69-0,83. Даты воздушных заморозков с вероятностью проявления один раз в 5 лет: последних – 27 мая, первых – 7 сентября.

Растениеводство специализируется на производстве продовольственного и фуражного зерна, зеленых, сочных и грубых кормов, полевых капустовых культур.

При формировании севооборотов учитываются степень засоления почв и наличие солонцов в почвенном комплексе. В условиях экстенсивного и нормального земледелия рационально освоение короткоротационных четырехпольных севооборотов с насыщением их зернофуражными культурами. В севооборотах должны преобладать солонцеустойчивые однолетние травы, донник, ячмень, овес на зерно. В интенсивном земледелии после проведения выборочной химической мелиорации расширяется набор культур, уменьшается роль чистого пара. Земли используются по интенсивному типу с заменой пара однолетними травами, зернобобовыми и другими культурами.

Система обработки почвы в экстенсивном и нормальном земледелии предусматривает безотвальную основную обработку стойками СибИМЭ на глубину 25-27 см, а в пару для удаления легкорастворимых солей – до 32-35 см. После проведения выборочной химической мелиорации в систему основной обработки допустимо включение вспашки на глубину 18-20 см. На многолетних травах для повышения водопроницаемости необходимо проводить щелевание на глубину 35-40 см. Пласт многолетних трав распахивается на глубину 25-27 см.

При нормальном земледелии удобрения вносят в основном в рядки при посеве: фосфорные до 20 кг д.в., азотные от 15 до 20 кг д.в. При интенсивном земледелии система удобрений предусматривает внесение 60-85 кг д.в. минеральных удобрений на 1 га севооборотной площади, в том числе азота 30 кг,

фосфора 30-45, калия 10 кг. Необходима выборочная химическая мелиорация пятен солонцов. Навоз с животноводческих ферм утилизируется в прифермских севооборотах, в первую очередь на солонцовых пятнах.

Системы защиты сельскохозяйственных растений от вредных организмов в экстенсивном земледелии должны прежде всего обеспечить снижение вредоносности сорняков, гельминтоспориозной корневой гнили злаков и вредителей всходов за счет строгого соблюдения параметров технологий возделывания сельскохозяйственных культур, подбора соле- и солонцеустойчивых сортов. В нормальных технологиях проводится протравливание семян, более широко используются химические меры борьбы с сорняками, вредителями всходов. При интенсификации земледелия во влажные годы в дополнение к перечисленным мерам применяются фунгициды против листостеблевых инфекций и инсектициды против трипса.

Вторая группа земель отличается большей солонцеватостью, более тяжелым гранулометрическим составом, меньшей водопроницаемостью. В отличие от первой группы земель растениеводство специализируется на производстве зеленых, сочных и грубых кормов, а также частично фуражного зерна.

Севообороты короткоротационные с занятым донниковым паром и преимущественно кормовыми культурами. Земли с повышенной солонцеватостью и содовым засолением отводятся под сенокосы из соле- и солонцеустойчивых травосмесей: донник + коострец + пырей бескорневищный + волоснец сибирский + бескильница тончайшая.

В качестве основной обработки почвы практикуется безотвальное рыхление стойками СибИМЭ на глубину 25-27 см.

При нормальном земледелии удобрения вносят в рядки при посеве  $N_{20-30}P_{20-30}$ . В системе ухода за многолетними травами нужно вносить азотные удобрения в дозе  $N_{30}$ .

Защита сельскохозяйственных растений, в основном зерновых культур, от вредных организмов осуществляется так же, как на предыдущей агроэкологической группе земель.

### ***10.2.5. Северопредалтайская провинция северолесостепной подзоны***

В провинции выделяются четыре агроэкологические группы земель.

***Северолесостепные плакорные земли.*** Плоские и волнистые дренированные равнины с преобладанием темно-серых лесных, оподзоленных и выщелоченных черноземов и лугово-черноземных почв на лесовидных карбонатных суглинках на склонах до  $1^\circ$ . Почвенный покров сравнительно однороден, размеры контуров значительны. Почвенные комбинации представлены пятнистостями темно-серых лесных почв и черноземов, а также их сочетаниями с лугово-черноземными, черноземно-луговыми и луговыми почвами на пологих склонах до  $1^\circ$ .

***Северолесостепные слабозероэрозийные земли.*** Плоские и волнистые дренированные равнины с преобладанием темно-серых лесных почв, черноземов

выщелоченных и оподзоленных и лугово-черноземных почв на лессовидных карбонатных суглинках на склонах 1-3°. Почвенный покров сходен с предыдущей группой, но отличается распространением в его структуре слабосмытых и полугидроморфных почв ложбин.

**Северолесостепные эрозионные земли.** Среднерасчлененные волнисто-увалистые дренированные равнины с преобладанием черноземов оподзоленных, темно-серых и серых лесных почв на лессовидных карбонатных суглинках на склонах 3-5°. Почвенный покров характеризуется значительным развитием эрозионных линейно-древовидных форм. В его составе распространены слабоконтрастные округлые или линейные пятнистости оподзоленных черноземов и серых лесных почв различной степени эродированности на склонах 3-5°.

**Северолесостепные сильноэрозионные земли.** Среднерасчлененные волнисто-увалистые дренированные равнины с преобладанием черноземов оподзоленных, темно-серых и серых лесных почв на лессовидных карбонатных суглинках на склонах более 5°. Почвенный покров характеризуется преобладанием эрозионных линейно-древовидных форм, в составе которых распространены пятнистости оподзоленных черноземов и серых лесных почв различной степени эродированности и в небольшой степени (менее 10 %) их сочетания с черноземно-луговыми и луговыми почвами нижних частей склонов, днищ логов и балок.

Климат: среднеголетние суммы температур выше 5-10°C составляют 1880-1940°, выше 10-12°C – 1620-1680°, обеспеченные в 8 годах из 10 – соответственно 1780-1840 и 1520-1580°. Среднеголетние осадки года – 400-540 мм, июня – 55-65 мм, коэффициенты увлажнения 1,0-1,36. Даты воздушных заморозков с вероятностью проявления один раз в 5 лет: последних – 5 июня, первых – 1 сентября.

Природная обусловленность специализации растениеводства – производство продовольственного и фуражного зерна пшеницы, ржи, гороха, овса, зеленых, сочных и грубых кормов, полевых капустовых культур и льна.

На первой группе земель севообороты в экстенсивном и нормальном земледелии решают задачи подавления сорняков, накопления в почве доступных растениям питательных веществ, предотвращения размножения болезней и вредителей. Особое значение в этом имеет чистый пар, хотя необходимость накопления влаги через парование возникает лишь в 25-30% лет. В интенсивном земледелии уменьшается необходимость использования чистого пара, расширяется возможность насыщения севооборотов зерновыми. Озимая рожь может размещаться по рано освобождающим поле предшественникам (однолетние травы, раннеспелые зернобобовые и зерновые).

Системы обработки почвы в экстенсивном и нормальном земледелии предусматривают вспашку, в интенсивном – комбинированную обработку с применением вспашки и безотвальных рыхлений на разную глубину в зависимости от условий увлажнения, засоренности, гранулометрического состава и плотности почвы. С увеличением уровня интенсификации возможности

минимизации почвообработки увеличиваются вплоть до отказа от осенней обработки на чистых от сорняков полях.

На землях данной группы наиболее высока эффективность азотных удобрений. Фосфорные удобрения требуются лишь в стартовых дозах в связи с достаточной обеспеченностью почв фосфатами, но ограниченной доступностью их в холодный ранневесенний период. Калийные удобрения необходимы только для достижения максимальной продуктивности культур и получения высококачественного пивоваренного ячменя. При экстенсивном ведении земледелия в поддержании плодородия земель основная роль принадлежит многолетним травам, особенно бобовым, и рациональному чередованию культур, систематическому внесению соломы в качестве органических удобрений. Навоз используется под кормовые культуры, размещаемые в севооборотах на землях, близлежащих к местам концентрации скота. В нормальном земледелии питание растений регулируется в основном за счет оставления соломы и применения рядкового удобрения. При интенсивном земледелии система удобрений предусматривает внесение на 1 га севооборотной площади в среднем 100-105 кг д.в. минеральных удобрений, в том числе азота 45-50, фосфора 30, калия – 25 и соломы – 2,5-3,5 т/га.

В борьбе с сорняками важную роль играют севообороты с паром, оптимальные системы обработки почвы, сроки посева, нормы высева, глубина заделки семян, оптимальное сложение пахотного слоя, выровненность поверхности поля. В интенсивном земледелии усиливается роль гербицидов в повышении эффективности средств интенсификации (удобрения, высокопродуктивные сорта сельскохозяйственных культур). В нормальном земледелии для обеззараживания семян зерновых культур проводят протравливание соответствующим протравителем. В интенсивном земледелии, кроме этого, проводятся фунгицидные обработки по вегетирующим растениям против бурой жвачины озимой ржи и яровой пшеницы соответствующими препаратами.

На второй группе земель природная обусловленность специализации растениеводства та же, что для первой агроэкологической группы, но в структуре посевных площадей для защиты почв от водной эрозии на склонах 2-3° доля зерновых культур сокращается, площади под многолетними травами расширяются, вместо чистого пара вводится почвозащитный. Севообороты предусматривают чередование яровых культур сплошного (рядового) сева, многолетних трав и почвозащитного пара.

Системы обработки почвы – безотвальное рыхление с осени на глубину 20-30 см стойками СИБИМЭ (параплау, чизель) поперек склона или по горизонталям. Солома зерновых культур, не используемая на корм скоту, разбрасывается в измельченном виде в качестве мульчи при комбайновой уборке. Вспашка пласта трав проводится полосами шириной 50-100 м в зависимости от крутизны склона в течение двух лет. В процессе ухода за многолетними травами проводится щелевание на глубину 30-35 см.

В экстенсивном земледелии плодородие почв поддерживается за счет оставления соломы, посева многолетних трав. В нормальном земледелии пита-

ние растений регулируется в основном за счет оставления соломы, применения рядкового удобрения и весенней подкормки многолетних трав. При интенсивном земледелии система удобрений предусматривает внесение на 1 га севооборотной площади в среднем 100-105 кг д.в. минеральных удобрений, в том числе азота 45-50, фосфора 30, калия 25 и соломы 2,5-3,5 т/га. Фосфорные и калийные удобрения под многолетние травы целесообразно внести в первом поле севооборота на всю ротацию, азотные – перед посевом, в рядки при посеве в составе сложных удобрений. В системе ухода за многолетними травами необходима подкормка азотными удобрениями в весенний период.

Система защиты однолетних культур от сорняков, вредителей и болезней проводится по схеме, описанной для первой группы земель.

Эрозионные процессы на землях третьей группы еще более усиливаются, поэтому природная обусловленность специализации растениеводства – производство кормов из многолетних трав длительного пользования, прерываемого для обновления травостоя посевами покровных зерновых культур или однолетних трав.

Севообороты – почвозащитные 3-6-польные с 2-4-летним использованием многолетних бобово-злаковых трав.

Системы обработки почвы в экстенсивном и нормальном земледелии предусматривают разделку пласта трав дискованием с последующей зяблевой вспашкой полосами шириной 30-50 м в течение двух лет, после стерневых предшественников проводится безотвальное рыхление на глубину 25-27 см стойками СибИМЭ (чизель, параплау) поперек склона или по горизонталям. В интенсивном земледелии после первого укоса трав последнего года пользования применяются гербициды сплошного действия и через две-три недели – безотвальное рыхление.

В нормальном земледелии питание растений регулируется в основном за счет оставления соломы, применения рядкового удобрения и весенней подкормки многолетних трав. При интенсивном земледелии система удобрений предусматривает внесение на 1 га севооборотной площади в среднем 85-95 кг д.в. минеральных удобрений, в том числе азота 35-45, фосфора 30, калия 20. Фосфорные и калийные удобрения под многолетние травы вносят в первом поле севооборота на всю ротацию, азотные – перед посевом, в рядки при посеве в составе сложных удобрений. В системе ухода за многолетними травами необходима подкормка азотными удобрениями в весенний период.

Система защиты сельскохозяйственных растений от сорняков, вредителей и болезней такая же, как на землях первой группы.

На землях четвертой группы наиболее целесообразны залужение и организация культурных сенокосо-пастбищеоборотов.

### ***10.2.6. Северопредалтайская провинция центрально-лесостепной подзоны***

В провинции выделяются пять агроэкологических групп земель.

***Центрально-лесостепные плакорные земли.*** Плоские и волнистые дренированные равнины с преобладанием черноземов выщелоченных, оподзо-



ленных и лугово-черноземных почв на лессовидных карбонатных суглинках на плакорах и склонах до 1°. Почвенный покров довольно однороден, размеры контуров значительные, и в структуре почвенного покрова преобладают пятнистости черноземов и их вариации с лугово-черноземными и черноземно-луговыми почвами.

**Центрально-лесостепные слабоэрозионные земли.** Плоские и волнистые дренированные равнины с преобладанием черноземов выщелоченных, оподзоленных и лугово-черноземных почв на лессовидных карбонатных суглинках на склонах 1-3°. В структуре почвенного покрова преобладают пятнистости черноземов с участием слабосмытых почв и их сочетания и вариации с лугово-черноземными, черноземно-луговыми и луговыми почвами.

**Центрально-лесостепные эрозионные земли.** Плоские и волнистые дренированные равнины с преобладанием черноземов оподзоленных, темно-серых и серых лесных почв на лессовидных карбонатных суглинках на склонах 3-5°. Почвенный покров характеризуется значительным развитием эрозионных линейно-древовидных форм, в составе которых распространены слабоконтрастные округлые или линейные пятнистости оподзоленных черноземов и серых лесных почв различной степени эродированности и в небольшой степени (менее 10%) их сочетания с черноземно-луговыми и луговыми почвами в нижних частях склонов.

**Центрально-лесостепные сильноэрозионные земли.** Волнистые дренированные равнины с преобладанием черноземов оподзоленных, темно-серых и серых лесных почв на лессовидных карбонатных суглинках на склонах более 5°. Почвенный покров характеризуется преобладанием эрозионных линейно-древовидных форм, в составе которых распространены комбинации оподзоленных черноземов и серых лесных почв различной степени эродированности и в незначительной степени (менее 10 %) их сочетания с черноземно-луговыми и луговыми почвами в нижних частях склонов.

**Центрально-лесостепные малосолонцовые земли.** Плоские слабодренированные равнины с преобладанием черноземов обыкновенных, выщелоченных и лугово-черноземных почв на лессовидных карбонатных суглинках в комплексе с солонцами (10-30%). Почвенный покров представлен вариациями черноземов обыкновенных, реже – черноземов выщелоченных мезоповышенных с лугово-черноземными и черноземно-луговыми почвами в комплексе с солонцами подчиненных элементов рельефа.

Климат: среднемноголетние суммы температур выше 5-10°C составляют 1940-2100°C, выше 10-12°C – 1670-1850°, обеспеченные в 8 годах из 10 – соответственно 1840-2000 и 1570-1750°. Среднемноголетние осадки года – 330-450 мм, июня – 50-55 мм, коэффициенты увлажнения 0,83-1,08. Даты воздушных заморозков с вероятностью проявления один раз в 5 лет: последних – 29 мая, первых – 5 сентября.

Природная обусловленность специализации растениеводства – производство продовольственного и фуражного зерна, зеленых, сочных и грубых кормов, полевых капустовых культур.

Севообороты в экстенсивном и нормальном земледелии несут основную функциональную роль в защите растений от сорняков, болезней и вредителей, рациональном использовании почвенного плодородия и пополнении органическим веществом почвы за счет пожнивных и корневых остатков возделываемых культур. Необходимость включения в севооборот парового поля обуславливается высокой засоренностью и недостатком азотного питания. Кормовые севообороты с многолетними и однолетними травами, силосными пропашными и зерновыми культурами могут быть беспаровыми. Картофель и овощи возделываются в специализированных севооборотах. В интенсивном земледелии роль пара снижается, и севообороты могут быть беспаровыми. В то же время возможно расширение посевов пшеницы, ячменя, капустовых на маслосемена.

Системы обработки почвы в экстенсивном и нормальном земледелии базируются на зяблевой вспашке с чередованием глубины в севообороте от 20-22 до 25-27 см. В паровых полях и под пропашные культуры целесообразна безотвальная обработка на глубину 27-30 см. В интенсивном земледелии при использовании азотных удобрений и гербицидов эффективно чередование вспашки с глубоким безотвальным рыхлением, мелкой плоскорезной (10-14 см) и нулевой обработкой (оставление стерни без обработки) в зависимости от сложения пахотного слоя и условий увлажнения. Особенно эффективно уменьшение интенсивности зяблевой обработки в годы с дефицитным или острodeфицитным увлажнением.

В нормальном земледелии питание растений регулируется в основном за счет оставления соломы и внесения в рядки сложных удобрений. При интенсивном земледелии система удобрений предусматривает внесение на 1 га севооборотной площади в среднем 60-75 кг д.в. азотно-фосфорных удобрений, в том числе азота 30-45, фосфора 30. Калийные удобрения ( $K_{30-60}$ ) требуются только при достижении максимальной продуктивности культур и для получения высококачественного пивоваренного ячменя.

В экстенсивном земледелии основная роль в снижении численности и вредоносности вредных организмов отводится агротехническим приемам – севооборотам с чистым паром, адаптированной к погодным условиям системе зяблевой и весенней подготовки почвы, соблюдению сроков сева, норм высева и глубины заделки семян, созданию благоприятного сложения пахотного слоя, боронованию до и после всходов сельскохозяйственных культур. В нормальном земледелии для искоренения корнеотпрысковых сорняков, особенно вьюнка полевого, в пару одна-две механические обработки заменяются применением гербицидов группы 2,4-Д (сплошного действия или их смесью), на повторных посевах зерновых культур применяются гербициды против двудольных сорняков. В интенсивном земледелии потенциальная вредоносность сорняков возрастает. Регулирование их численности ниже ЭПВ требует применения гербицидов на основе учета их ботанического состава и предусматривает наряду с агротехническими приемами применение противодвудольных и противозлаковых препаратов, а также их баковых смесей.

В случае обнаружения семян, инфицированных пыльной или твердой головней, независимо от уровня интенсификации обязательным приемом должно быть протравливание посевного материала. При интенсивном земледелии под возделывание ценных и сильных сортов яровой пшеницы, особенно на семенные цели, следует отводить почвы, заселенные возбудителем гельминтоспориозной корневой гнили ниже порога вредоносности. В дополнение ко второму уровню интенсификации на посевах зерновых применяются фунгицидные обработки в фазе колошения против бурой листовой ржавчины, септориоза, мучнистой росы.

На второй группе земель природная обусловленность специализации растениеводства такая же, как и на землях первой агроэкологической группы. На южных и юго-западных склонах возможно возделывание масличного подсолнечника.

Севообороты предусматривают почвозащитный пар и более значительную долю многолетних трав. Размещение пропашных культур осуществляется полосами шириной 50-100 м (в зависимости от крутизны склона).

Системы обработки почвы в экстенсивном, нормальном и интенсивном земледелии включают в паровых полях и под яровые культуры после стерневых предшественников безотвальное рыхление на глубину 25-27 см, вспашку пласта трав полосами через два года. Основная обработка почвы проводится поперек склонов или по горизонталям. Солома зерновых культур, не используемая в животноводстве, измельчается и разбрасывается по полю.

По сравнению с предыдущей группой земель содержание элементов питания в почвах уменьшается в связи с эрозионными процессами. При экстенсивном ведении земледелия в поддержании плодородия земель основная роль принадлежит многолетним травам, особенно бобовым, и рациональному чередованию культур, систематическому внесению соломы в качестве органического удобрения. Навоз вносится под кормовые культуры. В нормальном земледелии питание растений регулируется в основном за счет оставления соломы и внесения в рядки сложных удобрений. При интенсивном земледелии внесение повышенных доз удобрений ( $N_{45-60}P_{30-45}K_{20}$ ) в запас на ротацию севооборота нецелесообразно, их лучше вносить ежегодно под отдельные культуры.

Системы защиты сельскохозяйственных растений от сорняков, вредителей и болезней такие же, как на землях первой агроэкологической группы.

На землях третьей агроэкологической группы природная обусловленность специализации растениеводства – производство кормов из многолетних трав длительного пользования, прерываемых для обновления травостоя посевами покровных зерновых культур или однолетних трав.

Севообороты почвозащитные, 3-6-польные с 2-4-летним использованием многолетними бобово-злаковыми травами.

Системы обработки почвы в экстенсивном и нормальном земледелии предусматривают разделку пласта трав дискованием с последующей вспашкой под зябь полосами 30-50 м в течение двух лет, после стерневых предшественников – безотвальное рыхление на глубину 25-27 см стойками СИБИМЭ (чи-

зель, параплау) поперек склона или по горизонталям. В интенсивном земледелии после первого укоса трав последнего года пользования применяются гербициды сплошного действия, через две-три недели проводится безотвальное рыхление.

Земли третьей агроэкологической группы характеризуются высокой эффективностью азотных удобрений. Фосфорные удобрения необходимы в стартовых дозах. По сравнению с предыдущей группой земель содержание азота и его мобилизация понижены в связи со смываемостью почв. В нормальном земледелии питание растений регулируется в основном за счет оставления соломы, внесения в рядки сложных удобрений и подкормки многолетних трав. В интенсивном земледелии дозы удобрений увеличиваются до 45-60 кг д.в./га. Целесообразно внесение фосфорно-калийных удобрений в запас на ротацию севооборота для обеспечения удовлетворительного питания этими элементами многолетних трав.

Природная обусловленность использования земель четвертой агроэкологической группы – залужение и организация сенокосов, пастбищеоборотов. При определенных экономических предпосылках склоновые земли, особенно южной и юго-западной экспозиций, можно использовать в интенсивных севооборотах для возделывания наиболее ценных теплолюбивых культур в контурно-мелиоративной системе земледелия по специальным проектам.

На малосолонцовых землях природная обусловленность специализации растениеводства – производство продовольственного и фуражного зерна, зеленых, сочных и грубых кормов, масличных культур.

Севообороты в экстенсивном и нормальном земледелии несут основную роль в защите растений от сорняков, болезней и вредителей, рациональном использовании почвенного плодородия и пополнении органическим веществом почвы за счет пожнивных и корневых остатков возделываемых культур. Включение в севооборот парового поля обуславливается высокой засоренностью и недостатком азотного питания для растений. Доля пара в полевых севооборотах может колебаться от 25 (зернопаровые четырехпольные) до 17% (зернопаропропашной севооборот). Кормовые севообороты с многолетними и однолетними травами, силосными пропашными и зерновыми культурами могут быть беспаровыми. В интенсивном земледелии доля пара может быть снижена и расширены посевы пшеницы, ячменя, масличных и сои на продовольственные цели.

Системы обработки почвы в экстенсивном и нормальном земледелии основываются на глубокой безотвальной обработке с чередованием глубины в севообороте от 18 до 27 см, в парах и под пропашные культуры целесообразна обработка на глубину 27-30 см. На сильно засоренных полях возможно чередование вспашки с глубоким безотвальным рыхлением. В интенсивном земледелии при использовании азотных удобрений и гербицидов возможно чередование вспашки с глубоким безотвальным рыхлением, мелкой плоскорезной (10-14 см) и нулевой (оставление стерни без обработки) обработкой в зависимости от мощности элювиального горизонта, сложения пахотного слоя и условий увлажнения.

При нормальном ведении земледелия удобрения вносятся в рядки при посеве зерновых и зернобобовых ( $N_{10}P_{20}$ ). При интенсивном земледелии после проведения выборочной мелиорации солонцов система удобрений должна предусматривать внесение минеральных удобрений не менее 40-60 кг д.в. на 1 га севооборотной площади, в том числе азотных – 20-30 кг и фосфорных 20-30 кг. Калийные удобрения под зерновые и зернофуражные культуры применять нецелесообразно, поскольку почвы хорошо обеспечены обменным калием.

Системы защиты сельскохозяйственных растений от сорняков, вредителей и болезней такие же, как на землях первой агроэкологической группы.

### **10.2.7. Северопредалтайская провинция южнолесостепной подзоны**

В провинции выделяются четыре агроэкологические группы земель.

**Южнолесостепные плакорные земли.** Плоские и волнистые дренированные равнины с преобладанием обыкновенных и южных черноземов на лессовидных суглинках. Почвенный покров сравнительно однороден, размеры контуров значительны. Почвенные комбинации представлены пятнистостями черноземов, а также их вариациями и сочетаниями с лугово-черноземными, черноземно-луговыми и луговыми почвами.

**Южнолесостепные слабозероизонные земли.** Плоские и волнистые дренированные равнины с преобладанием обыкновенных и южных малогумусных черноземов на лессовидных суглинках на склонах до 1-3°. Почвенный покров сходен с предыдущей группой, но отличается распространением в структуре слабосмытых и полугидроморфных почв ложбин.

**Южнолесостепные эрозионные земли.** Среднерасчлененные волнисто-увалистые дренированные равнины с преобладанием обыкновенных и южных малогумусных черноземов на лессовидных суглинках на склонах 3-5°. Почвенный покров характеризуется значительным развитием эрозионных линейно-древовидных форм. В его составе распространены слабоконтрастные округлые или линейные пятнистости обыкновенных черноземов и лугово-черноземных почв различной степени эродированности на склонах 3-5°.

**Южнолесостепные малосолонцовые земли.** Волнисто-увалистые равнины с преобладанием черноземов обыкновенных, лугово-черноземных и черноземно-луговых солонцеватых почв на лессовидных суглинках в комплексе с солонцами (10-30%). Почвенный покров представлен вариациями черноземов обыкновенных, реже южных с лугово-черноземными и черноземно-луговыми почвами в комплексах с солонцами подчиненных элементов рельефа.

Климат: среднемноголетние суммы температур выше 10°C составляют 2000-2200°C. Среднемноголетние осадки года – 350-425 мм, июня – 50-55 мм, коэффициенты увлажнения 0,83-1,08. Даты воздушных заморозков с вероятностью проявления один раз в пять лет: последних – 29 мая, первых – 5 сентября.

Природная обусловленность специализации растениеводства – производство продовольственного и фуражного зерна, зеленых, сочных и грубых кормов, полевых капустовых культур, сои и сахарной свеклы.

Севообороты на землях, не подверженных эрозии и удаленных от животноводческих комплексов, могут быть 4-5-польными с чистым кулисным паром и размещением после пара озимой ржи или пшеницы, с одним полем зернобобовых культур (горох). На землях вблизи животноводческих ферм целесообразно возделывание кукурузы на силос и однолетних трав на сенаж с использованием смешанных, уплотненных и поукосных посевов. Севообороты могут быть 2-3-польными. Специализированные 5-польные плодосменные севообороты с сахарной свеклой размещают вблизи населенных пунктов.

Система обработки почвы на экстенсивном фоне состоит из чередования безотвального рыхления на различную глубину (25-27, 20-22, 14-16 см) и мелкой плоскорезной обработки (10-12 см) с периодическим включением вспашки и нулевой обработки. На интенсивном фоне целесообразно применение мелкой плоскорезной обработки на глубину 10-12 см с оставлением стерни во всех полях севооборота. Лучшие результаты этот прием дает при отсутствии переуплотнения нижней части пахотного слоя и в засушливые годы. Нулевая зябь целесообразна при оптимальном сложении пахотного слоя. Безотвальное рыхление на различную глубину требуется при переуплотнении нижней части пахотного слоя под завершающими севооборот культурами.

При нормальном земледелии удобрения вносят в основном в рядки при посеве: фосфорные до 20 кг, азотные от 15 до 20 кг д.в. При интенсивном земледелии система удобрений предусматривает внесение 60-85 кг д.в. минеральных удобрений на 1 га севооборотной площади, в том числе азота – 30 кг, фосфора 30-45, калия – 10 кг.

Системы защиты сельскохозяйственных растений от вредных организмов в экстенсивном земледелии должны прежде всего обеспечить снижение вредоносности сорняков, гельминтоспориозной корневой гнили злаков и вредителей всходов путем строгого соблюдения параметров технологий возделывания сельскохозяйственных культур. В нормальных технологиях проводится протравливание семян, более широко используются химические меры борьбы с сорняками, вредителями всходов. При интенсификации земледелия во влажные годы в дополнение к перечисленным мерам применяются фунгициды против листовых инфекций и инсектициды против трипса.

На второй группе земель природная обусловленность специализации растениеводства такая же, как и на землях первой агроэкологической группы. На склонах эффективны 5-польные почвозащитные зернотравяные севообороты с полосным размещением культур через 100-200 м. Пар следует размещать полосами среди однолетних культур через 100 м. В интенсивном земле-

делии значение пара уменьшается и возможна его замена на однолетние травы раннего срока уборки.

Обработка почвы в экстенсивном, нормальном и интенсивном земледелии в паровых полях и под яровые культуры после стерневых предшественников основывается на безотвальном рыхлении на глубину 20-27 см и вспашке многолетних трав полосами через два года. Обработка почвы проводится поперек склонов или по горизонталям. Солома зерновых культур, не используемая в животноводстве, измельчается и разбрасывается по полю.

При экстенсивном ведении земледелия в поддержании плодородия земель основная роль принадлежит многолетним травам, особенно бобовым, и рациональному чередованию культур, систематическому внесению соломы в качестве органических удобрений. В нормальном земледелии питание растений регулируется в основном за счет оставления соломы и внесения в рядки сложных удобрений. При интенсивном земледелии необходимо внесение  $N_{45}$ - $P_{30-45}$ - $K_{20}$  на 1 га севооборотной площади ежегодно под отдельные культуры.

Система защиты сельскохозяйственных растений от сорняков, вредителей и болезней такая же, как на землях первой агроэкологической группы. Для защиты сахарной свеклы от корнееда, свекловичной блошки, проволочника, пятнистости листьев и сухой фузариозной гнили предусматриваются протравливание семян, ранняя подкормка растений, применение инсектицидов, сбалансированное применение удобрений.

На землях третьей агроэкологической группы севообороты должны быть почвозащитными, 3-6-польными с 2-4-летним использованием многолетних бобово-злаковых трав.

Обработка почвы в экстенсивном и нормальном земледелии предусматривает разделку пласта трав дискованием с последующей вспашкой под зябь полосами 30-50 м в течение двух лет. После стерневых предшественников необходимо безотвальное рыхление на глубину 20-27 см стойками СиБИМЭ (чизель, параплау) поперек склона или по горизонталям. В интенсивном земледелии после первого укоса трав последнего года пользования применяются гербициды сплошного действия, через две-три недели проводится безотвальное рыхление.

В нормальном земледелии питание растений регулируется в основном за счет оставления соломы, внесения в рядки сложных удобрений и подкормки многолетних трав. В интенсивном земледелии дозы удобрений увеличиваются до 45-60 кг д.в./га. Целесообразно применение фосфорно-калийных удобрений в запас на ротацию севооборота для обеспечения удовлетворительного питания этими элементами многолетних трав.

При формировании севооборотов на землях четвертой агроэкологической группы учитывается наличие солонцов в почвенном комплексе и степень засоления почв. В севооборотах должны преобладать солонцеустойчивые однолетние травы, донник, ячмень, овес на зерно. В интенсивном земледелии после проведения выборочной химической мелиорации расширяется набор культур, уменьшается роль чистого пара (кулисного). Земли используются

по интенсивному типу с заменой пара однолетними травами, зернобобовыми и другими культурами.

Система обработки почвы в экстенсивном и нормальном земледелии предусматривает безотвальную основную обработку стойками СибИМЭ на глубину 25-27 см, а в пару для удаления легкорастворимых солей – до 32-35 см. После проведения выборочной химической мелиорации в систему основной обработки допустимо включение вспашки на глубину 18-20 см. На многолетних травах для повышения водопроницаемости необходимо проводить щелевание на глубину 35-40 см. Пласт многолетних трав распаивается на глубину 25-27 см.

При нормальном земледелии удобрения вносят в основном в рядки при посеве: фосфорные до 20 кг д.в., азотные от 15 до 20 кг д.в. При интенсивном земледелии система удобрений предусматривает внесение 60-85 кг д.в. минеральных удобрений на 1 га севооборотной площади, в том числе азота – 30 кг, фосфора 30-45, калия – 10 кг. Необходима выборочная химическая мелиорация пятен солонцов.

Системы защиты сельскохозяйственных растений от сорняков, вредителей и болезней такие же, как на землях первой агроэкологической группы.

#### **10.2.8. Западносибирская (Казахстанская) провинция степной зоны**

В провинции выделяются четыре агроэкологические группы земель.

**Степные плакорные дефляционноопасные земли.** Плоские и гривновалистые дренированные равнины с преобладанием средне- и тяжелосуглинистых южных черноземов. Почвенный покров увалов и плоских грив представлен преимущественно пятнистостями черноземов южных и черноземов южных солонцеватых.

**Степные плакорные сильно дефляционноопасные земли.** Плоские и увалистые (гривные) равнины с преобладанием легкосуглинистых и песчаных южных черноземов.

**Степные малосолонцовые земли.** Плоские слабодренированные равнины с преобладанием суглинистых южных черноземов и лугово-черноземных солонцеватых почв на делювиальных отложениях в комплексе с солонцами (10-30%). Почвенные комбинации представлены автоморфными и полугидроморфными легко-, средне- и тяжелосуглинистыми черноземами, южными и лугово-черноземными солонцеватыми почвами в комплексе с различными солонцами с преобладанием лугово-степных.

**Степные солонцовые земли.** Плоские слабодренированные равнины с преобладанием суглинистых и глинистых лугово-черноземных и черноземно-луговых солонцеватых почв на делювиальных отложениях в комплексе с солонцами (более 30%).

Климат: среднеголетние суммы температур выше 5-10°C составляют 2180-2260°, выше 10-12°C – 1940-2040°, обеспеченные в 8 годах из 10 – соответственно 2080-2160 и 1840-1940°. Среднеголетние осадки года – 270-



290 мм, июня – 45-50 мм, коэффициенты увлажнения 0,6-0,64. Даты воздушных заморозков с вероятностью проявления один раз в 5 лет: последних – 22 мая, первых – 10 сентября.

Растениеводство специализируется на производстве продовольственного и фуражного зерна, семеноводстве однолетних и многолетних трав, производстве крупяных, масличных и кормовых культур.

Наиболее важные функции севооборотов на землях первой группы – регулирование водного режима, борьба с сорняками, вредителями и болезнями. Основное звено 3-4-польных севооборотов – чистый кулисный пар. Посевы яровых культур и пара чередуются с полосами многолетних трав шириной 50-100 м. Системы обработки почвы направлены на накопление и сбережение влаги, борьбу с сорняками, повышение ветроустойчивости поверхности почвы и основаны на безотвально-комбинированной системе зяблевой обработки в севообороте – чередование глубокого безотвального рыхления на глубину 20-27 см, мелкого плоскорезного на глубину 14-16 см и оставление стерни без обработки.

Под яровую пшеницу целесообразно внесение фосфорных удобрений (P<sub>20</sub>) в рядки при посеве. С повышением уровня интенсификации по непаровым предшественникам желательно вносить N<sub>20-30</sub>. Под кормовые культуры доза удобрений составляет N<sub>40</sub>P<sub>40-60</sub>.

Защита растений от сорняков в экстенсивном земледелии ведется агротехническими способами – чистый пар, зяблевая, предпосевная и послепосевная обработка почвы. При нормальном земледелии дополнительно используются гербициды и фунгициды для протравливания семян. В интенсивном земледелии во влажные годы (до 10% лет) используются фунгициды против листостеблевых инфекций и инсектициды против трипса.

Природная обусловленность специализации растениеводства второй группы земель – производство продовольственного и фуражного зерна, крупяных и масличных культур, зеленых, сочных и грубых кормов из многолетних трав. Земли этой группы отличаются более легким гранулометрическим составом, меньшей водоудерживающей способностью (100-130 мм продуктивной влаги в метровом слое почвы при НВ), степень реализации почвозащитных мероприятий максимальная. Посевы однолетних сельскохозяйственных культур размещаются между полосами многолетних трав шириной 30-60 м. Зяблевая обработка почвы безотвальная на глубину 10-16 см. Пласт многолетних трав также обрабатывается безотвально на глубину 14-16 см. В остальной системе земледелия мало отличается от предыдущей группы земель.

Природная обусловленность специализации растениеводства третьей группы земель – производство продовольственного и фуражного зерна, зеленых, сочных и грубых кормов, масличных культур. На землях этой группы в экстенсивном земледелии, как и при нормальной интенсификации, основным звеном в 3-4- и в 2-3-польных севооборотах является чистый кулисный пар. Система обработки почвы включает безотвальное рыхление в пару на глубину 27-30 см, в последующих полях – на 10-22 см. При использовании

гербицидов часть пашни оставляют без осенней обработки почвы. Системы удобрений и защиты растений аналогичны первой группе земель.

На землях четвертой группы предусматривается специализация на производстве кормов с использованием соле- и солонцеустойчивых многолетних трав и травосмесей. Севообороты на пашне (распаханность 10-15 %) имеют кормовую направленность с многолетними и однолетними травами, силосными и зерновыми культурами. Основные площади этих земель используются в качестве сенокосно-пастбищных угодий. Система основной обработки почвы базируется на глубоком безотвальном рыхлении (27-30 см). При посеве травосмесей локально или в рядки вносят минеральные удобрения в дозе  $N_{30}P_{20}$ . В процессе ухода за травостоем проводится ранневесенняя подкормка  $N_{30}$ . При превышении ЭПВ вредителями в отдельные годы (луговой мотылек, саранчовые) необходимы обработки инсектицидами.

### **10.2.9. Западнопалатинская провинция степной зоны**

В провинции выделяются три агроэкологические группы земель.

**Степные плакорные сильноедефляционноопасные земли.** Плоские и увалистые (гривные) равнины с преобладанием каштановых почв. Почвенный покров плоских грив представлен преимущественно пятнистостями темно-каштановых и каштановых почв супесчаного, легко- и среднесуглинистого гранулометрического состава.

**Степные малосолонцовые земли.** Плоские слабодренированные равнины с преобладанием каштановых и лугово-каштановых солонцеватых почв на делювиальных отложениях в комплексе с солонцами (10-30%). Почвенные комбинации представлены автоморфными и полугидроморфными супесчаными легко- и среднесуглинистыми каштановыми и лугово-каштановыми солонцеватыми почвами в комплексе с различными солонцами (преобладают лугово-степные).

**Степные солонцовые земли.** Плоские слабодренированные равнины с преобладанием суглинистых лугово-каштановых почв в комплексе с солонцами (более 30%).

Климат: среднеголетние суммы температур выше  $5-10^{\circ}C$  составляют  $2200-2400^{\circ}$ . Среднеголетние осадки года – 180-300 мм, июня – 45-50 мм, коэффициенты увлажнения 0,49-0,56. Даты воздушных заморозков с вероятностью проявления один раз в пять лет: последних – 22 мая, первых – 10 сентября.

Растениеводство специализируется на производстве продовольственного и фуражного зерна, семеноводстве однолетних и многолетних трав, а также производстве крупяных и масличных культур.

В отличие от предыдущей провинции засушливые условия проявляются в более резкой форме и усугубляются слабой водоудерживающей способностью почв. Основная задача севооборотов на землях первой группы – регулирование водного режима, борьба с сорняками, вредителями и болезнями. В основе 3-4-польных севооборотов – чистый кулисный пар. Посевы яровых культур и пара чередуются с полосами многолетних трав шириной 30-60 м.

Система основной обработки каштановых почв для защиты от дефляции и улучшения водного режима должна способствовать максимальному сохранению стерни. С другой стороны, они обладают плохими водно-физическими свойствами, оптимизация которых выдвигает необходимость глубокого их рыхления с целью повышения влагоемкости и проницаемости для накопления влаги во втором полуметре почвы. Чередование глубоких (20-27 см) и мелких рыхлений (14-16 см) в севообороте проводится на основе мониторинга за физическим состоянием пахотного и подпахотного слоев почвы. Кардинальное улучшение физических и химических свойств солонцеватых каштановых почв с близким залеганием карбонатов удастся на многие годы плантажной обработкой на глубину 45-50 см с последующим обязательным освоением разноглубинной почвозащитной обработки с оставлением стерни.

Под яровую пшеницу целесообразно внесение фосфорных удобрений ( $P_{20}$ ) в рядки при посеве. С повышением уровня интенсификации по непаровым предшественникам желательно дополнительно вносить  $N_{20-30}$ . Под кормовые культуры доза удобрений составляет  $N_{40}P_{40-60}$ .

Защита растений от сорняков в экстенсивном земледелии ведется агротехническими способами – обработка почвы (в том числе довсходовое и всходовое боронование посевов), уход за паровым полем. При нормальном земледелии дополнительно используются гербициды и фунгициды для протравливания семян. В интенсивном земледелии во влажные годы используются фунгициды против листостеблевых инфекций и инсектициды против трипса.

На землях второй группы возделываются многолетние и однолетние травы, силосные и зернофуражные культуры. В экстенсивном и нормальном земледелии основным звеном севооборотов является чистый кулисный пар. Система обработки почвы включает безотвальное рыхление в пару на глубину 27-30 см, в последующих полях – на 10-22 см. При использовании гербицидов часть пашни оставляют без осенней обработки почвы. Системы удобрений и защиты растений аналогичны первой группе земель.

Основные площади третьей группы земель используются в качестве сенокосно-пастбищных угодий. Улучшение старовозрастных травостоев и естественных ценозов проводится как коренным, так и поверхностным способами.

Интенсификация использования солонцовых земель возможна после их мелиоративной обработки трехъярусными или плантажными плугами на глубину 40-45 см.

### 10.3. Формирование региональных регистров агротехнологий

Для осуществления технологической и технической политики в АПК и регулирования рынка машин Минсельхозом России предусмотрено ведение федеральных и региональных регистров технологий производства сельскохозяйственной продукции и машин. Творческими коллективами научных учреждений Россельхозакадемии и Минсельхоза России разработан Федеральный ре-

гистр технологий производства продукции растениеводства [217], а также регистр технологий производства и переработки продукции животноводства. На их основе создан Федеральный регистр сельскохозяйственных машин. Положено начало разработке региональных регистров агротехнологий на примере Новосибирской области [3]. Эта работа выполняется в рамках адаптивно-ландшафтных систем земледелия по природно-сельскохозяйственным провинциям, а затем обобщается в регистрах агротехнологий для административных областей, краев, автономных республик.

Региональные регистры представляют собой свод типизированных базовых технологий и технологических адаптеров, зарегистрированных в определенном порядке с учетом их производственной проверки и сертификации.

Методика формирования регистров основывается на определенной систематике технологических операций и технологий, поскольку набор их вариантов часто оказывается очень большим вследствие многообразия агроэкологических условий.

В качестве ключевого понятия рассматривается базовая технология.

Базовая технология – совокупность взаимосвязанных технологических операций по возделыванию сельскохозяйственной культуры (с заданными количественными, качественными характеристиками и технико-экономическими показателями), выполняемых в наиболее благоприятных экологических условиях для данной культуры в пределах природно-сельскохозяйственной провинции. Базовая технология состоит из звеньев (севооборота, системы обработки почвы и посева, систем удобрения, защиты растений, уборки урожая, послеуборочной обработки зерна, хранения и т.п.), в которые входят блоки. В частности, система обработки почвы и посева имеет блоки: основная обработка, предпосевная обработка, уход за посевами, посев. Блоки могут состоять из одной или нескольких технологических операций. В зависимости от агроэкологических факторов одни и те же блоки могут иметь различные варианты исполнения, которые называются технологическими модулями. Например, в базовой технологии возделывания яровой пшеницы в сложных эрозийных ландшафтах лесостепной зоны Западной Сибири основная обработка почвы рыхлителем СибИМЭ на относительно чистых от сорняков посевах может быть заменена чизелеванием (чизельный модуль), при сравнительно малых уклонах – обработкой плоскорезом-глубокорыхлителем (плоскорезный модуль), на слишком пересохших почвах – параплау, при высокой засоренности определенными сорняками или при применении навоза – вспашкой плугом. При возделывании этой же культуры в условиях проявления дефляции плоскорезную обработку почвы можно заменить нулевой.

Несколько технологических модулей может представлять блок посева – узкорядный, широкорядный, точный высев; в звене защиты растений – химический, биологический, комбинированный модули; в звене уборки зерновых – прямое комбайнирование, раздельная уборка с измельчением и разбрасыванием соломы или ее уборкой и т.д.

Наборы технологических модулей того или иного блока, отличающиеся от базовых и предназначенные для различных групп земель и условий производства, называются технологическими адаптерами.

Для систематизации, удобства изложения и пользования регистры агротехнологий оформляются в виде списков базовых технологий и технологических адаптеров для природно-сельскохозяйственных провинций. В качестве примера выполнения такой работы могут служить региональные регистры агротехнологий, разработанные в составе адаптивно-ландшафтных систем земледелия Новосибирской области [3]. Процедура формирования регистров агротехнологий включает составление списка всех известных технологических операций по возделыванию сельскохозяйственных культур в районе и последующее их структурирование в технологические адаптеры применительно к агроэкологическим группам земель и уровням интенсификации производства.

Список технологических операций по возделыванию зерновых культур составлен по девяти категориям, обозначенным римскими цифрами: I – обработка почвы; II – зимние мелиорации; III – удобрения и химические мелиоранты; IV – культуры и сорта; V – подготовка семян к посеву; VI – сроки посева; VII – нормы высева; VIII – защита растений от вредных организмов и полегания и ускорение созревания; IX – уборка. В пределах каждой категории технологические операции обозначены арабскими цифрами, а параметры технологических операций (глубина обработки, сроки посева и т.д.) – буквами русского алфавита. Таким образом, каждая операция имеет трехчленное обозначение.

Далее пакеты технологических адаптеров составляются из технологических операций для культур (сортов) применительно к агроэкологическим группам земель, предшественникам в севообороте, различным уровням интенсификации производства с учетом различных вариантов изменения погодных условий и соответственно физического состояния почв.

## 11. ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ АДАПТИВНО-ЛАНДШАФТНОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ В СИСТЕМЕ СОВРЕМЕННОГО ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВА

### 11.1. Современное состояние государственного землеустройства

Для проектирования адаптивно-ландшафтной системы земледелия и агротехнологий в соответствии с изложенной выше новой методологией требуются сеть проектно-изыскательских предприятий и соответствующая их организация в системе управления землепользованием и землеустройством. До недавнего времени в стране функционировала государственная землеустроительная служба, проводящая земельную политику государства на уровне генеральных схем использования и охраны земельных ресурсов для республик и областей и межхозяйственного и внутрихозяйственного землеустройства. Земельное проектирование и его научно-методическое обеспечение осуществлялись институтами системы Гипрозем, а мелиоративное – Гипроводхозом. В разработке техно-рабочих проектов участвовали республиканские и областные станции химизации, различные мелиоративные, лесоустроительные, лесомелиоративные и другие организации. В результате либеральных реформ сложившаяся государственная система землеустройства была разрушена. Остатки органов землеустройства занимаются механическим отводом земель для различных хозяйственных нужд. Организация и устройство территории регионов страны находятся в настоящее время в полном запущении. Нет четкого разграничения земель, не установлена оптимальная структура землепользования по регионам, не всегда определены границы землепользователей и землевладельцев и др. К землеустройству не проявляют соответствующего интереса ни федеральные, ни региональные, ни местные органы власти. И это при том, что в стране появились масса новых землепользователей и землевладельцев и новые формы собственности. Вместе с тем, если подойти к вопросам землепользования и землеустройства как серьезной научно-практической проблеме, то в случае ее успешного решения это способствовало бы позитивным сдвигам не только в земледелии, но и в социально-экономическом развитии страны в целом.

Новые земельные отношения не рассматриваются государством как триада хозяйственных, правовых и территориальных отношений и провозглашены в законодательных актах без каких-либо приводных механизмов. Декларируя рыночный характер землепользования, государство практически устранилось от регулирования земельных отношений. Однако функции государственного управления землепользованием страны (формирование земельной политики, регулирование использования и охраны земель, организация и устройство территории, агроэкологический мониторинг земель и др.) остались, и потребность в них с каждым годом возрастает.

Очевидно, что нужна новая система управления землепользованием, важнейшим рычагом которого является землеустройство. Со времен П. А. Столыпина оно рассматривалось в качестве важнейшего управленческого механизма (рис. 11.1).



Рис. 11.1. Схема развития землеустройства на основе регулирования использования земель

При всех шаблонах и недостатках, которыми страдало советское землеустройство, в стране накоплен опыт внутривладельческого землеустройства, проектирования зональных систем земледелия и всевозможных технорабочих проектов. Имеющиеся в хозяйствах почвенные карты и другие земельно-оценочные материалы, различные проекты должны быть сохранены в качестве исходного материала для предстоящих проектно-исследовательских работ. Качество имеющихся земельно-оценочных материалов удовлетворяет требованиям нормальных, а иногда и интенсивных агротехнологий.

Гипроземы должны перестроиться на новую методологию проектирования без окончательного разрушения сложившейся государственной землеустроительной службы путем нормального реформирования и создания новых форм землеустройства. Разумеется, государство не должно брать на себя все функции землеустройства. Чего стоили многочисленные обследовательские, кадастровые, мониторинговые и другие работы «про запас» безотносительно к реальным потребностям социума и конкретным целям.

Землеустройство должно рассматриваться по отношению к человеку, населению, социуму, что обуславливает формирование целостной системы «социум-территория». В такой системе земля служит базисом размещения всех элементов среды обитания населения, своеобразной системой жизнеобеспечения населения. Распределение и перераспределение антропогенных нагрузок по территории с целью избежания возникновения экологических проблем и улучшения качества среды – важнейшая задача ландшафтно-экологического устройства территории. Добиться этого можно путем достижения эколого-хозяйственного баланса территории, т.е. сбалансированного соотношения между природной средой и различными видами деятельности, в том числе земледелия, и интересами различных групп населения.

Предложенный подход позволяет синтезировать природно-ландшафтную дифференциацию территории и социально-экономические различия и выделить агроландшафтные формирования разного пространственного и иерархического уровня. По сути дела, это согласуется с положениями А. В. Чайнова об экономическом ландшафте, позволяющем формировать интегральные сбалансированные конструкции: агроландшафт, лесоаграрный ландшафт и т.д., связанные либо технологическим циклом, либо природоохранным процессом, либо сохранением биоразнообразия, либо тем и другим.

### 11.2. Регулирование использования земель

Развитие землеустройства с целью эффективного использования земель предполагает осуществление территориального, экономического и административно-правового регулирования использования земель.

*Территориальное регулирование* земельных отношений включает в себя планирование использования земельных ресурсов и разработку специальных программ развития территории. При планировании использования земель проводится зонирование территории для решения различных задач управления и организации работ по ведению государственного земельного кадастра.



В целом территориальные отношения включают разработку мероприятий, регламентирующих землепользование и обеспечивающих сбалансированное и экологически безопасное развитие территорий.

В систему *экономического регулирования* входят экономическая оценка земель, определение и дифференциация системы платежей и налогов на землю, финансирование и материально-техническое обеспечение программ и мероприятий.

В круг задач *административно-правового* регулирования входят разработка нормативно-правовой базы, земельный менеджмент и маркетинг как совокупность принципов, методов, форм и средств организации и эффективного управления землепользованием, земельный аудит и контроль за использованием земель, мониторинг процесса землепользования и управление им.

В системе планирования и проектирования территории выделяются четыре уровня: федеральный, областной, районный, муниципальный (табл. 11.1).

### 11.1. Управляемая территориальная иерархическая схема планирования и проектирования землепользования

Территория, уровень управления	Основные цели и задачи	Подчиненные выделы
1. Регион, экономический район, федеральный округ	Стратегическое планирование по обеспечению экологической безопасности и сохранности земельно-ресурсного потенциала на федеральном уровне; создание регионального экологического каркаса. Схема эколого-хозяйственного состояния территории региона	Административная область (край, республика), группа областей
2. Область	Схемы землеустройства областей для реализации земельной реформы. Схемы структурного совершенствования территории области	Административный район, группа сельских округов
3. Район	Эколого-хозяйственная организация территории района. Схема землеустройства административного района	Сельский округ, муниципальное образование (первичная единица самоуправления)
4. Сельский округ, муниципальное образование	Проект внутрихозяйственного устройства территории, проект агроландшафтной системы земледелия отдельного хозяйства	Селение – территория, хозяйство

Важнейшей задачей землепользования на федеральном (региональном) уровне является разработка стратегии по обеспечению экологической безопасности и сохранности земельно-ресурсного потенциала, а также создание

регионального экологического каркаса, т.е. организация земель особо охраняемых территорий.

На более низких уровнях планирования и проектирования этот экологический каркас усложняется и развивается по принципу ветвящегося дерева.

В государственном учете земель весьма ограничены сведения о площади и состоянии охраняемых территорий: заказниках, охранных зонах рек, лесах соответствующих групп и назначения. Необходимо отобразить земли экологического каркаса с помощью различных тематических карт, аэро-, космоснимков и соответствующих баз данных (геоботанических, лесоустроительных, ландшафтных и др.).

*На областном уровне* осуществляются структурные усовершенствования территории, т.е. оптимизируется структура использования земель с точки зрения как хозяйственных потребностей, так и сохранения природы. Важнейшим на этом уровне представляется создание регионального экологического каркаса. Целесообразны также среднесрочное перспективное планирование развития территории и использования земельных ресурсов и экологическое регулирование рынка земли.

*На районном уровне* планирования и проектирования осуществляется эколого-хозяйственная организация территории, важнейшей задачей которой является распределение и перераспределение земель с целью улучшения качества природной среды и избежания возникновения экологических противоречий. Добиться этого можно путем совершенствования структуры землепользования на основе эколого-хозяйственного баланса территории. Этот подход требует баланса трех составляющих частей территории: природных комплексов, экотонов (переходных участков) и земель, вовлеченных в хозяйственный оборот, причем, в такой пропорции, чтобы складывающийся уровень антропогенной нагрузки не превышал экологическую емкость агроландшафтов.

*На муниципальном уровне* (сельский округ) организуются в первую очередь угодыя хозяйства (коллективного, частного и т.п.), и цели здесь преследуются прежде всего хозяйственные, т.е. получение максимальной продукции при минимуме затрат, экологические ограничения хозяйственной деятельности устанавливаются вышестоящими органами управления (федеральными и местными).

Системы «селение – прилегающая территория», где достигнут эколого-хозяйственный баланс, являются экологическими структурами устойчивого развития. Такие структуры имеют либо единый технологический цикл (агро-, лесопромышленные или горнопромышленные системы), либо связаны природоохранным процессом (национальный парк, заповедник) или информационным потоком (технополис). Налаживание технологических цепочек и информационных каналов, а также создание устойчивых пропорций экологических структур должны распространяться на соседние территориальные структуры. Таким образом происходят объединение и интеграция локальных структур в единое эколого-хозяйственное «поле» района, области, региона, страны.

### 11.3. Муниципальное землепользование и землеустройство

Очевидно, центр тяжести в организации землеустройства, его содержании и финансировании должен переместиться на региональный и муниципальный уровни с тем, чтобы приблизить его к интересам и особенностям местного социума. Соответственно процедура землеустройства должна предваряться разработкой социального заказа на организацию территорий в форме задания на проектирование и регулироваться местным законодательным органом.

Местное землеустройство, в отличие от государственного, должно быть ориентировано на подготовку управленческих решений по организации территории для органов местного самоуправления. Местное землеустройство рассматривается как механизм управления процессом землепользования в местном образовании, без которого невозможно рациональное использование территориальных ресурсов. Все стадии землеустроительного комплекса имеют четкую направленность, они последовательны и взаимоувязаны.

С позиций местного социума, муниципальное землеустройство [56] включает следующее:

формирование исходной информации для оценки сложившегося эколого-хозяйственного состояния (ЭХС) территории;

анализ сложившегося состояния земель по экологическим, экономическим, социальным и другим критериям;

разработку вариантов рациональной организации территории муниципального района;

введение базы данных о землях муниципального района в муниципальную автоматизированную информационную систему – МАИС.

Технология муниципального землеустройства может быть представлена следующим образом:



где 1-ИН – инвентаризация информации – сбор данных о территории муниципального образования;

2-МФ – составление моделей территории в различных аспектах;

3-А – анализ и оценка состояния территории по данным моделей факта;

4-ПР – проектирование;

5-ОФ – оформление результатов проекта в формах заказа;

6-К – установление порядка контроля за принятым проектом.

Кроме того, в функции местного землеустройства входят реализация принятого муниципальным органом проекта и контроль за параметрами организации территории, а также все текущие дела по связям с государственным землеустройством по земельно-кадастровой отчетности и т.п.

Представленный на схеме порядок выполнения технологических действий и методика их выполнения составляют методическое обеспечение землеустроительного проектирования.

Основное содержание института муниципального землеустройства заключается в следующем:

муниципальное землеустройство осуществляет землеустроительные работы на территории местного самоуправления, начиная с определения ее границ, состава земель и оформления соответствующих земельно-учетных, регистрационных и других кадастровых документов;

муниципальную землеустроительную службу представляет специалист-землеустроитель; правовая регламентация его должности и статус определяются уставом местного образования;

землеустройство включает: ведение блока данных «Земли муниципального образования» в составе информационной службы местного образования; анализ состояния территории и ежегодную оценку по всем принятым параметрам при отчете об использовании земель; разработку прогнозных и плановых направлений совершенствования состояния территории; реализацию управленческих решений по процессу землепользования;

муниципальное землеустройство осуществляется при методической и правовой поддержке объединения (ассоциации) землеустроителей местных образований.

Информационное обеспечение управления процессом землепользования осуществляется созданием и ведением местного земельного кадастра и локального (местного) мониторинга земель, объединяемых с регистрацией землевладельцев в блок данных «Земли местного образования (МО)» в муниципальной автоматизированной информационной системе («МАИС»).

Правовое обеспечение «МАИС» и блока «Земли муниципального образования» разрабатывается на основании Федерального закона «Об общих принципах организации местного самоуправления в Российской Федерации» № 131 от 06. 10. 03 и постановления Правительства России от 1993 г. «О мерах по дальнейшему развитию государственного земельного кадастра и локального мониторинга». По этим законодательным актам администрации местных образований вправе создавать собственную землеустроительную службу, действие которой регламентируется соответствующими положениями, составляемыми и принимаемыми законодательными органами власти.

Правовой институт местного землеустройства должен исходить из принципа: организация территории муниципального образования – это организация использования ее территориальных ресурсов – главного жизненного ресурса социума.

Муниципальная служба землеустройства устанавливает очередность проектирования и виды проектов. Разработка предложений по перспективному планированию землепользования местного образования должна представляться органам местного образования именно землеустроительной службой и только после разработки вариантов развития территории местные органы должны принимать соответствующие решения.

Важнейшим становится правовое обеспечение территориальной организации муниципальных образований. Особое значение здесь имеют правовые нормы, связанные с владением, использованием и распоряжением земель.

Они являются гарантией возможности населения реализовать законные права на использование земельных ресурсов.

В муниципальных образованиях земли сельскохозяйственного назначения рассматриваются как средство производства, обеспечивающее жизнедеятельность населения, т.е. как неотторжимая, органически связанная с поселением часть территории. Принцип «нет земель вне границ местного образования» должен составлять суть территориальных основ местного самоуправления и закрепляться нормой, исключающей иное толкование, независимо от форм собственности и целевого назначения земель.

Кроме классификации земель внутри категории основного назначения по признаку принадлежности к той или иной форме собственности, земли должны разделяться по уровню их использования, поскольку и сейчас, и ранее (до 1990 г.) часть земель выпадала из хозяйственного оборота. В настоящее время площадь неиспользуемых (не востребованных) земель составляет до 30% от общей площади земель, числящейся по официальным земельно-учетным документам. Такие угодья, а также неудобные для обработки земли должны четко отражаться в документах муниципальных образований и, конечно, иметь конкретные наименования. Их правовой режим необходимо зафиксировать в регистрационной части земельного кадастра, а до этого – в актах муниципального земельного права.

В связи с обострением экологической ситуации следует также выделить земли средостабилизационного и средозащитного назначения. Такое предложение может реализоваться в уставах отдельных местных образований.

Организация землепользования всего местного образования включает:

оценку эколого-хозяйственного состояния (ЭХС) территории;

эколого-хозяйственное зонирование территории с выделением экологического каркаса и зон с разными специализацией, уровнем антропогенной нагрузки и экологических ограничений (в том числе консервация угодий);

проектирование в выделенных зонах систем рационального землепользования и адаптивно-ландшафтных систем земледелия с разработкой правового режима земель и порядка пользования ими.

Работы по организации территории выполняются муниципальной землеустроительной службой или сторонними организациями в соответствии с Законом «Об общих принципах организации местного самоуправления в Российской Федерации».

Научно-методическое обеспечение проведения местного землеустройства должно осуществляться учреждениями РАСХН, РАН и ВИСХАГИ, аграрными и классическими университетами.

#### **11.4. Основное содержание и задачи проведения землеустройства на эколого-ландшафтной основе**

Основное содержание землеустройства на эколого-ландшафтной основе заключается в установлении такой организации территории и ее обоснования, которая обеспечивает создание и поддержание устойчивого социоэкологического равновесия.

Ландшафтный подход определяет общую конструкцию агроландшафта, его каркас, а агроэкологический – его биологическое разнообразие. Увязка данных подходов при землеустройстве позволяет решить наряду с экологическими технологические, технические, социально-экономические, правовые, организационно-хозяйственные и другие задачи.

**Виды землеустроительной документации.** Реализация мероприятий по научно обоснованному развитию землевладений и землепользований в увязке с комплексом природоохранных мер и адаптивно-ландшафтным подходом может быть осуществлена только на основе землеустроительной документации, прорабатываемой на различных уровнях: Российская Федерация – субъект Российской Федерации – муниципалитет – отдельный землевладелец.

В этой связи последовательность разработки землеустроительной документации определяется Федеральным законом «О землеустройстве» (от 08.06.2001г., № 78-ФЗ) и включает в себя:

Генеральную схему землеустройства территории Российской Федерации;  
схемы землеустройства территорий субъектов Российской Федерации, муниципальных и других административно-территориальных образований, схемы использования и охраны земли;

проекты территориального землеустройства;

проекты внутрихозяйственного землеустройства;

рабочие проекты, связанные с использованием и охраной земли.

В процессе разработки любого землеустроительного документа изучаются природные, экономические, экологические условия *по ландшафтным единицам в целом* (бассейнам больших и малых рек, ландшафтным округам, провинциям, районам, урочищам) независимо от того, совпадают их границы с административными границами объектов землеустройства или нет. Это связано с тем, что многие факторы, влияющие на принятие землеустроительных решений (атмосферные, гидрогеологические, гидрографические условия и т.д.), формируются или находятся за пределами объектов землеустройства.]

**Генеральная схема и схемы землеустройства территориальных образований.** Основой Генеральной схемы землеустройства территории Российской Федерации является эколого-ландшафтное зонирование, которое имеет комплексный характер и самостоятельное значение. Оно направлено на изучение реально существующих экономических закономерностей территориальной организации регионов и их экологических особенностей. Главная цель – найти оптимальные соотношения между деятельностью человека и природной средой на рассматриваемой территории. Материалы Генеральной схемы служат для планирования размещения отраслей (промышленности, транспорта, сельского и лесного хозяйства и др.) в увязке с намечаемым использованием земли, разработки федеральных и региональных программ развития землепользования, схем землеустройства более мелких территориальных образований.

Схемы землеустройства территорий субъектов Российской Федерации, муниципальных и других административно-территориальных образований, использования и охраны земли, разрабатываемые на основе Генеральной

схемы, дифференцируют эколого-ландшафтное зонирование и обеспечивают принятие конкретных землеустроительных решений на уровне рассматриваемых территориальных образований.

**Проекты территориального землеустройства.** Основными задачами территориального землеустройства, проводимого на базе эколого-ландшафтного и агроэкологического подходов, являются:

определение площади землевладения или землепользования на основе агроэкологической пригодности земель, объема производства продукции (товарной, кормовой), специализации растениеводства, продуктивности сельскохозяйственных угодий, ожидаемых затрат;

агроэкологически оправданное размещение землевладений с учетом местоположения населенных пунктов, объектов социальной, производственной и природоохранной инфраструктуры;

установление рациональной структуры угодий с выделением ценных земель агроэкологически обоснованной трансформации, включая консервацию и восстановление деградированных участков;

размещение природоохранных мероприятий и объектов в пределах крупных водосборов или нескольких сельскохозяйственных предприятий с определением регионов с ограниченной хозяйственной деятельностью для стабилизации природных и хозяйственных компонентов ландшафта;

формирование землевладений и землепользований удобной конфигурации с агроэкологически устойчивыми внешними границами.

Начальным этапом организации ландшафта в проектах территориального землеустройства является его функциональное зонирование с учетом эколого-хозяйственного состояния территории и перспектив развития различных отраслей хозяйственного комплекса, т.е. перспективное распределение земельного фонда по категориям земель.

На втором этапе проводится анализ размещения границ землевладений и землепользований на предмет их совпадения с границами *ландшафтного зонирования различного уровня*. При землеустройстве принимается вариант, при котором границы предприятий совпадают с границами ландшафтных единиц. Это необходимо для того, чтобы в пределах одного хозяйства можно было бы запроектировать полный комплекс природоохранных мероприятий на всей территории выделенной ландшафтной единицы. В практике такие ситуации встречаются довольно редко, поэтому при территориальном землеустройстве возникает необходимость изменения границ землепользований и перераспределения земли между хозяйствами (рис. 11.2).

При территориальном землеустройстве анализируются также недостатки размещения границ и размеров сельскохозяйственных предприятий экономического, экологического и территориального характера: неоптимальный размер землепользования, нерациональная структура угодий, чересполосица, вкрапливание, изломанность границ, вклинивание и т.д. Устранение указанных недостатков проводится одновременно по группе взаимосвязанных землепользований.

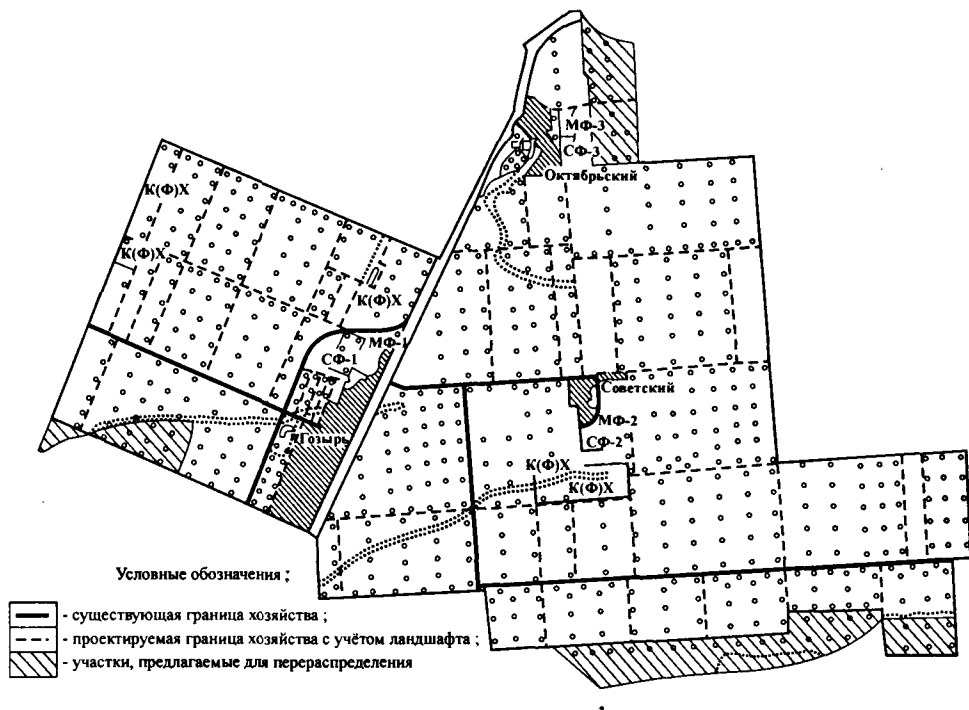


Рис.11.2. Изменение границ землепользования при ландшафтном землеустройстве

Процесс территориального землеустройства по устранению недостатков землепользования должен включать следующие действия:

- выбор и обоснование возможных способов устранения недостатков;
- составление проекта;

- обоснование проекта (определение экономической и экологической эффективности изменений, вносимых в землепользования; расчет необходимых экологических и экономических показателей и корректировка планов развития хозяйства в связи с увеличением или уменьшением земельной площади).

Устранение недостатков землепользования производится следующими основными способами:

- обменом равновеликими и равноценными участками земли между хозяйствами;

- обменом неравновеликими и неравноценными участками;

- передачей земель одного хозяйства другому без компенсации;

- реорганизацией землепользований.

При этом учитываются пожелания землепользователей, заинтересованных предприятий, учреждений и организаций. В тех случаях, когда для устранения недостатков намечается обмен участками, различными по природным свойствам, используются материалы экономической оценки земли.



**Проекты внутрихозяйственного землеустройства.** Основными задачами внутрихозяйственного землеустройства и ведения хозяйства на эколого-ландшафтной основе является обеспечение по возможности воспроизводства природных механизмов саморегуляции агроэкосистем; достижение оптимального соотношения между пашней, лугами, пастбищами, лесом, водоемами; создание устойчивых агроландшафтов на основе производственных, природоохранных и других объективных критериев.

В результате содержание организации территории сельскохозяйственных предприятий направлено на практическую реализацию проектных землеустроительных решений на территории конкретных агроландшафтов с учетом их особенностей. При таком подходе территория сельскохозяйственного предприятия рассматривается как взаимосвязанное множество агроландшафтных элементов, которое нужно устраивать в соответствии с природоохранными и природовосстановительными принципами.

**Рабочие проекты в землеустройстве.** К рабочим относятся все проекты улучшения сельскохозяйственных угодий, освоения новых земель, рекультивации нарушенных земель, защиты земель от эрозии, селей, подтопления, заболачивания, вторичного засоления, иссушения, уплотнения, загрязнения отходами производства и потребления, радиоактивными и химическими веществами и т.п. на конкретном земельном участке или объекте.

**Целью рабочих проектов** в землеустройстве является подробная инженерно-экономическая и технологическая проработка конкретных мероприятий, направленных на улучшение и охрану земель и повышение их плодородия, создание необходимых элементов производственной и социальной инфраструктуры.

**Основными задачами** рабочего проектирования являются:

уточнение месторасположения, границ, площадей и конфигурации землеустраиваемых земельных участков, а также определение условий и режима использования и охраны земель;

определение наиболее экономичных и экологически безопасных технологий выполнения мелиоративных, планировочных, строительного-монтажных и других работ, а также порядка их организации;

установление объемов и рациональной очередности в организации и проведении специальных природоохранных мероприятий;

выявление потребности в строительных материалах, машинах, механизмах и рабочей силе, обеспечение их эффективного использования;

определение сметной стоимости проектируемых мероприятий, обеспечение высокой технико- и финансово-экономической их эффективности, порядка и сроков финансирования работ.

При составлении рабочих проектов руководствуются следующими принципами:

создание наилучших условий для рационального использования и охраны устраиваемого земельного участка, а также земель, прилегающих к объектам проектирования;

согласованность разрабатываемых в рабочем проекте решений с мероприятиями, предусмотренными схемами и проектами территориального и внутрихозяйственного землеустройства;

инженерная, социально-экономическая, экологическая обоснованность разрабатываемых мероприятий и их эффективность;

экологически допустимое вовлечение новых земель в сельскохозяйственное использование;

использование максимума площади участка для производства сельскохозяйственной продукции;

минимальное расходование земель на несельскохозяйственные нужды;

внедрение прогрессивных технологий производства работ.

### **11.5. Определение правового режима и условий использования земель**

При составлении схем и проектов землеустройства в обязательном порядке рассматриваются правовые, природоохранные, социально-экономические и организационно-хозяйственные вопросы развития землепользования.

Правовой режим землевладения и землепользования должен увязываться с формами земельной собственности и экологическими особенностями территории, определяющими режим их использования, ограничения и обременения землепользователей (землевладельцев). Так, например, проекты территориального землеустройства в границах реформированных сельскохозяйственных предприятий составляют на основе согласованных и утвержденных в установленном порядке материалов инвентаризации земель, в результате которой уточняют размер земельных долей, формируют и размещают массивы земель, являющиеся собственностью юридического лица, размещают земельные участки, находящиеся в собственности граждан.

**Формирование и размещение земельных массивов юридических лиц.** Земельные массивы, являющиеся собственностью юридического лица, формируют и размещают следующим образом. На основании анализа фактического использования земельных долей, в процессе инвентаризации, устанавливают площадь сельскохозяйственных угодий, являющихся собственностью сельскохозяйственной организации как юридического лица, т.е. устанавливают совокупную площадь *земельных долей*, внесенных в уставный (складочный) капитал или паевой фонд предприятия и выкупленных земельных долей у их прежних владельцев, а также переданных безвозмездно. Указанные площади сельскохозяйственных угодий включают в *неделимый фонд*, который в правовом порядке не подлежит последующему разделу на земельные доли.

Созданный неделимый фонд формируют и размещают по возможности единым массивом с учетом существующего размещения животноводческих ферм, производственных центров, мест проживания членов сельскохозяйственной организации, рынков сбыта, транспортных магистралей и т. п.

Важным фактором формирования массива является его эколого-ландшафтная однородность. С этой целью формируемый массив должен представлять собой единую водосборную территорию или характеризоваться

иными признаками однородности (почва, рельеф, экспозиция склона и т.п.). В целом формируемый массив должен иметь определяющее значение в обеспечении основных направлений производственной деятельности сельскохозяйственного предприятия.

Чтобы не ущемлять интересы других собственников земельных долей, площадь отводимого земельного массива необходимо увязать с качественной оценкой земель, а именно: число балло-гектаров формируемого земельного массива должно быть не больше общего их числа, указанного в Свидетельстве о праве собственности на землю переданных и приобретенных земельных долей.

Границы земельного массива устанавливаются с учетом его компактного размещения, по возможности совмещая с существующими границами севооборотных массивов, полей и рабочих участков, с четко выраженными на местности естественными и искусственными рубежами (реками, ручьями, каналами, дорогами, лесополосами и т. п.).

На основании данных формирования земельного массива, являющегося собственностью сельскохозяйственной организации как юридического лица и включенного в неделимый фонд, составляют реестр сельскохозяйственных угодий. Одновременно указывают площади несельскохозяйственных угодий, рекомендуемых к передаче сельскохозяйственной организации. Проект территориального землеустройства (перераспределения земель) на территорию реформируемого сельскохозяйственного предприятия представлен на рис. 11.3.

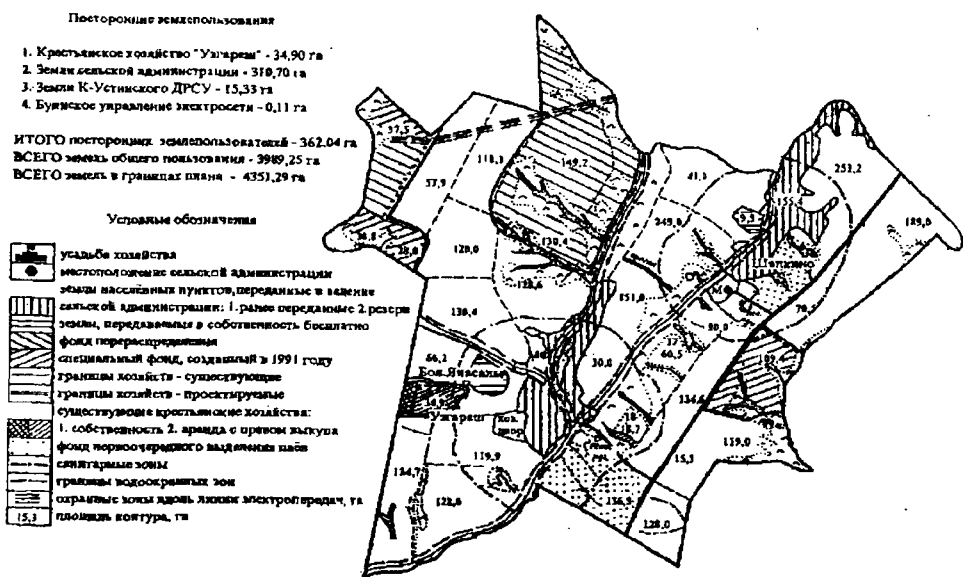


Рис. 11.3. Проект территориального землеустройства (перераспределения земель) на территорию реформируемого колхоза

**Размещение земельных участков, переданных на правах пользования.**

Массивы земельных угодий, переданных в порядке *пользования* сельскохозяйственной организации на том или ином праве, также формируют компактными отдельными массивами, примыкающими к основному массиву землевладения. Сельскохозяйственные угодья, используемые сельхозорганизацией на условиях аренды, формируют с учетом сроков аренды.

Необходимо предусмотреть пожелания собственников земельных долей по распоряжению ими после окончания срока правовых взаимоотношений с сельскохозяйственной организацией.

Номера земельных участков и их площади, переданные сельскохозяйственной организации в пользование или аренду органами местного самоуправления, а также земель, включенных в фонд перераспределения, заносят в специальный реестр.

**Размещение земельных массивов граждан.** Земельные доли граждан, не пожелавших включить (продать, передать, подарить) их в состав коллективных сельскохозяйственных предприятий, выделяются по желанию владельцев долей из земель сельскохозяйственного назначения в соответствии с требованиями Федерального закона от 24.07.2004 г. № 101-ФЗ «Об обороте земель сельскохозяйственного назначения» и Федерального закона от 18.06.2001г. № 78-ФЗ «О землеустройстве».

Основным фактором, обеспечивающим рациональность выдела земельного участка и определения его местоположения, осуществляемого в порядке проведения землеустройства, является необходимость предотвращения возможности нарушения законных интересов и прав всех заинтересованных землевладельцев (землепользователей) путем создания для всех равных условий землепользования (землевладения). В этой связи важным фактором является недопущение ухудшения экологического состояния выделяемого землевладения.

Размещение земельных участков должно осуществляться с учетом сформированной ранее системы природоохранной организации территории, зон влияния имеющейся природоохранной инфраструктуры (защитных лесных полос, водорегулирующих сооружений, водозащитных дамб и т.п.), возможности проводить земледелие без дополнительных (связанных с выделенным местоположением участка) затрат на природоохранные и природовосстановительные мероприятия.

**Передача в собственность несельскохозяйственных угодий.** В соответствии с Указом Президента РФ от 07.03.1996г. №37 «О реализации конституционных прав граждан на землю» при передаче сельскохозяйственных угодий в собственность гражданам и юридическим лицам бесплатно передают в их собственность также и земельные участки, занятые кустарником, мелколесьем и другими несельскохозяйственными угодьями, расположенными между участками продуктивных земель в границах отводимого им земельного массива.

Конкретные виды и площади несельскохозяйственных угодий, которые могут быть переданы в собственность граждан, определяют органы государственной власти субъектов Российской Федерации.

Несельскохозяйственные угодья передают в собственность с учетом: пожеланий граждан и юридических лиц; размещения продуктивных земель; пожеланий смежных землепользователей; природно-экологического значения и целесообразного хозяйственного использования этих земель; создания территориальных условий для формирования компактного и рационального землепользования.

Границы передаваемых в собственность несельскохозяйственных угодий совмещают с четко выраженными на местности естественными и искусственными рубежами (реками, ручьями, каналами, дорогами, лесополосами и т. п.). Вкрапленные в участки продуктивных земель контуры несельскохозяйственных угодий, как правило, передают целиком собственникам сельскохозяйственных угодий, внутри которых они находятся. Если на смежные несельскохозяйственные угодья претендуют несколько граждан и юридических лиц, то их распределяют между ними пропорционально площади сельскохозяйственных угодий, переданных в собственность, с учетом хозяйственной целесообразности и взаимной договоренности.

Важно отметить, что при передаче несельскохозяйственных угодий в собственность создаются условия формирования земельных массивов, отвечающих требованиям экологически устойчивого землепользования. Поэтому размеры передаваемых в собственность несельскохозяйственных угодий (особенно лесов, лесных полос, кустарников) должны быть увязаны (оптимизированы) с площадями пахотных угодий, находящихся в распоряжении землепользователей (землевладельцев).

В случае, если граждане и юридические лица не пожелали получить в собственность несельскохозяйственные угодья, разрабатывают предложения о включении таких земель в земли запаса, лесного или водного фонда, земли других категорий. Несельскохозяйственные угодья (леса, реки, водоемы, межселенные дороги, земельные участки, находящиеся под объектами истории и культуры, территории общего пользования и др.), которые по своим природно-экологическим условиям или правовому статусу не могут быть переданы в собственность гражданам и юридическим лицам, включают в земли соответствующих категорий.

При рассмотрении вопросов о передаче земель, занимаемых межхозяйственными и внутрихозяйственными дорогами, устанавливают их принадлежность, правовой статус, состав обслуживаемых ими объектов. Значительную часть дорог, расположенных на территории сельскохозяйственных предприятий, используют преимущественно садоводческие товарищества и другие организации, не оформившие земельный отвод и права на их прокладку. На основе проведенного анализа устанавливают их принадлежность и правовой

статус (передают в собственность сельскохозяйственным организациям, оформляют отвод земли соответствующим организациям и т. д.).

При разработке предложений, связанных с освоением несельскохозяйственных угодий для производства сельскохозяйственной продукции по укрупненным показателям, определяют виды, объемы и стоимость культуртехнических работ по освоению этих земель с указанием доли финансирования за счет средств гражданина (юридического лица) и органов местного самоуправления.

Результаты проведенных работ по передаче несельскохозяйственных угодий в собственность отражают:

на чертеже проекта упорядочения землепользования;

в реестре участков (контуров) несельскохозяйственных угодий, передаваемых гражданам и юридическим лицам в собственность или включаемых в земли других категорий;

в ведомости мероприятий по освоению земельных угодий, ранее выбывших из сельскохозяйственного оборота, передаваемых гражданам и юридическим лицам в собственность;

в пояснительной записке к проекту.

**Ограничения, обременения, сервитуты.** Земельный участок приобретает или передается собственнику, владельцу, пользователю и арендатору на соответствующем праве с установленным целевым назначением и правовым статусом и только в этом качестве принадлежит его владельцу. Собственники земельных участков, землевладельцы, землепользователи, арендаторы обязаны использовать землю в соответствии с целевым назначением, применять природоохранные технологии производства, не допускать ухудшения экологической обстановки на территории в результате своей хозяйственной деятельности. Вместе с тем, права собственников земли, землевладельцев, землепользователей и арендаторов земельных участков могут быть ограничены в связи с обременением земельных участков определенными условиями и обязательствами, которые устанавливаются непосредственно законодательством, договорами или решением суда.

Наличие обременения земельного участка влечет ограничения прав собственников земли, землепользователей и арендаторов по его использованию в хозяйственной деятельности. Ограничения по распоряжению земельным участком могут осуществляться в порядке установления сервитута.

Ограничения прав собственников земли, землевладельцев, землепользователей и арендаторов по использованию земельных участков в хозяйственной деятельности и обременение их правами иных лиц возникают, как правило, в связи с тем, что эти земли находятся внутри либо примыкают к особо охраняемым территориям и объектам, либо находятся вблизи вредных производств или в зонах перспективной застройки, разведанных полезных ископаемых, торфа и подземных вод, или по ним проложены различные коммуникации, т.е. они находятся в зоне действия режимобразующих объектов, определяющих соответствующий правовой режим использования этих участков. Ограничения прав в использовании земельных участков могут быть

установлены и по другим основаниям правового и хозяйственного характера (в связи с арендой, залогом, арестом земельного участка, при доверительном управлении, необходимостью регулирования интенсивности использования земель, подверженных процессам деградации, при превышении уровня загрязнения почв, допустимых нагрузок на ландшафт и т.д.).

По этим причинам, а также в целях обеспечения безопасности населения или создания необходимых условий для эксплуатации инженерных коммуникаций, промышленных, транспортных и иных объектов, или сохранения от загрязнения, истощения и уничтожения особо ценных природных территорий возникает необходимость в установлении зон с особым правовым режимом использования земель (ЗОРИЗ). Это охранные, санитарно-защитные, запретные зоны, в пределах которых для собственников, владельцев и пользователей земельных участков в силу необходимости устанавливаются определенные ограничения в использовании земли.

Одновременно для предприятий и физических лиц, в собственности или оперативном управлении которых находятся режимобразующие объекты, предоставляется право доступа к этим объектам для их эксплуатации или контроля текущего состояния, т. е. ограниченного пользования чужими земельными участками (сервитут). Обременение земельного участка сервитутом не лишает собственника участка прав владения, пользования и распоряжения этим участком. Сервитут является вещным правом и сохраняется при переходе земельного участка к другому лицу.

Установление и обоснование правового режима территорий с особыми условиями использования земель является отдельным направлением землеустроительных работ. К таким территориям относят: водоохранные зоны и прибрежные полосы вдоль рек, санитарно-защитные и охранные зоны вдоль железных и автомобильных дорог, магистральных трубопроводов, линий электропередач, телефонной и телеграфной связи, территории природоохранного, заповедного, рекреационного, историко-культурного и иного назначения.

Особой задачей землеустройства является установление и правовое обоснование участков земель предприятий, нуждающихся в установлении особого режима их хозяйственной эксплуатации. К ним могут быть отнесены земли ценные и особо ценные, загрязненные промышленными отходами и стоками, зараженные, нарушенные антропогенной деятельностью или естественными процессами. Наличие таких земель устанавливается в результате проведения специальных землеустроительных обследований в натуре и изучения соответствующих материалов, а правовой режим использования определяется в соответствии с действующим законодательством.

По условиям функционирования в проектах землеустройства выделяются зоны следующего назначения:

санитарно-защитного и охрального;

природоохранного и природозаповедного (связанные с проблемами охраны и защиты природной среды);

оздоровительного, рекреационного и историко-культурного (зоны, выделяемые в связи с культурной и социальной сферами жизни человека).

Для установления правового режима земельных участков в ходе землеустроительных работ составляют дежурные карты ограничений и обременений по административным районам в масштабе 1:10000.

Работы по составлению дежурной карты проводят в два этапа. На первом выявляют и наносят на дежурную карту все режимные и режимообразующие объекты, расположенные на территории административного района, и все зоны с особым правовым режимом использования земель (ЗОРИЗ). Месторасположение режимных и режимообразующих объектов, границы их зон наносят на дежурную карту с максимально возможной точностью. На втором этапе месторасположение режимных и режимообразующих объектов устанавливают инструментально на местности, координируют и наносят на дежурную карту с точностью, соответствующей ее масштабу. Содержание дежурной карты предусматривает отражение на ней не всех обременений, а только тех, которые связаны с ограничениями правовой и хозяйственной деятельности в зонах особого режима использования земель и установлением соответствующих сервитутов.

Месторасположение инженерных, транспортных и других коммуникаций, объектов и сооружений (линий электропередачи, связи, магистральных трубопроводов, водопроводов, теплотрасс, автомобильных и железных дорог и др.) устанавливают на основании документов по предоставлению земельных участков в пользование, данных графического учета земель, материалов аэрофотосъемки, планов землепользований, а также графических материалов (проектов строительства, чертежей исполнительной съемки, планов прохождения трасс), которыми могут располагать соответствующие органы отраслевого управления и организации, осуществляющие техническое обслуживание и эксплуатацию указанных объектов и сооружений. В отдельных случаях не исключена необходимость отображения коммуникаций и других объектов на основании данных полевого обследования.

При составлении карты ограничений и обременений должны быть выявлены землепользования, на территории которых в качестве обременений должны быть установлены (или уже установлены) сервитуты. При выявлении таких землепользований необходимо принимать во внимание следующее:

из всех возможных сервитутов выявляют необходимость установления лишь тех, которые связаны с прокладкой, строительством и эксплуатацией инженерных сетей и сооружений;

инженерные сети и сооружения должны принадлежать постороннему для данного земельного участка собственнику;

необходимость установления для данного участка указанных ранее сервитутов определяют проходящие через него магистральные трубопроводы, сети газоснабжения, электрические сети, линии связи и радиофикации, а также другие инженерные коммуникации.

Для установления границ ЗОРИЗ режимообразующих объектов «точки отсчета» выбирают в соответствии с определенными правилами:



для охранных зон: воздушных линий связи, радиофикации и электропередачи – от крайних проводов; магистральных трубопроводов – от оси трубопроводов; магистральных многониточных трубопроводов – от осей крайних трубопроводов;

санитарно-защитных зон водоемов – от крайних водоводов;

водоохраных зон (рек и озер) – от среднемноголетнего уреза воды в летний период; водохранилищ – от уреза воды при нормальном подпорном уровне;

прибрежных полос – так же, как и для водоохраных зон;

санитарно-защитных зон: предприятий с технологическими процессами, являющимися источниками загрязнения атмосферного воздуха вредными и неприятно пахнущими веществами – непосредственно от источника загрязнения атмосферы сосредоточенными выбросами (трубы, шахты и др.) или рассредоточенными выбросами, а также от мест загрузки сырья, свалок или открытых складов; кладбищ – от их границ; железных дорог – от оси крайнего железнодорожного пути;

зон минимальных расстояний: автомобильных дорог – от бровки земляного полотна; тепловых сетей – от наружной грани строительных конструкций каналов и тоннелей при подземной прокладке.

Фрагмент дежурной карты ограничений и обременений в использовании земель Ленинского района Московской области показан на рис. 11.4.

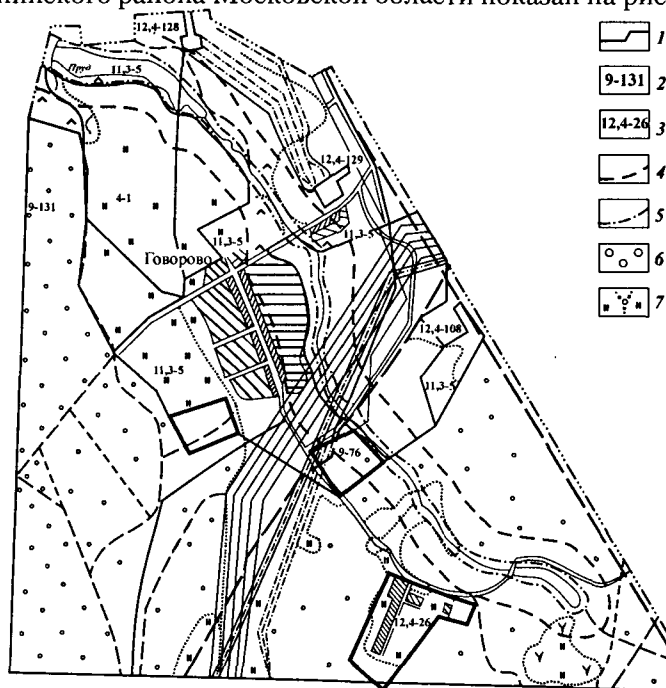


Рис. 11.4. Фрагмент карты ограничений и обременений в использовании земель:  
 1 – границы населенных пунктов; 2 – границы и номера землепользований, не являющихся режимными или режимообразующими объектами; 3 – границы и номера прочих режимных объектов; 4 – границы водоохраной зоны; 5 – границы прибрежной полосы; 6 – лес; 7 – сенокос закустаренный

### 11.6. Формирование агроландшафтов при землеустройстве

Ключевым условием организации территории в процессе землеустройства является создание оптимальных агроландшафтов, характеризующихся высокой экологической, производительной, социальной и экономической устойчивостью.

В процессе землеустройства:

устанавливают оптимальную структуру сельскохозяйственных ландшафтов;

определяют рациональную конфигурацию всех элементов агроландшафта и их площадей;

экологически обоснованно размещают элементы агроландшафта во времени и пространстве.

Эколого-ландшафтный подход предполагает установление оптимального соотношения площадей пашни, пастбищ, сенокосов, заповедников, лесонасаждений, населенных пунктов и других антропогенных и средостабилизирующих составляющих. Оптимальное соотношение этих угодий тем лучше, чем оно ближе к природному, естественному ландшафту.

В литературе имеются различные данные по этому соотношению, в частности, высказывается распространенное мнение о том, что соотношение пашни, луга и леса должно находиться в пределах 30% по каждой составляющей. Однако опыт организации различных территорий свидетельствует о следующем.

Во-первых, соотношение угодий в каждом конкретном случае индивидуально и зависит от рельефа, гидрографических, почвенных и других природных и антропогенных условий местности и достигают его в процессе проектирования.

Во-вторых, в условиях степной зоны это соотношение может быть сдвинуто в сторону увеличения площади пашни с компенсацией этого сдвига за счет введения стабилизирующих культур и угодий (лесных насаждений, полосных посевов многолетних трав и т. д.).

Наиболее сложным является установление степени распаханности территории. В общем виде площадь пашни в сельскохозяйственном предприятии следует определять с учетом площадей, необходимых для экологической стабилизации территории (формула 11.1):

$$S_n = S_{з.л} - (S_d + S_m + S_6 + S_p + S_c + S_{р.з} + S_{np}), \quad (11.1)$$

где  $S_{з.л}$  — площадь землепользования;

$S_d$  — площадь деградированных земель, требующих вывода из пашни (сильноэродированные, подтопляемые, загрязненные, засоленные и другие земли);

$S_m$  — площадь лесополос;

$S_6$  — площади противоэрозионных и других защитных буферных зон из луговой и кустарниковой растительности;

$S_p$  — площади ремизных участков (микрорезервов);

$S_c$  — площадь селитебных территорий с выделением общественных выпасов и огородов;

$S_{рз}$  — площадь рекреационных зон (лесопарковые насаждения у поселков, водных объектов и в других местах);

$S_{пр}$  — площади производственных территорий.

К *деградированным* относят земли, восстановление плодородия которых по отношению к пашне неэффективно. Площади таких земель определяют по результатам почвенных и землеустроительных обследований.

К *загрязненным* относят земли, в которых содержание загрязнителей превышает допустимые нормы. Они, как правило, расположены вдоль автомагистралей, у химических складов, нефтебаз и животноводческих комплексов, а также в зонах влияния крупных промышленных предприятий. Устанавливают необходимость исключения их из пашни и вычисляют площади в результате полевых землеустроительных обследований. Также устанавливают площади засоленных земель, которые следует выводить из сельскохозяйственного оборота.

*Лесонасаждения.* Помимо полезащитных, водорегулирующих, приовражных и прибалочных лесонасаждений закладывают лесополосы вдоль автодорог, обсаживают днища балок, берега рек, прудов и других водоемов. Площади таких насаждений определяют нормативами и проектом (табл. 11.2).

### 11.2. Нормативы облесения русел малых рек

Часть реки (длина), км	Состояние берегов русла			
	устойчивые, не подвер- женные за- грязнению	размываемые в нижней части	размываемые по всему про- филю	намываемые
Истоквая, до 10	6-10 / 4-6	- / -	- / -	- / -
Верхняя, до 25	10-11 / 6-7	11-13 / 7-8	13-15 / 8-10	10-11 / 4-6
Средняя, 26-50	12-14 / 8-9	14-17 / 9-11	17-20 / 11-13	12-14 / 8-9
Нижняя, 51-100	15-20 / 10-13	20-24 / 13-16	24-30 / 16-20	12-14 / 8-9

**Примечание.** Числитель – ширина лесополосы, м; знаменатель – число рядов (для Краснодарского края).

Площади противоэрозионных буферных полос из луговой и древесно-кустарниковой растительности определяют на основе проекта землеустройства.

*Селитебные территории.* В состав селитебных территорий должны быть включены не только площади приусадебных участков и построек, но и дополнительные площади для создания парковых насаждений (20-25% площади села, или 10-12 м на человека), а также площади общественных выпасов, огородов, определяемые из расчета 0,5 га пастбища на 1 голову КРС и 0,1-0,2 га огородов на семью.

Площади лесопарковых насаждений вне селитебных территорий, а также производственных центров определяют проектом землеустройства.

*Микрозаповедники* являются экостабилизирующей частью территории. Они предназначены для полной консервации части ландшафта, т.е. для вос-

становления его естественного режима. Расположение микрозаповедников по территории хозяйства обосновано радиусом их действия (2 км). Для усиления средостабилизирующей и рекреационной функций целесообразно создание в микрозаповедниках небольших водоемов-копаней.

*Миграционные коридоры.* Для обеспечения прохода животных к различным угодьям в целях их защиты и возможного укрытия размещают миграционные (биологические) коридоры. Их создают из полос сеяных сенокосов, расположенных по кратчайшим путям миграции животных из микрозаповедников к ближайшим, приближенным к естественным угодьям (системе залуженных балочных понижений, лесным массивам и др.). Миграционные коридоры образуют замкнутое пространство для обитания различных видов животных. Границы миграционных коридоров совмещаются с лесополосами, буферными насаждениями, кулисами и др. Ширина коридоров определяется их протяженностью и видами животных, обитающих в данной местности (от 40 до 500 м).

*Зоны рекреации.* Для отдыха населения, улучшения микроклимата выделяют зоны рекреации, которые целесообразно располагать вблизи водоемов.

*Ландшафтно-экологические ниши.* Для гнездования дичи, укрытия обитающих животных, охраны флоры и фауны помимо микрозаповедников целесообразно проектировать создание ландшафтно-экологических ниш. Они включают в себя расширенные участки водоохраных зон, прибрежных полос, участки пойм, болота, естественные водоемы, участки леса, где ограничивается или исключается хозяйственное использование и намечается система мер по охране флоры и фауны. Данные участки наименее затронуты антропогенным воздействием или находятся в естественном состоянии.

В целях предотвращения деградации агроландшафтов проводится трансформация пашни балочных понижений в сенокосные угодья, а пашни микрозападин – в залежные угодья с функциями ремизных участков и микрозаповедников.

При такой организации агроландшафтов обеспечивается создание природоохранного каркаса в виде заповедных, водоохраных, ремизных, рекреационных, санитарно-гигиенических и защитных буферных зон и контуров из лугово-травянистой, древено-кустарниковой растительности, сеяных многолетних трав.

### 11.7. Оценка природоохранной организации территории

Для оценки природоохранной организации территории рассчитывают экологические показатели до землеустройства: коэффициент экологической стабильности территории; индекс экологического разнообразия территории; индекс продуктивности агроландшафтов; коэффициент антропогенной нагрузки; длина экотонов в расчете на 1 га пашни; лесистость территории; число и средняя площадь агроэкологически однородных участков на пашне; другие показатели, характеризующие экологическое разнообразие и стабильность территории (площади микрозаповедников, экологических ниш, протяженность миграционных коридоров, защищенная лесополосами площадь).

Для оценки влияния состава угодий на экологическую стабильность территории, устойчивость которой падает при повышении сельскохозяйственной освоенности земель, распашке и интенсивном использовании угодий, проведении культуртехнических работ, застройке территории, необходимо вычислить коэффициенты экологической стабильности территории.

При разном составе угодий коэффициент экологической стабильности ( $K_{эк.ст}$ ) рассчитывается по формуле

$$K_{эк.ст} = \frac{\sum K_{ii} \cdot P_i}{\sum P_i}, \quad (11.2)$$

где  $K_{ii}$  — коэффициент экологической стабильности угодья  $i$ -го вида (табл. 11.3);

$P_i$  — площадь угодья  $i$ -го вида.

В том случае, если полученное значение  $K_{эк.ст} < 0,33$ , то территория экологически нестабильна, при  $K_{эк.ст} = 0,34-0,50$  неустойчиво стабильна, при  $K_{эк.ст} = 0,51-0,66$  переходит в градацию средней стабильности, а при  $K_{эк.ст} > 0,67$  экологически стабильна.

Экологически устойчивые угодья (леса, болота естественного происхождения, целинные земли) создают вокруг себя благоприятную экологическую среду и хорошо влияют на окружающую территорию, ее флору и фауну. Для установления границ этого влияния следует определить предельное расстояние от экологически устойчивого угодья до экологически нестабильной территории, т. е. ширину благоприятной экологической зоны ( $B$ ) по отношению к менее устойчивому угодью. По данным И. Рыбарски и Э. Гайссе, эту ширину можно вычислить по формуле

$$B = \frac{\ln P \cdot 100}{\ln(10/K_2)}, \quad (11.3)$$

где  $P$  — площадь угодья, га;

$K_2$  — коэффициент экологического влияния угодья на окружающие земли (табл. 11.3).

### 11.3. Коэффициенты оценки экологических свойств земельных угодий

Наименование угодий	Коэффициент	
	экологической стабильности территории, $K_1$	экологического влияния угодья на окружающие земли, $K_2$
1	2	3
Застроенная территория и дороги	0,00	1,27
Пашня	1,14	0,83
Виноградники	0,29	1,47

Продолжение табл. 11.3

1	2	3
Лесополосы	0,38	2,29
Фруктовые сады, кустарники	0,43	1,47
Огороды	0,50	1,59
Сенокосы	0,62	1,71
Пастбища	0,68	1,71
Пруды и болота естественного происхождения	0,79	2,93
Леса естественного происхождения	1,00	2,29

В процессе землеустроительного проектирования такие расчеты нужно провести по всем угодьям. Перенеся эти данные на плановую основу, можно определить экологически нестабильные территории, на которых требуется проведение различных экологических мероприятий. К таким мероприятиям с позиции влияния состава угодий на окружающую природную среду можно отнести:

консервацию нарушенных земель, выведение их из сельскохозяйственного оборота, организацию заповедных территорий и зон с особым природоохранным режимом;

перевод интенсивно используемых угодий в менее интенсивные (создание почвозащитных севооборотов, сокращение удельного веса пропашных, залужение деградированных участков пашни, облесение, создание долгодетных культурных пастбищ на пашне и др.);

рекультивацию нарушенных земель;

устройство прудов, водоемов, выполаживание оврагов, создание куртинных насаждений, илофильтров;

организацию миграционных коридоров (буферных полос, лесополос и др.).

Фрагмент землеустройства экологически нестабильного участка приведен на рис. 11.5 (б).

Большое значение для повышения экологической стабильности территории имеет осуществление специальной системы мероприятий, намечаемых в проектах землеустройства и достаточно хорошо освещенных в литературе. Это, прежде всего, организационно-хозяйственные, агротехнические, лесомелиоративные и гидротехнические мероприятия по защите земель от эрозии, природоохранные меры, комплекс работ по повышению плодородия земель и созданию условий для воспроизводства плодородия почв.

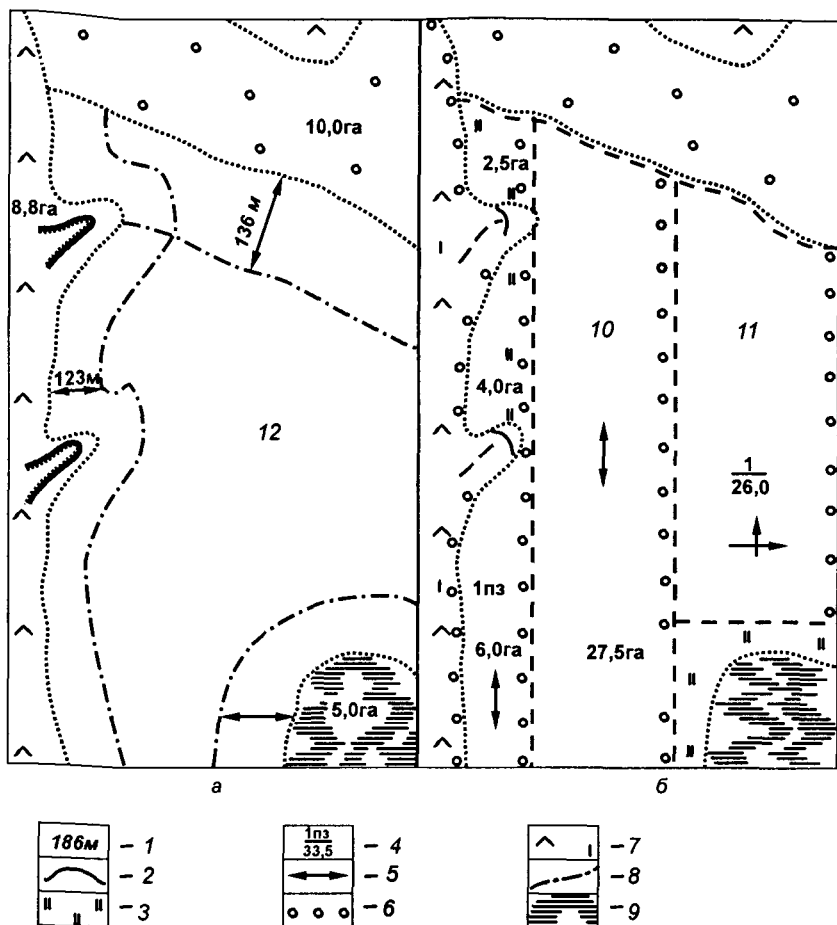


Рис. 11.5. Фрагмент проекта организации экологически стабильной территории земельного массива:

а — до землеустройства; б — по проекту землеустройства; 1 — ширина зоны экологического влияния; 2 — водозадерживающий вал с выполаживанием оврага; 3 — залужение эродированных земель; 4 — номер и площадь (га) поля севооборота; 5 — направление обработки почвы; 6 — лесополоса; 7 — улучшение пастбища с нормированным выпасом скота; 8 — граница зоны экологического влияния угодий; 9 — болото; 10 — почвозащитный севооборот; 11 — полевой севооборот; 12 — пашня (га)

Индекс экологического разнообразия территории ( $J_p$ ) показывает, насколько близко намеченный проектом агроландшафт соответствует естественному и как изменилось экологическое разнообразие территории по сравнению с показателями на год землеустройства. Этот индекс вычисляют по формуле

$$J_i = \frac{\sum l_i}{S - S_i}, \quad (11.4)$$

где  $l_i$  – длина  $i$ -го экотона, м;

$\Sigma l_i$  – общая длина границ экотонов (т. е. смежных границ различных угодий), м;

$S$  – площадь рассматриваемой территории, га;

$S_i$  – площадь естественных компенсирующих участков (участков экологически стабильных угодий), м<sup>2</sup> или га.

Чем выше указанный индекс, тем лучше проект землеустройства с экологической стороны.

Индекс продуктивности агроландшафтов ( $J_n$ ) (или их частей) с учетом «краевого эффекта» определяется по формуле

$$J_n = \frac{\sum l_i \cdot K_{np}}{S}, \quad (11.5)$$

где  $\Sigma l_i$  – общая длина границ экотонов, м;

$K_{np}$  – коэффициент увеличения продуктивности угодий вследствие «краевого эффекта», равный, примерно,  $K_{np} = 0,1-0,2$ ;

$S$  – площадь агроландшафта.

Коэффициент антропогенной нагрузки ( $K_{ан}$ ) показывает, насколько сильно влияет деятельность человека на состояние природной среды. Его вычисляют по формуле

$$K_{ан} = \frac{P \cdot B}{P}, \quad (11.6)$$

где  $P$  – площадь земель с соответствующей антропогенной нагрузкой, га;

$B$  – балл, соответствующий площади с определенной антропогенной нагрузкой (измеряют по пятибалльной системе).

Результаты землеустроительных работ обеспечивают снижение негативного влияния антропогенной нагрузки на природную среду и агроландшафты землеобустройства территории. В табл. 11.4. показан расчет величины антропогенной нагрузки до и после составления проекта внутрихозяйственного землеустройства на примере колхоза им. М. В. Фрунзе Краснодарского края.

#### 11.4. Оценка земель по степени антропогенной нагрузки (колхоз им. М. В. Фрунзе Краснодарского края)

Степень антропогенной нагрузки	Балл, Б	Группы земель, соответствующие степени антропогенной нагрузки и баллу оценки	Площадь земель, га		P <sub>1</sub> Б	P <sub>2</sub> Б
			до землеустройства (P <sub>1</sub> )	по проекту (P <sub>2</sub> )		
1	2	3	4	5	6	7
Высокая	5	Земли промышленности, транспорта, населенные пункты, дороги	696	714	3480	3570



Продолжение табл. 11.4

1	2	3	4	5	6	7
Значительная	4	Пашня, многолетние насаждения, огороды	3851	3488	15404	13952
Средняя	3	Культурные кормовые угодья: залуженные балки, пастбища, сенокосы	1509	1591	4527	4773
Незначительная	2	Лесополосы, кустарники, леса, болота, под водой	4037	4300	8074	8600
Низкая	1	Микрозаповедники	-	-	-	-
Итого			10093	10093	31458	30895
Значение $K_{ан}$					3,1	3,0

Проект завершается расчетом основных эколого-экономических показателей его эффективности.

## **12. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ АДАПТИВНО-ЛАНДШАФТНОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ И АГРОТЕХНОЛОГИЙ**

Для разработки региональных агрокомплексов, качественного проектирования адаптивно-ландшафтных систем земледелия конкретных сельскохозяйственных предприятий необходима адекватная агроэкологическая, агротехнологическая, техническая и социально-экономическая информация. Она должна быть целенаправленно подобрана, обработана и систематизирована для соответствующих территориальных образований федерального, регионального (зонально-провинциального) и локального уровней.

Основные факторы сельскохозяйственного землепользования характеризуются высоким природно-хозяйственным разнообразием. Это определяет очень широкий спектр адаптивно-ландшафтных систем земледелия и соответствующих им пакетов агротехнологий. Их оптимальный выбор и адаптация к реальным условиям конкретного региона, района или хозяйства требует хорошо организованной, грамотной и оперативной обработки больших объемов разноплановой информации.

С учетом этого исходная информация о состоянии объекта, частных критериях, ресурсах и нормативах проектирования должна быть четко формализована, структурирована и представлена в виде стандартного пакета рамокных (т.е. открытых для последовательного уточнения и детализации) тематических баз данных и типовых электронных карт (картосхем), пригодных для формирования легко используемых на практике агрогеоинформационных и аналитических информационно-справочных систем (АГИС, АИСС) различного назначения и уровня пространственно-временной организации.

### **12.1. Федеральный уровень информационного обеспечения адаптивно-ландшафтного земледелия и районирования агротехнологий**

Федеральный уровень информационного обеспечения адаптивно-ландшафтного земледелия и районирования агротехнологий должен отражать, прежде всего, земельную, экономическую, экологическую, технологическую и техническую политику государства в агропромышленном комплексе страны и ключевые моменты ее научного обеспечения.

С помощью современных информационных технологий необходимо обеспечить открытый доступ максимально широкого круга сельскохозяйственных землепользователей и проектировщиков к регулярно обновляемым сайтам информационно-методического обеспечения адаптивно-ландшафтного земледелия России. На них должны быть представлены основные официальные документы и утвержденные федеральными органами исполнительной власти базовые методические и нормативные материалы по вопросам агроэкологической оценки, типизации, районирования и мониторинга земель, проектирования адаптивно-ландшафтных систем земледелия, формирования

районированных пакетов агротехнологий, агрохимического и мелиоративного обеспечения земледелия.

Одним из конкретных выражений государственной технологической и технической политики в АПК является ведение Федерального регистра агротехнологий и Федерального регистра сельскохозяйственных машин. Такие регистры были разработаны профильными научно-исследовательскими учреждениями и ведущими сельскохозяйственными вузами страны в 1999 г. по заказу Минсельхоза России. Не менее актуальна задача создания Федерального банка районированных сортов сельскохозяйственных растений – как отечественной, так и лучшей зарубежной селекции.

На федеральном уровне необходимо в первоочередном порядке решить и узаконить принципиальные методологические и технологические вопросы информационного обеспечения адаптивно-ландшафтного земледелия и районирования агротехнологий на территории России:

1) функционально-целевое структурирование автоматизированных систем проектирования адаптивно-ландшафтных систем земледелия (АЛСЗ) и их базовых элементов, аналитических информационно-справочных систем по оптимизации земледелия и региональных регистров агротехнологий;

2) введение общепринятой системы федеральной классификации агроландшафтов и их базовых элементов (почв, структур почвенного покрова, элементов рельефа, основных режимов функционирования ...);

3) разработка базовых правил, критериев, факторов и основных диагностических параметров агроэкологической оценки и типизации земель;

4) формирование единой рамочной системы метролого-аналитического и информационно-методического обеспечения процедуры проектирования АЛСЗ и агроэкологической экспертизы готовых проектов;

5) формирование информационно-методического обеспечения государственной системы аккредитации организаций разных форм собственности на право проектирования, агроэкологической экспертизы адаптивно-ландшафтных систем земледелия, контроля за их функционированием, аналитических информационно-справочных систем по оптимизации земледелия, а также на право проведения региональной аккредитации в этой области деятельности;

6) создание типовых баз исходных и нормативных данных, основных алгоритмов анализа, интегрирования и интерпретации информации в системах автоматизированного проектирования и оптимизационного моделирования адаптивно-ландшафтных систем земледелия и агротехнологий;

7) разработка типовых форм исходной и нормативной информации, основных информационно-аналитических модулей и результатов анализа в системах автоматизированного проектирования и оптимизационного моделирования адаптивно-ландшафтных систем земледелия и агротехнологий;

8) определение перечня используемых платформ совместимого между собой базового и специализированного программного обеспечения.

Принципиальные методологические вопросы федерального уровня информационного обеспечения адаптивно-ландшафтного земледелия и рай-

онирования агротехнологий достаточно полно изложены в соответствующих тематических разделах данного Руководства.

Важное значение для развития методологии и нормативного обеспечения адаптивно-ландшафтного земледелия имеет агроэколого-геостатистическая систематизация многолетних данных многофакторных полевых экспериментов, результатов географической сети опытов с удобрениями и машинами на территории России и бывшего СССР, обобщенных результатов зарубежных полевых опытов и построенных на их основе нормативных баз данных и агроэкологических компьютерных моделей.

Базовой программной основой («оболочкой») для формирования специализированного геоинформационного обеспечения задач проектирования и оперативной корректировки адаптивно-ландшафтных систем земледелия служат базовые ГИС-приложения и технологические платформы программирования, обеспечивающие удобную визуальную среду для формирования специализированных баз данных, геоинформационных и информационно-справочных систем. Они активно разрабатываются фирмами по производству базового программного и геоинформационного обеспечения.

В свободном доступе на рынке программ имеется большая группа универсальных и специализированных базовых ГИС-приложений, широко используемых для решения различных инвентаризационных и проектных задач землепользования: ArcInfo, MapInfo, IDRISI, LandIS, ILWIS, LORIS и др. [269,278]. Они существенно различаются по основной сфере и регионам применения, набору эффективно выполняемых функций и частных приложений, уровню цен и требований к компьютерному обеспечению и квалификации пользователя. Наибольшим спросом пользуются сравнительно недорогие ГИС, обеспечивающие работу в обеих системах координат и удобную конвертацию данных между ними.

Оптимальным вариантом базовой оболочки ГИС для решения разномастных землеоценочных, проектных и текущих оптимизационных задач в области адаптивно-ландшафтного земледелия является программа MapInfo. Она характеризуется наилучшим соотношением стоимости базового ГИС-обеспечения, уровня требований, предъявляемых им и к нему, с учетом доступного качества исходных и требуемого качества выходных картографических материалов, реального кадрового и финансового обеспечения работ в современных условиях России. MapInfo хорошо совместима с другими ГИС-приложениями и обеспечивает нормальные условия работы в растровой и векторной системах координат. Она удачно русифицирована и относится к недорогим базовым ГИС-приложениям (базовые версии в пределах 60-70 тыс. руб.). Имеет достаточно широкую сеть дилеров и технического сопровождения в России, специализированные приложения для решения основных геоинформационных задач, удобные версии для лицензированного распространения производных продуктов.

Удобным средством формирования специализированных баз данных и информационно-справочных систем (ИСС) для автоматизированного проектирования и оперативной корректировки адаптивно-ландшафтных систем

земледелия является технологическая платформа Delphi – визуальная среда программирования в Windows на языке Object Pascal. Delphi широко распространена в России, обеспечивает дружелюбный интерфейс и удобную систему справок разрабатываемых в ее оболочке программных продуктов. Это делает их легко доступными для эффективного использования профильными специалистами, слабо подготовленными для работы на компьютере. Кроме того, она имеет версии со специальными решениями для лицензированного распространения разработанных на ее платформе продуктов.

В последнее время очень активно развивается перспективная технологическая платформа 1С. В ее рамках уже создаются специальные технологические решения по оптимизации отдельных базовых элементов адаптивно-ландшафтных систем земледелия [63]. Значительным плюсом этой платформы является широкое распространение ее приложений по бухгалтерскому и налоговому учету. Возможно, со временем она получит самое широкое распространение и в области информационного обеспечения инвентаризационно-оценочных задач и технологических решений сельскохозяйственного производства.

## **12.2. Региональный уровень информационного обеспечения адаптивно-ландшафтного земледелия и районирования агротехнологий**

Информационное обеспечение земледелия на региональном уровне должно носить системный характер и ориентироваться на создание типовых региональных моделей адаптивно-ландшафтного земледелия, районированных по основным природно-сельскохозяйственным и агроэкологическим зонам, подзонам, провинциям и районам, выделяемым в пределах региона.

При разработке и районировании регионального набора основных анализируемых параметров агроландшафта и нормативных материалов для проектирования особую ценность представляют данные многолетних многофакторных полевых опытов. На их основе устанавливаются, проверяются и уточняются количественные взаимосвязи между обеспеченностью пашни агрохимическими ресурсами, рациональной структурой посевных площадей, базовыми севооборотами и системами обработки почв, оптимальными сроками сева и нормами высева различных культур и сортов в территориально и погоднодифференцированных агроэкологических условиях.

На основе многолетних многофакторных опытов и материалов госсортиспытаний получают наиболее объективные сведения о потенциальной продуктивности сельскохозяйственных культур и сортов, их реальной урожайности и качестве продукции в системах земледелия разного уровня интенсификации (с применением экстенсивных, нормальных, интенсивных и высоких агротехнологий).

Необходимо создание региональных баз данных научных и производственных полевых опытов, проводимых или проведенных на территории региона в научно-исследовательских, опытных, учебных заведениях, включая традиционную сеть агрохимических станций, станций защиты растений, машиноиспытательных станций, пунктов Госсортосети и Гидромета.

По примеру США, это можно делать в зональных НИИ РАСХН и вузах, законодательно (на областном или республиканском уровне) закрепляя за ними дополнительно финансируемую функцию регулярного обобщения в обязательном порядке поступающих к ним результатов всех полевых опытов, проводимых на территории данного региона.

На основе этих материалов должны быть сформированы открытые для широкого пользователя и регулярно обновляемые региональные базы территориально систематизированных и нормативных данных по применяемым в регионе системам севооборотов, обработки почв, удобрений, защиты растений и их эффективности на землях основных агроэкологических групп и видов земель.

Предстоит создание Региональных регистров агротехнологий и сельскохозяйственных машин, региональной нормативной базы эколого-экономической эффективности адаптивно-ландшафтных систем земледелия, базовых агротехнологий и технологических операций.

Формирование региональных (областных) систем геоинформационного обеспечения адаптивно-ландшафтного земледелия и районирования агротехнологий подразумевает выполнение следующих научно-изыскательских и проектных операций:

- подбор и оцифровку базового картографического материала – средне-масштабных карт от 1:200 000 до 1: 100 000 (проверку и уточнение имеющихся оцифрованных карт, если такие имеются и доступны);

- формирование (уточнение) структуры и заполнение специализированных баз данных по хозяйствам области (региона) – по современным картам землепользования, материалам архивных источников Земкадастра (Земпроекта), статистической отчетности, генерализованным почвенным и агрохимическим картам и картосхемам;

- формирование (уточнение) структуры и заполнение специализированных баз агроэкологических данных на уровне региона (требования культур, агроклиматический справочник, нормативные материалы, районированные поправочные коэффициенты и т.д.);

- согласование с заинтересованными организациями (вузы, НИИ и др.) основных форм ввода и вывода табличной и картографической информации, региональных нормативов и т.п.;

- верификация и детализация расчетных алгоритмов и структуры нормативно-справочной информации с учетом местных особенностей земель региона и агроэкологических требований сельскохозяйственных культур (сортов);

- решение технологических вопросов автоматизированного обновления табличной и картографической информации, обмена информацией с сопряженными информационно-справочными системами разного уровня.

Существующий на сегодня опыт разработки базовых элементов областных агрогеоинформационных систем агроэкологического районирования и информационно-методического обеспечения адаптивно-ландшафтного зем-

леделия на территорию Владимирской, Оренбургской, Курской, Московской, Новосибирской областей позволяет говорить о хорошей перспективе поэтапного создания подобных агрогеоинформационных и аналитических информационно-справочных систем для основных сельскохозяйственных областей России. В идеале они должны обеспечить надежную естественно-научную и информационно-методическую основу для рационального и гибкого районирования типовых региональных систем земледелия и агротехнологий по территории основных агроэкологических районов и микрорайонов края, республики или области – с соответствующим районированием необходимой для этого нормативной базы.

Для каждого из выделенных районов и контрастных по своей характеристике микрорайонов агроэкологического районирования разрабатывается набор типовых систем адаптивно-ландшафтного земледелия – с соответствующим информационным обеспечением нормативно-алгоритмической базы проектирования и локальной оптимизации агротехнологий.

Районирование нормативной базы проводится региональными разработчиками адаптивно-ландшафтных систем земледелия с привлечением и под методическим руководством профильных головных научно-исследовательских учреждений и вузов – с геостатистическим обоснованием и паспортизацией законодательно (на региональном уровне) закрепляемой системы нормативов (на основе базовых картосхем и баз данных региональной агрогеоинформационной системы).

Дальнейшая адаптация региональных и районированных систем земледелия к условиям конкретного хозяйства проводится на локальном уровне информационного обеспечения адаптивно-ландшафтных систем земледелия и адаптации агротехнологий – с использованием региональных аналитических информационно-справочных систем по оптимизации земледелия (РАИССОЗ), ориентированных на оптимизационные задачи подбора и размещения сельскохозяйственных культур и сортов (в условиях основных агроэкологических групп и видов земель региона), адаптацию гибких элементов агротехнологий к агроэкологическим особенностям земель конкретного агроландшафта и материально-финансовым возможностям хозяйств.

РАИССОЗ ориентируются на решение проектных и оперативных оптимизационных задач земледелия в рамках определенного административного (или природно-хозяйственного) региона, включают рационально запрограммированные алгоритмы оптимизационных решений (учитывающие местную специфику хозяйств и рабочих участков региона) и содержат всю необходимую нормативно-справочную информацию для эффективного решения проектных и оптимизационных задач в условиях конкретных хозяйств региона и/или инструментарий для ее оперативной корректировки и занесения. При адаптации к условиям конкретных хозяйств на их основе формируются локальные информационно-справочные системы для агроэкологической оптимизации земледелия (ЛИССОЗ).

### 12.3. Локальный уровень информационного обеспечения адаптивно-ландшафтных систем земледелия и адаптации агротехнологий

Формирование специализированных локальных систем геоинформационного обеспечения адаптивно-ландшафтного земледелия подразумевает выполнение следующих научно-изыскательских и проектных операций:

- подбор и оцифровку базового картографического материала, уточнение координат основных границ с помощью прибора точного определения координат (например, GPS Garmin [264];
- уточнение структуры и формирование специализированных баз данных – по материалам специальных полевых обследований, почвенных, агрохимических карт, предыдущих землеустроительных и мелиоративных проектов, планов освоения и ведения систем земледелия, агротехнологических карт, книги истории полей и письменного опроса специалистов хозяйства;
- верификация, детализация и корректировка специализированных баз данных, имеющих базовое заполнение на уровне региона (требования культур, агроклиматический справочник, нормативные материалы);
- оптимизация по согласованию с профильными специалистами хозяйства основных форм ввода и вывода табличной и картографической информации, местных нормативов и поправочных коэффициентов для максимальной адаптации системы к условиям конкретного хозяйства;
- верификация и уточнение расчетных алгоритмов и структуры организации нормативно-справочной информации с учетом почвенно-агроэкологических и технологических особенностей хозяйства;
- формирование компьютерной книги истории полей и рабочих участков;
- согласование процедуры обновления и обмена информацией с сопряженными информационно-справочными системами и программами (бухучета, статучета, другими специализированными системами текущего учета, оценки и планирования сельскохозяйственной деятельности [63,292].

Информационное обеспечение адаптивно-ландшафтных систем земледелия и адаптации агротехнологий на локальном уровне основано на региональных системах информационного обеспечения земледелия (РАИССОЗ), адаптированных к местным условиям хозяйства и агроландшафта.

Типовые локальные информационно-справочные системы для проектирования и оптимизации технологий земледелия (ЛИССОЗ) предназначены для использования в условиях конкретного хозяйства (заданного региона) и ориентированы на информационное обеспечение управляющих решений двух типов:

- оптимизации размещения культур и сортов с учетом комплексной агроэкологической характеристики земель, материально-технических возможностей хозяйства, климатического и ценового прогноза на год;
- оптимизации (выбор, корректировка) приемов и способов обработки почв, доз и сроков внесения удобрений и средств защиты растений – при возделывании основных культур в различных условиях конкретных участков.



Нормативно-справочные базы данных (БД) являются специализированной информационной основой для решения оптимизационных задач земледелия. Наиболее важными среди них являются следующие:

- по характеристике полей (участков) хозяйства (заполняется на месте);
- по требованиям культур к предшественникам (и пред-предшественникам), влаге, теплу и почве (создается для условий конкретной области);
- по среднесезонным значениям основных агроклиматических параметров хозяйств области;
- с типовыми технологиями выращивания основных культур (сортов);
- с нормативами для расчета затрат на выращивание основных культур;
- с нормативами экономического эффекта от выполнения ключевых технологических операций и экологического ущерба от нарушения агротехнологий и регламентов экологически безопасного земледелия.

Основные информационно-аналитические модули ЛИССОЗ нацелены на информационное обеспечение ключевых задач земледелия:

- выбор культуры, оптимальной для условий конкретного участка;
- оценку расчетной потенциальной урожайности культуры по совокупности прогнозируемых микроклиматических условий данного участка;
- уточнение расчетной потенциальной урожайности с учетом почвенных, агротехнических и организационно-технологических ограничений;
- расчет потенциального выноса NPK с расчетным урожаем;
- корректировку расчетного урожая и баланса NPK с учетом почвенно-агротехнических ограничений и расчетной рентабельности технологии;
- выбор и адаптацию базовой агротехнологии к условиям участка;
- оперативную корректировку выбранной агротехнологии в ходе сезона.

Справочная база данных по характеристике полей и рабочих участков хозяйства (рис. 12.1) включает в себя следующие разделы:

- общая характеристика земель (площади полей и рабочих участков, рельеф, привязки к объектам производственной инфраструктуры);
- состав почвенного покрова полей и участков (основные и неосновные почвы, почвенные комбинации, их контрастность и сложность границ);
- средние значения основных параметров плодородия почв (заполняются согласно табличной или картографической информации по полю);
- сведения по предшественникам и их урожайности;
- данные по применению удобрений и мелиорантов за последние 3 года (для расчета удобрений) и 10-20 лет (для ведения книги истории полей).

В группу метрических характеристик входят площадь поля, длина гона, удаление от склада ГСМ, удаление от места переработки или хранения выращенной продукции («склада урожая»), удаление от склада удобрений, крутизна склонов, экспозиция склонов.

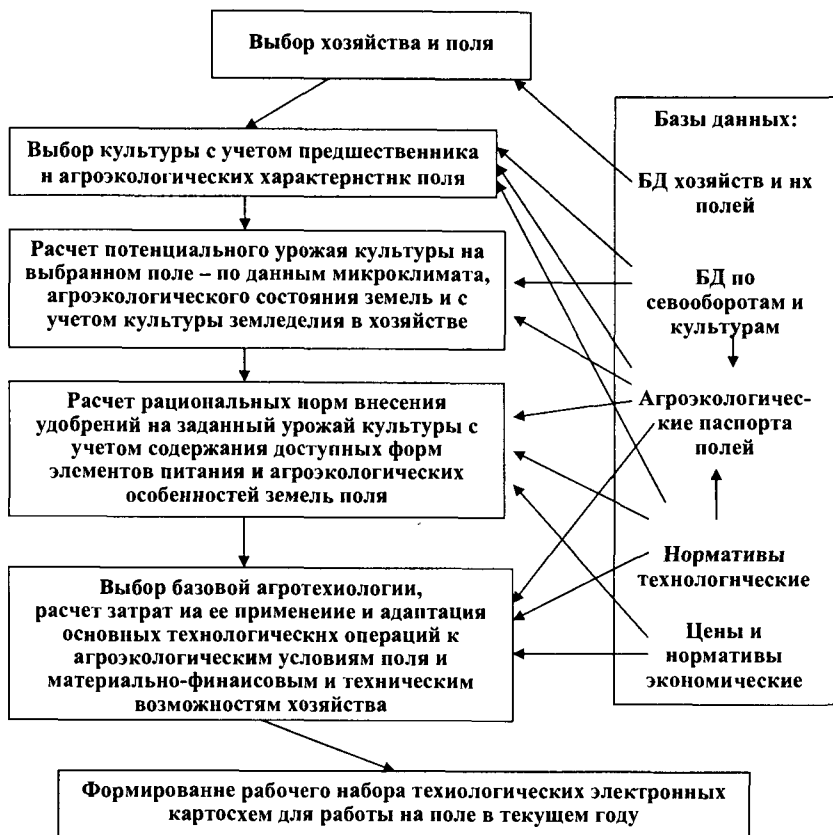


Рис. 12.1. Принципиальная блок-схема локальной информационно-справочной системы по оптимизации технологий земледелия [20]

Основная форма ведения паспортных данных по полю (рис. 12.2) включает группу средних значений почвенных параметров. В нее входят: кислотность обменная (рН солевой) и гидролитическая; содержание гумуса и мощность гумусового горизонта; содержание доступных форм фосфора, калия и азота (подсказка высвечивает справочные таблицы корреляций для разных вытяжек); сумма поглощенных оснований и степень насыщенности основаниями; бонитировочная оценка пашни.

Нормативно-справочная база данных по возделываемым в хозяйстве культурам включает:

- название культуры,
- ее период вегетации и фазы развития (даты: начало – конец);
- калорийность культур, коэффициенты водопотребления;
- сумма частей в отношении основной продукции к побочной;
- дифференцированные нормативы выноса и окупаемости NPK;
- коэффициенты снижения урожайности на эродированных почвах;

Начало ввода данных для поля - № 35 (бригада 2)

Вводите паспортные данные для поля - № 35 (бригада 2)

Метрические характеристики поля		
Наименования	Размерн.	Значения
Площадь поля	га	53
Длина гона	км	1.2
Удаление от склада ГСМ	км	3.5
Удаление от склада урожая	км	2.0
Удаление от склада удобрений	км	0.5
Крутизна склонов	град	3.0
Развитие овражной эрозии	км/км	0
Экспозиция склонов (сев./южн.)		

Вводите сведения о типах почв поля

Задайте число типов почв (1,3)

Выбирайте последовательно тип почвы и вводите ее площадь

**Для этого:**

- установите курсор на пересечении "Тип почвы - Выбор типа №1";
- активизируйте эту ячейку нажав левую кнопку мышки;
- нажмите на кнопку со стрелкой и в появившемся списке типов почв выберите нужный тип
- активизируйте ячейку, соответствующую площади, и наберите величину площади, занимаемую выбранным типом почв.

№	Выбор типа №1	Выбор типа №2
Тип почвы	Черн. типичные	Черн. выщелоченные
Площадь [га]	34	

Если все типы почв заполнены, нажмите кнопку "OK"

Если все характеристики поля на этой странице заполнены, нажмите эту кнопку

Рис. 12.2. Начальная форма ввода паспортных данных по полю

• стандартная влажность культуры по ГОСТу.

Общий информационный модуль по хозяйству содержит данные, общие для хозяйства. В него входят параметры, которые описывают:

- экономическую составляющую хозяйства;
- энергообеспеченность – средние суммы температур больше 5 и 10°C;
- среднее количество осадков по месяцам и декадам в течение года;
- константы, используемые для определения ФАР и радиационного баланса в зависимости от суммы температур больше 5°C с апреля по ноябрь.

Картографическое геоинформационное обеспечение ЛИССОЗ включает электронные (цифровые, оцифрованные) карты ( тематические слои) рельефа, почв, микроклимата, структуры землепользования, гидрографической сети, транспортной сети, производственной инфраструктуры, населенных пунктов и материалов аэрофотосъемки.

Информационно-справочные базы данных насыщаются большим количеством вспомогательной справочной информации и подсказок, что сводит к минимуму число возможных ошибок при работе с ними специалистов с минимальным опытом работы на компьютере. Работа пользователя с любой из специализированных баз данных начинается с выбора ее наименования из главного меню баз данных. Затем раскрывается меню выбранной базы, и пользователь выбирает один из режимов работы с ней. В зависимости от выбранного режима работы программа предоставляет пользователю соответствующую форму для просмотра или заполнения. Повышенная лояльность к ошибкам в действиях пользователя достигается встроенной системой внутреннего контроля и значительно упрощает практическое использование информационно-справочных систем (ИСС).

## ЛИТЕРАТУРА

1. Агротехнологии зерновых и технических культур в Центральном Черноземье: Учеб. пособие /Под ред. В. А.Федотова. — Воронеж: Истоки, 2004. — 154 с.
2. Агрэкология/ Под ред. В. А. Черникова и А. И. Чекереса. — М.: Колос, 2000. — 536 с.
3. Адаптивно-ландшафтные системы земледелия Новосибирской области / Под ред. В. И. Кирюшина и А. Н. Власенко. — Новосибирск: СибНИИЗХим СО РАСХН, 2002. — 363 с.
4. **Айдаров И. П., Арент К. П., Голованов А. И.** и др. Концепция мелиорации сельскохозяйственных земель в стране — М.: МГМИ, 1992.
5. **Айдаров И. П., Голованов А. И., Никольский Ю. Н.** Оптимизация мелиоративных режимов орошаемых и осушаемых земель. — М.: Агропромиздат, 1990. — 58 с.
6. **Айдаров И. П.** Перспективы развития комплексных мелиораций в России. — М., 2004.
7. **Алексахин Р. М.** и др. Рекомендации по ведению растениеводства на радиоактивно загрязненных территориях России. — М., 1997.
8. **Андреев И. П., Драгайцев В. И., Буклагин Д. С.** Тенденции развития и эффективность зарубежной сельскохозяйственной техники. — М.: Информагротех, 1998.
9. **Бараев А. И.** и др. Почвозащитное земледелие. — М.: Колос, 1975.— 304 с.
10. **Беденко В. П., Коломейченко В. В.** Основы продукционного процесса растений. — Орел, 2003. — 260 с.
11. Биогеохимические основы экологического нормирования. — М.: Наука, 1993.
12. **Благовещенский Г. В., Войтович Н. В., Полев Н. А.** и др. Низкозатратные технологии производства растительного белка и воспроизводство плодородия почвы// Информ. бюл. — НТС МСХ РФ, 2000. — № 3.— С. 31.
13. **Богдевич И. М.** Агрохимические проблемы и пути повышения плодородия дерново-подзолистых почв Белоруссии: Дисс... д-ра с.-х. наук. — М., 1992.
14. **Бондарев А. Г., Кузнецова И. В.** К оценке степени деградации пахотного слоя почв по физическим свойствам/ Антропогенная деградация почвенного покрова и меры ее предупреждения. — М., 1998. — Т. 1. — С. 28-30.
15. **Бондарев А. Г., Медведев В. В.** Некоторые пути определения оптимальных параметров агрофизических свойств почв / Теорет. основы и методы определения оптимальных параметров свойств почв: Тр. Почвенного ин-та им. В. В. Докучаева, 1980. — С. 85-98.
16. **Бондаренко Н. Ф., Жуковский Е. Е.** и др. Высокие урожаи по программе. — Л.: Лениздат, 1986. — 144 с.
17. **Вадюнина А. Ф., Корчагина З. А.** Методы исследования физических свойств почв. — М.: Агропромиздат, 1986.
18. **Варламов А. А.** Организация территории сельскохозяйственных землеуладений и землепользования на эколого-ландшафтной основе: Учеб. пособие. — М., 1993.

19. **Васенев И. И.** Почвенные сукцессии как форма эволюции почв таежных и антропогенно измененных лесостепных экосистем: Автореф. дисс... д-ра биол. наук. — М., 2003. — 50 с.

20. **Васенев И. И., Букреев Д. А., Васенева Э. Г.** и др. Информационно-справочные системы по оптимизации землепользования в условиях ЦЧЗ. — Курск, 2002. — 110 с.

21. **Вершинин В. В.** Теоретические положения землеустройства загрязненных территорий. — Волгоград: Страница-2, 2003. — 179 с.

22. **Волков С. Н.** Землеустройство: Учеб. — М.: Колос. — Т. 1-6. — 2002.

23. **Волков С. Н.** Землеустройство в условиях земельной реформы: Учеб. пособие. — М., 1998. — 526 с.

24. **Воронин А. Д.** Основы физики почв. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 1986.

25. Временный максимально допустимый уровень (МДУ) некоторых химических элементов в основных видах кормов растительного происхождения для сельскохозяйственных животных (мг/кг корма): Сан. ПиН № 123-41281-87 от 16.07.87 г.

26. **Гапонюк Э. И., Малахов С. Г.** Комплексная система показателей экологического мониторинга почв: Миграция загрязняющих веществ в почвах и сопредельных средах. — Л.: Гидрометеиздат, 1985.

27. **Гаркуша В. Ф., Петрова Л. Н.** и др. Технологии возделывания зерновых культур в Ставропольском крае. — Ставрополь-Зерноград, 2000. — 71 с.

28. **Герасименко В. П.** Оценка весеннего поверхностного стока с пахотных земель // Почвоведение. — 1993. — № 5. — С. 84-91.

29. **Герасименко В. П.** Теоретические основы регулирования водной эрозии почв на пашне // Почвоведение. — 1988. — № 10. — С. 108-116.

30. Гигиеническая оценка качества почвы населенных мест: Метод. указания/ МУ 2.1.7.730-99. — М.: Федеральный центр Госсанэпиднадзора Минздрава России, 1999. — 38 с.

31. **Глазовская М. А.** Методологические основы оценки эколого-геохимической устойчивости почв к техногенным воздействиям — М.: МГУ, 1997. — 102 с.

32. **Годельман Я. М.** Неоднородность почвенного покрова и использование земель. — М.: Наука, 1981. — 198 с.

33. **Григорьев Н. Г., Гаганов А. П., Исаенков Н. И.** Технология применения переменных норм потребности крупного рогатого скота. — М., 2002. — 88 с.

34. **Дембовецкий А. В., Тымбаев В. Г., Юденич Е. С.** Оценка агрофизического состояния комплекса серых лесных почв участка адаптивно-ландшафтного земледелия ВНИИСХ с помощью ГИС-технологий // Фундаментальные физ. исслед. в почвоведении и мелиорации: Тр. Всерос. конф. 22-25 декабря 2003 г. — М., 2003. — С. 179-181.

35. **Докучаев В. В.** Наши степи прежде и теперь. — СПб., 1892.

36. **Добровольский Г. В., Афанасьева Т. В., Ремезова Г. Л., Балабко Б. Н.** Типы пойм реки Оки в пределах южнотаежной подзоны // Сб. Земельные ресурсы Сибири. — Новосибирск: Наука Сиб. отд-ния, 1974.

37. **Добровольский Г. В., Никитин Е. Д.** Функции почв в биосфере и экосистемах. — М.: Наука, 1990. — 259 с.
38. **Добровольский Г. В., Трофимов С. Я.** Систематика и классификация почв (История и современное развитие). — М.: Изд. МГУ, 1996. — 78 с.
39. Доклад конференции Организации Объединенных Наций по окружающей среде и развитию, Рио-де-Жанейро, 3-14 июня 1992 г. — ООН, Нью-Йорк, 1993.
40. **Донских И. Н.** Курсовое и дипломное проектирование по системе применения удобрений. — Л.: Агропромиздат, 1989. — 144 с.
41. Допустимое остаточное количество тяжелых металлов и мышьяка в пищевых продуктах/ Постоянная комис. СЭВ по сотрудничеству в обл. здравоохранения, 1983.
42. **Дубачинская Н. Н.** Адаптивно-ландшафтные системы земледелия на солонцовых землях Южного Урала. — Оренбург, 2000. — 330 с.
43. **Емельянова И. М., Малышева Г. А., Попова Т. П.** Повышение продуктивности мелиорируемых земель Нечерноземья. — Л.: Агропромиздат, 1987. — 253 с.
44. **Жуков Ю. П.** Комплексная химизация в интенсивных технологиях возделывания культур в Нечерноземье — М.: Изд.МСХА, 1989. — 90 с.
45. **Жуковский Е. Е., Степ Ю. В.** Тооминг. — Вестн. с.-х. науки. — 1989. — № 5. — С. 68-79.
46. **Жуковский Е. Е., Усков И. Б.** О принципах программирования урожая на вероятностной основе / Моделирование и упр. процессами в агроэкосистемах. — Л.: АФИ, 1984. — С. 116-126.
47. **Жученко А. А.** Стратегия адаптивной интенсификации сельского хозяйства. — Пушино, 1994. — 147 с.
48. **Зайдельман Ф. Р.** Мелиорация почв. — М.: Изд-во МГУ, 1996. — 382 с.
49. **Зворыкин К. В.** Сельскохозяйственная типология земель для кадастровых целей // Вопр. географии. — 1965. — Сб. 67.
50. Земельные ресурсы СССР. Ч. 1. Природно-сельскохозяйственное районирование территории областей, краев, АССР и республик. — М., 1990. — 261 с.
51. Земельный вопрос/ Е.С. Строев, С.А. Никольский, В.И. Кирюшин и др.; под ред. Е. С. Строева. — М.: Колос, 1999. — 536 с.
52. **Зонн С. В.** О состоянии проблемы классификации почв к концу XX века // Почвоведение. — 1999. — № 12. — С. 1521-1525.
53. **Зырин Н. Г., Обухов А. И.** Принципы и методы нормирования (стандартизации) содержания тяжелых металлов в почве и системе почва — растения// Бюл. Почвенного ин-та им. В.В. Докучаева, 1983. — Вып. 36. — С. 7-10.
54. **Иванов А. Л., Кирюшин В. И.** Моделирование адаптивно-ландшафтных систем земледелия на примере Владимирского ополья: Тез. докл. III съезда Докучаевского об-ва почвоведов. — Кн. 1. — М., 2000. — С. 128-129.
55. **Иванов А. Л.** Состояние и перспективы развития научного обеспечения земледелия России / Земледелие на рубеже XXI века: Сб. докл. Междунар. науч. конф. — М.: Изд-во МСХА, 2003. — С. 3-17.
56. **Иванов Ю. Г., Кочуров Б. И.** Муниципальное земельное право /Под ред. Н. Ф. Глазовского. — М.: Изд-во КМК, 2002. — 36 с.
57. **Иванова Л. С.** Адаптивно-ландшафтные системы земледелия Ленно-Ангарского междуречья. — Новосибирск, 2004. —131 с.

58. **Ильин В. Б.** Оценка буферности почв по отношению к тяжелым металлам. — Почвоведение. — 1995. — № 1. — С. 109-113.
59. **Ильин В.Б.** Тяжелые металлы в системе почва — растение. — Новосибирск: Наука, 1991.
60. **Ильин В. Б.** Элементный химический состав растений. — Новосибирск: Наука, 1986. — 129 с.
61. **Ильина Л. П.** Использование данных о структуре почвенного покрова при районировании Московской области/ Структура почвенного покрова и методы ее изучения — М.: Наука, 1973.
62. Имитационная модель роста сельскохозяйственных растений WOFOST и ее использование для анализа продуктивности земель России /Под ред. И. Ю. Савина, В. С. Столбового и К. Ван Диепена. — М., 2001. — 216 с.
63. Информационная система «Управление агробизнесом». — Воронеж: Черноземье-Агро, 2004.
64. Испытание сельскохозяйственной техники. Методы экономической оценки: ОСТ 10.2.18-2001. — Минсельхоз России, 2001.
65. **Кабата-Пендиас А., Пендиас Х.** Микроэлементы в почвах и растениях/ Пер. с англ. яз. — М.: Мир, 1989. — 439 с.
66. **Карманов И. И.** Методика и технология почвенно-экологической оценки и бонитировки почв для сельскохозяйственных культур. — М.: ВАСХНИЛ, 1990. — 114 с.
67. **Карманов И. И., Булгаков Д. С.** Типизация сельскохозяйственных угодий в ландшафтных системах земледелия. — М.: РАСХН, 1995.
68. **Карпачевский Л. О.** Динамика свойств почвы. — М., 1997. — 168 с.
69. Карта почвенно-экологического районирования Восточно-Европейской равнины: Масштаб 1:2 500 000 /Под редакцией Г. В. Добровольского и И. С. Урусевской. — М., 1997.
70. **Кауричев И. С., Романова Т. А., Сорокина Н. П.** Структура почвенного покрова и типизация земель. — М.: МСХА, 1992.
71. **Каштанов А. Н., Лисецкий Ф.Н., Швецс Г. И.** Основы ландшафтно-экологического земледелия. — М.: Колос, 1994.
72. **Кирейчева Л. В., Решеткина Н. М.** Концепция создания устойчивых мелиорированных агроландшафтов. — М.: ВНИИГиМ, 1997.
73. **Кирейчева Л. В., Юрченко И. Ф., Яшин В. М.** Методические рекомендации по оценке экологической и мелиоративной ситуаций на орошаемых землях. — М.: РАСХН, 1994.
74. **Кирюшин В. И.** Солонцы и их мелиорация. — Алма-Ата: Кайнар, 1976. — 175 с.
75. **Кирюшин В. И.** Концепция адаптивно-ландшафтного земледелия. — Пушкино, 1993. — 64 с.
76. **Кирюшин В. И.** Методика разработки адаптивно-ландшафтных систем земледелия и технологий возделывания сельскохозяйственных культур. — М., 1995. — 81 с.
77. **Кирюшин В. И.** Методология формирования технологий возделывания сельскохозяйственных культур. — Известия ТСХА. — 1996. — Вып. 2. — С. 32-39.
78. **Кирюшин В. И.** Экологические основы земледелия. — М.: Колос, 1996. — 366 с.

79. **Кирюшин В. И.** О базовой классификации почв // Почвоведение. — 1998. — № 10. — С. 1271-1277.
80. **Кирюшин В. И.** Технологическая политика в АПК // Экономист. — 1999. — № 10.
81. **Кирюшин В. И.** Экологизация земледелия и технологическая политика. — М.: МСХА, 2000. — 413 с.
82. **Кирюшин В. И.** Понятия природных ландшафтов и агроландшафтов, их устойчивости и экологической емкости / Земледелие на рубеже XXI века: Сб. докл. Междунар. науч. конф. — М.: Изд-во МСХА, 2003. — С. 53-85.
83. **Кирюшин В. И.** Точные агротехнологии как высшая форма интенсификации адаптивно-ландшафтного земледелия // Земледелие. — 2004. — № 6. — С. 16-21.
84. **Кирюшин В. И., Власенко А. Н., Чулкина В. А.** Яровая пшеница: интенсивные технологии. — Новосибирск, 1986. — 158 с.
85. **Кирюшин В. И., Власенко А. Н., Иодко Л. Н.** Влияние различных способов обработки на плодородие выщелоченных черноземов Приобья // Почвоведение. — 1991. — № 3. — С. 97-105.
86. **Кирюшин В. И., Фрумин И. Л.** Математическое моделирование адаптивно-ландшафтных систем земледелия (на примере Зауралья). — Изв. ТСХА. — Вып. 2. — 2004. — С. 27-36.
87. **Кирюшин В. И., Южаков А. И., Романова Н. Л., Власенко А. Н.** Моделирование зональных систем земледелия на основе полевых экспериментов // Вестн. с.-х. науки. — 1990. — № 8.
88. Классификация и диагностика почв СССР. — М.: Колос, 1977. — 220 с.
89. Классификация почв России / Сост. Л. Л. Шишов, В. Д. Тонконогов, И. Н. Лебедева. — М., 1997. — 236 с.
90. **Козловский Ф. И.** Агрогенная эволюция почв степей и ее экологическая интерпретация // Изв. АН СССР. Сер. Геогр., 1987. — № 1. — С. 14-32.
91. **Козловский Ф. И.** Современные естественные и антропогенные процессы эволюции почв — М.: Наука, 1991. — 196 с.
92. **Козловский Ф. И.** Теория и методы изучения почвенного покрова. — М.: ГЕОС, 2003. — 535 с.
93. **Колганов А. В., Щедрин В. Н., Бурдун А.** Принципы ландшафтно-экологического подхода к мелиорации земель // Мелиорация и водное хоз-во. — 2000. — № 5.
94. **Коломейченко В. В.** Методические указания по изучению основных показателей фотосинтетической деятельности растений в посевах. — Орел, 1987. — 9 с.
95. **Колтунов Н. М.** Эколого-ландшафтная организация территории. — МИК «Родник», 1998. — 128 с.
96. Концепция формирования высокопродуктивных экологически устойчивых агроландшафтов и совершенствование систем земледелия на ландшафтной основе / Науч. рук. А. Н. Каштанов, А. П. Щербаков, Г. И. Швец. — Курск, 1992. — 136 с.
97. **Кочуров Б. И.** Экодиагностика и сбалансированное развитие. — Смоленск, 2003. — 380 с.
98. **Краснощеков Н. В.** Проектирование производства сельскохозяйственной продукции / Науч.-техн. прогресс в АПК России — стратегия маш.-технол. обеспечения пр-ва с.-х. продукции на период до 2010 г.: Сб. материалов научн. сессии Россельхозакадемии 13-14 окт. 2003 г. — М., 2004. — С. 107-114.



99. Краткий справочник консультанта «Менеджер молоко». — Казань: Ноут-лус, 2003. — 131 с.
100. **Кузнецов М. С., Глазунов Г. П.** Эрозия и охрана почв. — М., 1996.
101. **Кузнецова И. В.** О некоторых критериях оценки физических свойств почв. — Почвоведение. — 1979. — № 3.
102. **Кулаковская Т. Н.** Почвенно-агрохимические основы получения высоких урожаев. — Минск: Урожай, 1978. — 270 с.
103. **Кушниренко Ю. Д.** Минеральное питание яровой пшеницы и отзывчивость ее на удобрения при возделывании на выщелоченных черноземах лесостепи предгорий Южного Зауралья: Автореф. дисс... канд. с.-х. наук. — Пермь, 1970.
104. **Ладонин В. Ф., Алиев А. М., Цимбалист Н. И. и др.** Некоторые результаты разработки блока химизации в интенсивных технологиях возделывания зерновых культур // Повышение эффективности удобрений в интенсивном земледелии: Тр. ВИУА. — М., 1989. — С. 3-14.
105. Ландшафтное земледелие. 2.1 /Под ред. А.Н. Каштанова и А.П. Щербакова — Курск, 1993, 98 с.
106. Ландшафтное земледелие. 2.2 /Под ред. А.Н. Каштанова и А.П. Щербакова. — Курск, 1993. — 53 с.
107. **Лопырев М. И.** Основы агроландшафтоведения. — Воронеж, 1995. — С. 181.
108. **Лопырев М. И., Рябов Е. И.** Защита земель от эрозии и охрана природы. — М.: Агропромиздат, 1989.
109. **Мазиров М. А., Макарычев С. В.** Теплофизика почв: методы и свойства. — М., 1996.
110. **Маслов Б. С.** Мелиорация — основа для создания высокопродуктивных и устойчивых природно-территориальных комплексов в гумидной зоне: Сб. материалов совещ. «Ландшафтный подход к мелиорации и вопросы землеустройства». — М.: РАСХН, 1994. — С. 21-33.
111. **Маслов Б. С.** Экологически безопасные технологии мелиорации земель: Пособие для консультантов информ.-консультативных служб. Вып. 5. — Сергиев Посад: ВАК-ЗО, 2000.
112. **Маслов Б. С., Минаев И. В.** Мелиорация и охрана природы. — М.: Россельхозиздат, 1985.
113. **Маслов Б. С., Кормыш Е. И.** О подготовке новых СНиП по мелиорации // Мелиорация и водное хоз-во. — 2002. — № 4.
114. Методика определения эколого-экономической эффективности сельскохозяйственного производства. — М., 1992. — 29 с.
115. Методические рекомендации и нормативные материалы для разработки адаптивно-ландшафтных систем земледелия юга Средней Сибири. — Абакан, 2003. — 109 с.
116. Методические рекомендации по мелиорации солонцов и учету засоленных почв. — М.: Колос, 1970.
117. Методические рекомендации по кадастровой оценке сельскохозяйственных земель. — М.: РосНИИземпроект, 1997. — 46 с.
118. Методические рекомендации по разработке систем ведения агропромышленного производства в республиках, краях и областях Российской Федерации. РАСХН. — М., 1998. — 32 с.

119. Методические указания по гельминтологическому исследованию объектов внешней среды и санитарным мероприятиям по охране от загрязнения яйцами гельминтов и обезвреживанию от нечистот почвы, ягод, овощей, предметов обихода: № 1440-76: Утв. МЗ СССР.

120. Методические указания по гигиеническому обоснованию ПДК химических веществ в почве: № 2609-82: Утв. МЗ СССР 05.08.82.

121. Методические указания по ландшафтным исследованиям для сельскохозяйственных целей /Под ред. Г. И. Швевса и П. Г. Шищенко. — М.: ВАСХНИЛ, 1990. — 57 с.

122. Методические указания по оценке степени опасности загрязнения почв химическими веществами. — М.: Минздрав СССР, 1987. — 25 с.

123. Методические указания по проведению локального мониторинга на реперных участках. — М., 1996. — 60 с.

124. Методические указания по проектированию противоэрозионной организации территории при внутрихозяйственном землеустройстве в зонах проявления водной эрозии. — М.: ГИЗР, 1988.

125. Методические указания по проектированию противоэрозионной организации территории при внутрихозяйственном землеустройстве в зонах проявления ветровой эрозии. — М.: ГИЗР, 1989. — 79 с.

126. Методические указания по санитарно-микробиологическому исследованию почвы: № 1446-76: Утв. МЗ СССР 04.08.76.

127. Методические указания по санитарно-микробиологическому исследованию почвы: № 2293-81: Утв. МЗ СССР 19.02.81.

128. Методическое пособие и нормативные материалы для разработки адаптивно-ландшафтных систем земледелия / Под ред. А. Н. Каштанова, А. П. Щербакова, Г. Н. Черкасова. — Тверь, 2001. — 260 с.

129. Методы почвенной микробиологии и биохимии / Под ред. проф. Г. Д. Звягинцева. — М.: МГУ, 1980.

130. **Мешалкина Ю. Л.** Геостатистика как инструмент исследования пространственной вариации почвенных свойств / Масштабные эффекты при исслед. почв. — М.: Изд-во МГУ, 2001. — С. 153-162.

131. Микроклимат холмистого рельефа и его влияние на сельскохозяйственные культуры. — Л.: Гидрометеиздат, 1962.

132. **Миркин Б. М., Хазиев Ф. Х, Хазиахметов Н. Р., Бахтизин Н. Р.** Экологический императив сельского хозяйства Республики Башкортостан. — Уфа, 1999. — 163 с.

133. **Миронова И. А.** Анализ финансово-хозяйственной деятельности сельскохозяйственных предприятий. — С.-П., 2002. — 76 с.

134. Многоукладная аграрная экономика и российская деревня / Е. С. Строев, С. А. Никольский, В. И. Кирюшин и др; Под ред. Е. С. Строева. — М.: Колос, 2001. — 622 с.

135. Модель адаптивно-ландшафтного земледелия Владимирского ополья. РАСХН / Под ред. В. И. Кирюшина и А. Л. Иванова. — М.: Агроконсалт, 2004. — 453 с.

136. Налоговый кодекс Российской Федерации (ч. II) от 05.08.2000 г. № 117-ФЗ. Принят ГД ФС РФ 19.07.2000: Собр. законодательства РФ, 07.08.2000. — № 32.

137. Научные основы систем земледелия Курганской области / Рекомендации // РАСХН, Курганский НИИСХ. — Курган, 2001. — С. 150-184.
138. **Небольсин А. Н.** Теоретическое обоснование известкования почв Северо-Запада Нечерноземной зоны РСФСР: Дисс... д-ра наук. — Л., 1983.
139. **Николаев В. А.** Ландшафтоведение. — М.: МГУ, 2000. — 91 с.
140. **Николаев В. А.** Проблемы регионального ландшафтоведения. — М.: Изд-во МГУ, 1979.
141. **Никольская А. А., Кормыш Е. И.** Формирование устойчивых агроландшафтов при осушении земель: проблемы и пути их решения // Мелиорация и водное хозяйство. — 2000. — № 5.
142. **Оболенский К.** Определение и показатели эффективности производства. — Экономика сел. хоз-ва. — 1972. — № 3. — С. 62.
143. **Обухов А. И.** Методические основы разработки ПДК тяжелых металлов и классификация почв по загрязнению / Система методов изучения почвенного покрова, деградированного под влиянием хим. загрязнения: Науч. тр. Почвенного ин-та им. В. В. Докучаева. — М., 1992. — С. 13-20.
144. **Обухов А. И., Попова А. А.** Баланс тяжелых металлов в агроценозах дерново-подзолистых почв и проблемы мониторинга / Вестн. Моск. ун-та. Сер. 17 // Почвоведение. — 1992. — № 3. — С. 31-39.
145. Общесоюзная инструкция по почвенным обследованиям и составлению крупномасштабных почвенных карт землепользования. — М.: Колос, 1973. — 95 с.
146. **Овсянников В. И., Сухорукова А. Н., Овсянникова С. М.** Моделирование систем земледелия на основе многолетних полевых экспериментов // Сиб. вестн. с.-х. науки. — 1983. — № 1, 2. — С. 3.
147. **Овсянников В. И., Сгибнев М. С., Рапопорт Э. О.** О выборе оптимальных сроков сева зерновых в Зауралье // Сиб. вестн. с.-х. науки. — 1987. — № 4. — С. 46-51.
148. Опыт освоения адаптивно-ландшафтной системы земледелия в ОПХ «Никульское». — Земледелие. — 2002. — № 4.
149. Опыт по регулированию водного режима и борьбе с эрозией почв на пашне: Метод. указания / Авт. В. Д. Иванов и В. П. Герасименко. — Воронеж: Воронежский ГАУ, 1994. — 48 с.
150. Ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) тяжелых металлов и мышьяка в почвах с различными физико-химическими свойствами. (Дополнение №1 к перечню ПДК и ОДК № 6229-91) Гигиенические нормативы. — М.: Информ.-изд. центр Госэпиднадзора России, 1995. — 8 с.
151. **Орси́к Л. С.** Приоритеты механизации растениеводства России. Приоритеты механизации растениеводства и животноводства: Науч. тр. ВИМ. — М., 2002. — Т. 138. — С. 21-29.
152. Основы геоинформатики / Под ред. В. С. Тикунова. — М.: Академия, 2004.
153. Охрана природы. Почва. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического и гельминтологического анализа: ГОСТ 17.4.4.02-84.
154. Охрана природы. Почвы. Номенклатура показателей санитарного состояния: ГОСТ 17.4.2.01-81.
155. Оценочные показатели санитарного состояния почв населенных мест: № 1739-77: Утв. МЗ СССР 07.07.77.

156. **Парфенова Н. И.** Вопросы обоснования режима грунтовых вод орошаемых земель. Проблемы гидрогеологии, инженерной геологии и почвоведения. — М.: ВНИИГиМ, 1996.

157. **Парфенова Н. И., Решеткина Н. М.** Экологические принципы регулирования гидрогеохимического режима орошаемых земель. — С.-П.: Гидрометеоиздат, 1995. — 359 с.

158. **Петрова Л. Н., Желнакова Л. И., Катаргин И. Ю.** Оптимизация элементов адаптивно-ландшафтных систем земледелия на основе агроэкологической типизации земель и выявления преобладающих ландшафтных таксонов // Рациональное природопользование и с.-х. пр-во в южных районах РФ. — М.: Современные технологии, 2003. — С. 44-49.

159. Показатели классов опасности химических веществ: ГОСТ 17.4.1.02-83.

160. Полевые и лабораторные методы исследования физических свойств и режимов почв: Метод. руководство / Под ред. Е. В. Шеина. — М.: Изд-во МГУ, 2001. — С. 153-162.

161. Полевые и лабораторные методы исследования физических свойств почв / Под ред. Е. В. Шеина. — М.: Изд-во Моск. ун-та. — 2001.

162. **Полужтков Р. А.** Полевой опыт и динамические модели продукционного процесса / Современные проблемы опытного дела. — Т. 1. — Санкт-Петербург: АФИ, 2000. — С. 29-35.

163. **Поляков И. Я., Левитин М. М., Танский В. И.** Фитосанитарная диагностика в интегрированной защите растений. — М.: Колос, 1995. — 208 с.

164. Почвенно-экологический мониторинг / Под ред. Д.С. Орлова и В.Д. Васильевской. — М.: Изд-во МГУ, 1994.

165. Почвенно-экологический мониторинг и охрана почв. — М.: Изд-во МГУ, 1994.

166. Почвоведение / Под ред. В. А. Ковды и Б. Г. Розанова // Ч. 1. Почва и почвообразование. — М.: Высшая школа, 1988.

167. Предельно допустимые концентрации (ПДК) тяжелых металлов в основном продовольственном сырье и пищевых продуктах растительного происхождения: Сан. ПиН № 42-123-4089-86 от 31.03.86 г.

168. **Прока В. Е.** Морфологическая структура ландшафтов и землеустроительное проектирование. — Кишинев, 1976.

169. **Пронин В. М., Прокопенко В. А.** Методология информационного описания технологий растениеводства // Науч. тр. ВИМ. — М.: 2003.— Т. 146.

170. **Раменский Л. Г.** Введение в комплексное почвенно-геоботаническое исследование земель. — М.: Сельхозгиз, 1938.

171. Расширенное воспроизводство плодородия почв в интенсивном земледелии Нечерноземья. — М., 1993.

172. **Реймерс Н. Ф.** Природопользование: Словарь-справочник. — М.: Мысль, 1990. — 640 с.

173. **Реймерс Н. Ф.** Экологическое равновесие как основа экономического развития / Экологические проблемы сельского хозяйства: Материалы 1-й Всесоюзной методологической школы-симпозиума. — М., 1978.

174. **Реймерс Н. Ф.** Экология. Теории, законы, правила, принципы и гипотезы. — М.: Россия молодая, 1994.

175. Рекомендации по ведению сельского хозяйства в условиях радиоактивного загрязнения территории в результате аварии на Чернобыльской АЭС на период 1991-1995 гг. / Под ред. Р. М. Алексахина. — М., 1991. — 58 с.

176. Рекомендации по защите почв от эрозии и построению экологически устойчивых агроландшафтов Северного Казахстана / Шиятый Е.И. и др. — Шортанды, ВНИИЗХ, 1994.

177. Рекомендации по определению эколого-экономической эффективности земель сельскохозяйственного назначения. / Чоугут Г.И. — Воронеж: ГНУ НИИ ЭО АПК ЦЧР РФ, 2002. — 42 с.

178. Рекомендации по регулированию почвенно-гидрогеологических процессов на пахотных землях / Авторы В. П. Герасименко и М. В. Кумани / ВНИИЗ и ЗПЭ. — Курск, 2000. — 105 с.

179. Решеткина Н. М., Верина Л. М. Орошение и проблемы экологии в степной зоне Европейской части СССР // Мелиорация и водное хозяйство. — 1989. — № 5.

180. Решеткина Н. М., Икрамов Р. К. Развитие концепции и методологии мелиоративной деятельности / Современные проблемы мелиорации и пути их решения. — Т. II. — М., 1999. — С. 3-18.

181. Родионов Г. В. Справочник бригадира молочной фермы. — М., 2000. — 179 с.

182. Родионова А. И., Клушин В. Н., Торочешников Н. С. Техника защиты окружающей среды. — М.: Химия, 1998. — 512 с.

183. Рожков В. А. Почвенная информатика — М.: Агропромиздат, 1989. — 222 с.

184. Рожков В. А., Вагнер В. Б., Рухович Д. И. Электронный почвенно-экологический атлас: Почвы, их эволюция, охрана и повышение производительной способности. — Минск-Гомель, 1995.

185. Рожков В. А., Рожкова С. В. Почвенная информатика. — М.: МГУ, 1993. — 190 с.

186. Розов Н. Н., Иванова Е. Н. Классификация почв СССР // Почвоведение. — 1967. — № 3. — С. 3-18.

187. Романов Г. Н. Ликвидация последствий радиационных аварий/ Справочное руководство. — М., ИздАТ, 1993. — 336 с.

188. Романова Е. Н. Микроклиматическая изменчивость основных элементов климата. — Л.: Гидрометеиздат, 1977. — 280 с.

189. Руководство по изучению микроклимата для целей сельскохозяйственного производства. — Л.: Гидрометеиздат, 1979.

190. Савин И. Ю. Анализ почвенных ресурсов на основе геоинформационных технологий: Автореф. дисс... д-ра с.-х. наук. — М., 2004. — 48 с.

191. Савин И. Ю., Овечкин С. В., Александрова Е. В. Компьютерная модель роста растений WOFOST и ее использование для анализа земельных ресурсов // Почвоведение. — 1997. — № 7. — С. 857-865.

192. Савин И. Ю., Столбовой В. С. Имитационная модель роста сельскохозяйственных растений WOFOST и ее использование для анализа продуктивности земель России /Под ред. Ван Диепена К. — М.: РАСХН, 2001. — 216 с.

193. Савин И. Ю., Федорова Е. Г. Геоинформационный анализ ресурсного потенциала земель для сельскохозяйственных целей: В сб. Современные проблемы почвоведения. — М., 2000. — С. 272-285.

194. Санитарные нормы и правила допустимых концентраций химических веществ в почве: Сан. ПиН 42-128-1433-87, Минздрав СССР. — М., 1988. — 24 с.
195. **Сельмен В. Н., Чуфистова Л. И., Томии Ю. А.** Особенности земледелия на мелиорируемых землях / Экологические аспекты мелиорации земель юга Нечерноземья. — МГУ, 2003. — С. 289-298.
196. **Семенов В. А.** Экология сельского хозяйства и стратегия научных исследований / Экологизация сельскохозяйственного производства в Северо-Западной зоне Российской Федерации. Проблемы и пути развития. — Санкт-Петербург: АФИ, 1998. — С. 10-47.
197. **Симакова М. С.** Картографирование почвенного покрова с использованием материалов аэро- и космической фотосъемки: Дисс... д-ра с.-х. наук. — М., 1984.
198. **Сиротенко О. Д., Абашина Е. В., Шаахмедов Ш. А.** Программирование урожаев с помощью динамических моделей. — Вестн. с.-х. науки, 1987. — 367 с.
199. Система биологизации земледелия Нечерноземной зоны России / Под ред. В. Ф. Мальцева и М. К. Каюмова. — Ч. I и II. — М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2002.
200. Система нормативных документов в строительстве. Основные положения: СНиП 10-01-94. — М.: Госстрой, 1994.
201. **Снакин В. В.** Экология и охрана природы: Словарь-справочник. — М.: Academia, 2000. — 384 с.
202. **Снакин В. В., Мельченко В.Е.** и др. Оценка состояния и устойчивости экосистем. — М., 1992. — 125 с.
203. Современные проблемы мелиорации и пути их решения. — М., 1999. — 367 с.
204. **Соколов И. А.** Базовая субстантивно-генетическая классификация почв // Почвоведение. — 1991. — № 3. — С. 107-121.
205. **Сорокина Н. П.** Структура почвенного покрова пахотных земель: типизация, картографирование, агроэкологическая оценка: Автореф. дисс... д-ра с.-х. наук. — М., 2003. — 48 с.
206. Составление крупномасштабных почвенных карт с показом структуры почвенного покрова: Метод. рекомендации. — М.: Почвенный институт им. В. В. Докучаева, 1989. — 56 с.
207. **Сочава В. Г.** Введение в учение о геосистемах. — Новосибирск: Наука, 1978. — 320 с.
208. Справочник по программированию урожаев. — М.: Россельхозиздат, 1977. — 188 с.
209. **Столбовой В. С.** Компьютерная картография почв. — М.: География и картография почв, 1993.
210. **Столбовой В. С., Савин И. Ю.** Опыт использования технологии SOTER для создания цифровой базы данных почв и суши России // Почвоведение. — 1996. — № 11. — С. 1295-1302.
211. **Титлянова А. А., Кириюшин В. И., Охинько И. П.** и др. Агроценозы степной зоны. — Новосибирск: Наука, 1984.
212. **Ткаченко В. Г.** Зональные системы контурно-мелиоративного земледелия в условиях Алтайского края — М.: Проблемы почвоводоохранного земледелия, 1986. — С. 46-54.

213. **Тооминг Х. Г.** Математическое моделирование продуктивности посевов сельскохозяйственных культур // Вестн. с.-х. науки. — 1991. — № 11. — С. 50.
214. Тяжелые металлы в системе почва — растение — удобрение / М. М. Овчаренко, И. А. Шильников, Г. Г. Вендило и др. — М., 1997. — 290 с.
215. Указания по классификации и диагностике почв. Вып. I-V / Под ред. Е. Н. Ивановой и Н. Н. Розова. — М.: Колос, 1967.
216. Учеб. руководство к полевой практике по физике почв / Под ред. А. Д. Воронина. — М.: Изд-во МГУ, 1988.
217. Федеральный регистр технологий производства продукции растениеводства / Н. В. Краснощеков, В. И. Кирюшин и др. — М., 1999. — 515 с.
218. **Фокин А. Д.** Устойчивость почв и наземных экосистем, подходы к систематизации понятий и оценок // Известия ТСХА. — Вып. 2. — 1995. — С. 71-85.
219. **Фридланд В. М.** Некоторые проблемы классификации почв // Почвоведение. — 1979. — № 7. — С. 112-123.
220. **Фридланд В. М.** Структура почвенного покрова. — М.: Мысль, 1972.
221. **Фрумин И. Л.** Моделирование земледелия Южного Урала. — Челябинск, 2004. — 286 с.
222. **Хитров Н. Б.** Деградация почвы и почвенного плодородия: понятия и подходы к получению оценок/ Антропогенная деградация почвенного покрова и меры ее предупреждения: Тез. и докл. Всероссийской конф. — Т. 1. — М., 1998. — С. 8-10.
223. **Цедниес Ю., Райш Э., Угаров А.А.** Экономика сельскохозяйственных предприятий. — М.: Изд-во МСХА, 1999. — С.400.
224. **Черных Н. А., Милащенко Н. З., Ладонин В. Ф.** Экологические аспекты загрязнения почв тяжелыми металлами. — М., 1999.
225. **Шабаетов А. И.** Почвозащитное земледелие: опыт, проблемы. — Саратов: Приволжское кн. изд-во, 1985. — С. 58-75.
226. **Шамсутдинов З. Ш.** Биологическая мелиорация деградированных сельскохозяйственных земель. — М., 1996. — 172 с.
227. **Шатилов И. С.** Программирование урожайности: опыт и проблемы // Вестн. с.-х. науки. — 1987. — № 10. — С. 38-41.
228. **Швебс Г. И.** Концепция парагенетических ландшафтов и природопользование/ География и практика науки. — М., 1986. — С. 107-120.
229. **Швебс Г. И.** Контурное земледелие. — Одесса: Маяк, 1985. — 55 с.
230. **Швебс Г. И., Лисецкий Н. Ф.** Проектирование контурномелиоративной системы почвозащитного земледелия // Земледелие. — 1989. — № 2. — С. 55-59.
231. **Шеин Е. В., Карпачевский Л. О.** Толковый словарь по физике почв. — Изд-во ГЕОС, 2003.
232. **Шептухов В. И., Решетина Т. В., Березин П. Н.** и др. О совершенствовании оценки процессов деградации почв // Почвоведение. — № 7. — 1997. — С. 799-805.
233. **Шишов Л. Л., Соколов И. А.** Генетическая классификация почв СССР // Почвоведение. — 1989. — № 4. — С. 112-120.
234. **Шиятый Е. И.** Основы защиты почв от ветровой и водной эрозии. Почвозащитная система земледелия. — Алма-Ата, Кайнар, 1985. — С. 8-22.

235. **Шиятый Е.И.** и др. Методика составления проектов землеустройства сельскохозяйственных предприятий на агроландшафтной основе. — Челябинск, 2000.
236. **Шпилько А. В., Драгайцев В. И., Морозов Н. М.** и др. Методика определения экономической эффективности технологий и сельскохозяйственной техники. Ч. 1 — методика, ч. 2 — справ. материал. — М.: МСХиП РФ, ВНИЭСХ, 1998.
237. **Шпилько А. В., Драгайцев В. И., Морозов Н. М.** и др. Экономическая эффективность механизации сельскохозяйственного производства. — М.: Россельхозакадемия, ВНИЭСХ, 2001.
238. Экологические требования к орошению почв России. — М.: РАСХН, 1996. — 72 с.
239. Экологические основы повышения устойчивости и продуктивности агроландшафтных систем: Сб. науч. тр./ Под ред. Н. В. Парахина. — Орел: Орловский ГАУ, 2001. — С. 70-84.
240. Экологические основы рационального землепользования. — М.: Россельхозакадемия, 1994.
241. Экология и производство в аграрном секторе экономики: вопросы теории и практики /Кузнецов В. В., Гарькавый В. В., Лысенко Е. Г., Тарасов А. Н. и др. — Ростов-на-Дону, 1997. — 228 с.
242. Экология и экономика природопользования / Под ред. Э. В. Гиурсова. — М.: ЮНИТИ, 1998. — 455 с.
243. **Южаков А. И.** Моделирование равновесного природопользования в земледелии. Дисс... д-ра с.-х. наук. — Новосибирск, 1995. — 73 с.
244. **Южаков А. И., Овсянников В. И.** Изучение севооборотов в полевых опытах в связи с задачей социалистического сельскохозяйственного производства: Тр. Курганской областной с.-х. опытной станции. — Курган, 1971.
245. **Ягодин Б. А., Жуков Ю. П., Кобзаренко В. И.** Агрехимия: Учебник. — М.: Колос, 2002. — 583 с.
246. **Якушев В. П.** На пути к точному земледелию. — Санкт-Петербург, 2002. — 430 с.
247. Agro-ecological zoning. FAO. 1996.
248. **Antle, J. M., Wagenet R. J.** Why scientists should talk to economists // Agronomy J. — 1995. — V. 87. — P. 1033-1040.
249. **Bork M., Kothe R.** New concepts and methods for creating scale independent functional soil database // Proc. EUROSOL. — Freiburg, 2004.
250. **Bouma J.** Land evaluation for landscape units // Handbook of soil science (M.E. Sumner ed.). CRC Press. — 2000. — P. E-393 — E-412.
251. **Bouma J.** Soil environmental quality: A European perspective // J. Environ. Qual. — 1997. — V. 26. — P. 26-31.
252. **Burrough P. A.** Principles of Geographical Information Systems of Land Resources Accesment // Clarendon Press Oxford. — 1986. — 218 p.
253. **Egly J., Chidly T.R.** Computerized systems of land resources appraisal for agricultural development. — FAO, 1993. — 247 p.
254. Commodity Costs and Returns Estimation Handbook. A Report of the AAEA Task Force on Commodity Costs and Returns. — February 1, 2000.



255. **Dent L. B., Edwards-Jones G., McGregor M. J.** Simulation of ecological, social and economic factors in agricultural systems // *Agricultural Systems*. — 1995. — № 49.
256. **Doran J. W., Parkin, T. B.** Defining and Assessing Soil Quality // *Defining Soil Quality for a Sustainable Environment*. SSSA Special Publication no. 35. — 1994. — P. 3-21.
257. **Engelen V.W.P. van, Wen Ting-Tiang.** Global and National Soil and Terrain Digital Databases (SOTER): procedures manual — ISRIC, 1993. — 115 p.
258. **Engelen V.W.P. van, Wen Ting-Tiang.** Global and National Soil and Terrain Digital Databases (SOTER): procedures manual — ISRIC, 1995. — 125 p.
259. FAO. A framework for land evaluation // *FAO Soils Bull.* — 32. — 1976.
260. FAO. FELSIM: An international framework for evaluating sustainable land management. *World Soil Resource Rep.* — 73. — Rome, 1993.
261. FAO World Reference Base for Soil Resources // *World Soil Resources Reports*, 84. — Rome, Italy, 1998. — 88 p.
262. *Framework for Land Evaluation*. — FAO, 1976. — 28 p.
263. GAPS (General-purpose Atmosphere-Plant-Soil Simulator) computer program & documentation. — Cornell University, 1994.
264. GPS Garmin Personal Navigator. — 2000. — 52 p.
265. GRID. Global Resource Information Database. Criteria, hardware and software for a Global soil and land monitoring system (GIS) // *GRID Information series*. — N 1. — Nairobi, 1981. — 99 p.
266. GRID. Global Resource Information Database. Guidelines for the development of GRID-compatible National geographic information systems (GIS) // *GRID Information series*. — N 13. — Nairobi, 1987. — 14 p.
267. *Guidelines for land-use planning* // *FAO Developm. Series*. — N 1. — Rome, 1993. — P. 96.
268. *Guidelines: land evaluation for rainfed agriculture*. — Rome: FAO, 1983. — 237 p.
269. *Handbook of soil science* (M.E. Sumner ed.). — CRC Press, 2000.
270. **Hendrix H., Straw S. E.** Reliable rain. A practical gurgle to landscape irrigation. — 1998. USA: Tauntou pre. — 139 pp.
271. **Hoffman Gq.** Zusammenhänge zwischen Kritischen Schadstoffgehalten im Boden, in Futter- und Nahrungspflanzen. — *Ibid*, 1982. — S. 130-153.
272. **Hoosbeek R. M., Bryant R. B.** Towards the quantitative modeling of pedogenesis. — A review // *Geoderma*, 1992. — 55. — P. 183-210.
273. **Hutson J. L., Wagenet R. J.** LEACHM. A Process-based Model of Water and Solute Movement, Transformations, Plant Uptake and Chemical Reactions in the Unsaturated Zone. — Cornell University, 1995.
274. **Konecny M., Rais K. A.** Contribution to the terminology of geographical information systems // *Scripta Fac. Sci. Univ. Purk. Brnn.* — 1985. — Vol. 15. — № 3. — P. 181-184.
275. *Land evaluation. Part I. Principles in land evaluation and crop production calculations* / *Sys I.C., Van Ranst E., Debaveye I.J.* — ITC. — 1991. — 274 p.
276. *Land evaluation. Part II. Methods in land evaluation* / *Sys I.C., Van Ranst E., Debaveye I.J.* — ITC. — 1991. — 247 p.

277. Land evaluation. Part III. Crop requirements / Sys I.C., Van Ranst E., Debaveye I.J., Beernaert. — ITC. — 1993. — 200 p.
278. Land Information Systems: Developments for planning the sustainable use of land resources // European Soil Bureau Research Rep. — N 4. — 1998. — 554 p.
279. Land quality indicators and their use in sustainable agriculture and rural development. — FAO Land and Water Bull. 5. — Rome, 1997.
280. **Lanen H.A.J van, Diepen C. A. van, Reinds G. J., de Koning G.H.J., Buijls J.D., Bregt A. K.** Physical land evaluation methods and GIS to explore the crop growth potential and its effects within the European Communities // Agricultural Systems. — 1992. — Vol. 39. — P. 307-328.
281. **Le Bas C., Jamagne M.** Soil databases to support sustainable development. INRA. — JRC, 1996. — 150 p.
282. **Lhotský J., a kol.:** Metodika zůrodnění zhutniných půd. — ÚVTIZ Praha, 1984.
283. Methods for assessing soil quality / J.W. Doran and A.J. Jones ed. — SSSA Special Publication. — N 49. — 1996. — 416 p.
284. **Mock J.F., Bolton P.** To identify environmental effects of irrigation, drainage and flood. Sontrol projects. — Wallingford. — 1993.
285. **Parkhomenko S., Robert P.C., Rogasik J., Schnug E.** Profitability analysis of Precision Agriculture: A case study from Germany // Proc. of 4<sup>th</sup> Int. Conf. on Precision Agriculture. — 1999.
286. **Petersen G. W., Nizeyimana E., Miller D. A., Evans B. M.** The use of soil databases in resource assessments and land use planning // Handbook of soil science (M.E. Sumner ed.). — CRC Press, 2000. — P. H-69-H-94.
287. **Pimental D.** World soil erosion and conservation. — New York: Cambridge univ. are, 1993. — 349 pp.
288. Planning for sustainable use of land resources: towards a new approach / Sombroek W. G. and Sims D. ed. — FAO Land and Water Bull. 2. — Rome. — 1995.
289. **Rhind D.** Maps and global databases presented at the Study Conference on data management for ICSU-IGBP. — London, Birkbeck College, 1988. — 11 p.
290. **Rhind D., Wyatt B., Briggs D., Wiggins J.** The creation of an environmental information system for the European Community // Nachr. Karten- und Vermessungsw. — 1986. — R. 2. — N 4. — P. 147-152.
291. **Ritaema H. P.** Drainage principles and application. Second edition. — Wageningen, Netherlands. — 1994. — 1125 p.
292. **Rossiter D.** Economic Land Evaluation: Why and How // Soil Use and Management. — 1995. — 11. — P. 132-140.
293. **Rossiter D.** A theoretical framework for land evaluation // Geoderma. — 1996. — V. 72. — P. 165-190.
294. **Rossiter D., van Wambeke A.** Automated Land Evaluation System. — Cornell University, 1995.
295. **Singer M. J., Ewing S.** Soil quality // Handbook of soil science / Sumner M. E. ed. — CRC Press. — 2000. — P. G-271-G-298.
296. Soil quality for crop production and ecosystem health / Gregorich E. G. and Carter M. R. ed. — Elsevier. — 1997. — 450 p.
297. **Sombroek W.G.** Land resource evaluation and the role of land-related indicators // Land quality indicators and their use in sustainable agriculture and rural development. — FAO Land and Water Bull. — 5. — Rome, 1997. — P. 9-17.

298. SOTER manual, procedures for small scale digital map and database compilation of soil and terrain conditions. — ISRIC, 1991. — 92 p.

299. System description of the WOFOST 6.0 crop simulation model implemented in CGMS. V. 1: Theory and algorithms Supit I., Hooijer A. A., Van Diepen C. A. ed.). — JRC. — 1994. — 145 p.

300. **Van Diepen C. A., Van Keulen H., Wolf J., Berkhout J.A.A.** Land Evaluation: from Intuition to Quantification // *Advances in Soil Science*. — 1991. — P. 139-204.

301. **Van Lanen H.A.J.** Qualitative and quantitative physical land evaluation: An operational approach. Doctoral thesis. — Agr. Un. Wageningen, 1991. — 196 p.

302. **Van Lanen H.A.J., Hack-ten Broeke M.J.D., Bouma J., de Groot W.J.M.** A mixed qualitative/quantitative physical land evaluation methodology // *Geoderma*. — 1992. — 55. — P. 37-54.

303. **Wagenet R. J.** Agriculture and environment: Soil physics at the Fulcrum // *Agriculture research in the Northeastern United States: Critical review and future perspectives*. — ASA. — 1993. — P. 37-50.

304. **Wagenet R. J., Hutso J. L.** Soil quality and its dependence on dynamic physical processes // *J. Environ. Qual.* — 1997. — V. 26. — P. 41-48.

305. **Walter J. D., Hofman V. L., Backer L.F.** Site-specific sugar beet yield monitoring // *Proc. of 3<sup>rd</sup> Int. Conf. on Precision Agriculture*. P.C. Roberts e.a. eds. — Minneapolis, 1996. — P. 835-854.

306. **Zrubec F.** Metodika zürrodnenia zhutnených pôd. — SFRI, Bratislava, 1998.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	5
<b>1. ПОНЯТИЙНЫЙ АППАРАТ АДАПТИВНО-ЛАНДШАФТНЫХ СИСТЕМ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ .....</b>	<b>9</b>
1.1. Системы земледелия как базовая составляющая агропромышленного производства.....	9
1.2. Понятие адаптивно-ландшафтных систем земледелия.....	10
<b>2. АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЗЕМЕЛЬ .....</b>	<b>14</b>
2.1. Задачи и принципы построения агроэкологической оценки земель .....	14
2.2. Агроэкологические требования сельскохозяйственных культур как исходный критерий агрооценки земель .....	15
2.3. Ландшафтно-экологический анализ территории .....	17
2.3.1. Понятие ландшафта и агроландшафта.....	17
2.3.2. Географическая классификация природных и природно-сельскохозяйственных ландшафтов .....	20
2.3.3. Агрооценка ландшафтно-экологических условий.....	23
2.3.3.1. Геоморфологические условия.....	23
2.3.3.2. Литологические условия.....	33
2.3.3.3. Гидрогеологические условия.....	36
2.3.3.4. Агроклиматические условия .....	39
2.3.3.5. Геохимические условия.....	53
2.3.3.6. Оценка поверхностного стока и дренированности.....	56
2.3.3.7. Оценка выноса почвы ветром.....	64
2.3.3.8. Естественная дренированность территорий .....	67
2.3.3.9. Структура почвенного покрова .....	68
2.4. Агроэкологическая оценка почв .....	74
2.4.1. Агрономические свойства почв.....	74
2.4.1.1. Строение почвенного профиля.....	74
2.4.1.2. Физические свойства почв .....	74
2.4.1.3. Химические и физико-химические свойства почв .....	96
2.4.1.4. Биогенность и биологическая активность почвы .....	105
2.4.1.5. Окультуренность почв.....	107
2.4.1.6. Оценка эрозионной опасности и эродированности почв .....	110
2.4.1.7. Диагностика гидроморфизма почв и оценка степени заболоченности.....	112
2.4.2. Почвенные режимы.....	116
2.5. Агроэкологическая оценка земель, загрязненных тяжелыми металлами.....	122
2.6. Агроэкологическая оценка земель, загрязненных радионуклидами .....	134
2.6.1. Методология и содержание оценки.....	134
2.6.2. Методы обследования сельскохозяйственных угодий, загрязненных радионуклидами .....	137
2.6.3. Методические основы оценки миграционной подвижности радионуклидов в аграрных экосистемах .....	138
2.6.4. Радиоэкологическая классификация агросистем .....	140
2.6.5. Радиоэкологическая классификация лугов .....	141
2.6.6. Агроэкологическая оценка загрязненных радионуклидами сельскохозяйственных угодий, определяющая возможность их хозяйственного использования.....	142

<b>2.7. Фитосанитарная оценка земель</b> .....	144
2.7.1. Методы учета насекомых .....	145
2.7.2. Методы учета грызунов .....	146
2.7.3. Методы учета распространения и развития болезней .....	147
2.7.4. Методы учета сорняков .....	148
<b>2.8. Санитарная оценка земель</b> .....	150
<b>2.9. Оценка устойчивости ландшафтов и агроландшафтов и их антропогенной преобразованности</b> .....	157
2.9.1. Экологическая устойчивость природных ландшафтов .....	157
2.9.2. Устойчивость агроландшафтов .....	159
2.9.3. Оценка деградации агроландшафтов и почв .....	164
2.9.4. Экологическая емкость агроландшафта .....	166
<b>3. АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ТИПОЛОГИЯ ЗЕМЕЛЬ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ АДАПТИВНО-ЛАНДШАФТНЫХ СИСТЕМ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ</b> .....	170
<b>3.1. Принципиальная схема агроэкологической типизации земель</b> .....	170
<b>3.2. Ландшафтно-экологическая классификация земель</b> .....	172
<b>3.3. Классификация почв</b> .....	182
3.3.1. Предпосылки совершенствования классификации почв .....	182
3.3.2. Схема классификации почв и критерии выделения таксонов .....	185
3.3.3. Генетические горизонты и признаки .....	188
<b>3.4. Разработка ландшафтно-экологических классификаций земель по природно-сельскохозяйственным провинциям различных зон</b> .....	216
<b>3.5. Группировка агроэкологических видов земель</b> .....	227
<b>4. МЕТОДИКА ПОЧВЕННО-ЛАНДШАФТНОГО КАРТОГРАФИРОВАНИЯ</b> .....	230
<b>4.1. Общие принципы</b> .....	230
<b>4.2. Требования к содержанию почвенно-ландшафтных карт</b> .....	233
<b>4.3. Предварительный камеральный период</b> .....	236
4.3.1. Сбор и анализ материалов .....	236
4.3.2. Географическая привязка объекта исследования .....	240
4.3.3. Составление предварительной картографической основы .....	241
4.3.4. Планирование полевых работ .....	250
<b>4.4. Полевой период</b> .....	251
4.4.1. Техника съемки .....	251
4.4.2. Первый этап (исследовательский) .....	252
4.4.3. Второй этап (поверочный) .....	255
4.4.4. Полевые агрономические исследования .....	255
<b>4.5. Завершающий камеральный период</b> .....	255
4.5.1. Корректировка и оформление почвенно-ландшафтной карты .....	256
4.5.2. Составление сопровождающих документов .....	258
<b>4.6. Использование ГИС-технологий при почвенно-ландшафтном картографировании земель и обобщении материалов их агроэкологической оценки</b> .....	264
<b>5. БОНИТИРОВКА ПОЧВ И ОЦЕНКА ПРОДУКТИВНОСТИ ЗЕМЕЛЬ</b> .....	268
<b>6. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАДАСТРОВОЙ СТОИМОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ УГОДИЙ НА ОСНОВЕ АГРОЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ЗЕМЕЛЬ</b> .....	280

<b>7. ГЕОИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ АГРОЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ЗЕМЕЛЬ НА РАЗЛИЧНЫХ ТЕРРИТОРИАЛЬНЫХ УРОВНЯХ</b> .....	290
7.1. Мировой опыт использования геоинформационных систем для агроэкологической оценки земель .....	290
7.2. Федеральный уровень агроэкологической оценки земель.....	296
7.3. Региональный уровень агроэкологической оценки земель .....	299
7.4. Локальный уровень агроэкологической оценки земель.....	307
<b>8. ПРОЕКТИРОВАНИЕ АДАПТИВНО-ЛАНДШАФТНЫХ СИСТЕМ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ И АГРОТЕХНОЛОГИЙ</b> .....	310
<b>8.1. Проект АЛСЗ как составная часть проекта внутрихозяйственного землеустройства</b> .....	310
8.1.1. Основное содержание проекта внутрихозяйственного землеустройства на эколого-ландшафтной основе.....	310
8.1.2. Анализ производственной деятельности сельскохозяйственного предприятия.....	311
8.1.3. Обоснование специализации производства, соотношения и структура сельскохозяйственных угодий.....	313
8.1.4. Определение организационно-производственной структуры хозяйства, состава, количества и размера производственных подразделений .....	314
8.1.5. Подбор и размещение сельскохозяйственных культур с использованием ГИС-технологий.....	317
<b>8.2. Проектирование севооборотов и полевой инфраструктуры</b> .....	319
8.2.1. Экологические критерии.....	319
8.2.2. Социально-экономические критерии.....	320
8.2.3. Оптимизация структуры пашни и севооборотов.....	321
8.2.4. Длительность ротации севооборотов.....	323
8.2.5. Проектирование полей севооборотов и производственных участков.....	323
8.2.6. Паспортизация полевых и производственных участков.....	328
<b>8.3. Особенности проектирования системы обработки почвы в севооборотах</b> .....	330
<b>8.4. Проектирование систем удобрения сельскохозяйственных культур и химических мелиораций</b> .....	338
8.4.1. Задачи и принципы проектирования систем удобрений.....	338
8.4.2. Применение органических удобрений .....	341
8.4.3. Известкование кислых почв.....	348
<b>8.5. Фитосанитарная оптимизация агроценозов</b> .....	353
8.5.1. Основные вредители и болезни сельскохозяйственных культур.....	353
8.5.2. Наиболее вредоносные виды сорных растений.....	359
8.5.3. Экономическая оценка вредоносности и целесообразности применения защитных мероприятий.....	359
8.5.4. Принципы формирования и возможности экологизации систем защиты растений .....	362
8.5.5. Применение биопрепаратов .....	364
8.5.6. Проектирование систем защиты растений .....	368
<b>8.6. Организация территории сельскохозяйственного предприятия</b> .....	369
<b>8.7. Проектирование агролесомелиоративных мероприятий</b> .....	371
8.7.1. Ландшафтно-экологические принципы формирования агролесомелиоративных комплексов.....	371
8.7.2. Проектирование защитных лесонасаждений.....	374

8.7.2.1. Проектирование полезащитных (ветроломных) лесных полос.....	374
8.7.2.2. Автоматизированное проектирование систем стокорегулирующих лесополос .....	380
8.7.2.3. Проектирование ЗЛН на склоновых землях присетевого и гидрографического фондов.....	385
8.7.2.4. Размещение защитных лесных насаждений на аридных пастбищах.....	386
8.7.3. Ассортимент деревьев и кустарников для создания защитных лесных насаждений.....	388
8.7.4. Технология создания защитных лесных насаждений.....	390
8.7.4.1. Создание полезащитных (ветроломных) лесонасаждений на богарных и орошаемых землях .....	390
8.7.4.2. Создание противоэрозионных лесных полос .....	393
8.7.4.3. Создание защитных лесных насаждений в экстремально засушливых условиях.....	394
8.7.4.4. Лесохозяйственные приемы формирования защитных лесных насаждений .....	395
<b>8.8. Проектирование оросительных и осушительных мелиораций.....</b>	<b>397</b>
8.8.1. Экологическая роль и место гидротехнических мелиораций в адаптивно-ландшафтном земледелии .....	397
8.8.2. Нормативная база и стадии проектирования мелиораций .....	397
8.8.3. Мелиоративные системы и их составляющие .....	400
8.8.4. Состав агроэкологического обоснования мелиорации на предпроектных стадиях .....	403
8.8.5. Агроэкологическое обоснование оросительных и осушительных мелиораций при проектировании .....	408
8.8.6. Оптимизация мелиоративных мероприятий в соответствии с генетическими особенностями почв и почвообразующих пород .....	414
8.8.7. Регулирование мелиоративных режимов агрогеосистем различного уровня, агроэкологические риски и ограничения. ....	418
8.8.8. Контрольный лист агроэкологической оценки проекта мелиорации .....	426
<b>8.9. Проектирование технологий возделывания полевых культур .....</b>	<b>427</b>
8.9.1. Методические основы формирования и освоения агротехнологий .....	427
8.9.2. Выбор сорта.....	438
8.9.3. Планирование урожайности .....	439
8.9.3.1. Категории урожайности сельскохозяйственных культур.....	439
8.9.3.2. Расчет потенциальной урожайности .....	441
8.9.3.3. КПД фотосинтеза .....	444
8.9.3.4. Расчет климатически обеспеченной урожайности .....	446
8.9.3.5. Расчет действительно возможной урожайности .....	455
8.9.3.6. Выбор уровня планируемой урожайности .....	455
8.9.3.7. Региональная практика расчета планируемой урожайности.....	458
8.9.4. Разработка структурных моделей посевов сельскохозяйственных культур с учетом предшественников и планируемой урожайности при различных уровнях интенсификации агротехнологий.....	461
8.9.5. Расчет потребности в элементах питания на планируемую урожайность.....	466
8.9.6. Внесение удобрений.....	472
8.9.7. Применение микроудобрений .....	475

8.9.8. Регулирование минерального питания растений в процессе вегетации .....	475
8.9.9. Формирование оптимальной плотности продуктивного стеблестоя.....	479
8.9.10. Управление развитием элементов продуктивности полевых культур .....	481
8.9.11. Преодоление стрессовых ситуаций .....	484
8.9.12. Регулирование микробиологических процессов в агроценозах.....	486
8.9.13. Сроки и способы уборки урожая.....	493
8.9.14. Оценка энергетической эффективности агротехнологий .....	495
<b>8.10. Контроль качества продукции растениеводства, сертификация про-</b>	
<b>дукции и агропредприятий .....</b>	<b>498</b>
8.10.1. Качество продукции растениеводства и стандартизация.....	498
8.10.2. Обеспечение качества продукции.....	506
8.10.3. Контроль качества и сертификация продукции .....	509
8.10.4. Сертификация агротехнологий и агропредприятий.....	511
<b>8.11. Проектирование кормопроизводства .....</b>	<b>513</b>
8.11.1. Современное состояние кормопроизводства и новые требования к его формированию.....	513
8.11.2. Состояние природных кормовых угодий .....	513
8.11.3. Размещение отраслей животноводства в соответствии с природны-	
ми условиями .....	514
8.11.4. Расчет потребности животных в кормах .....	516
8.11.5. Ассортимент кормовых культур.....	520
8.11.6. Организация культурных пастбищ .....	523
8.11.7. Технологии улучшения природных кормовых угодий .....	525
8.11.8. Организация зеленого конвейера .....	528
8.11.9. Заготовка кормов на зимний период .....	529
8.11.10. Устройство территории пастбищ .....	530
8.11.11. Устройство территории сенокосов.....	536
8.11.12. Составление картограммы мероприятий по организации, исполь-	
зованию и улучшению кормовых угодий .....	538
<b>8.12. Овощеводство .....</b>	<b>539</b>
8.12.1. Задачи овощеводства.....	539
8.12.2. Агроэкологическая оценка овощных культур.....	540
8.12.3. Особенности проектирования овощеводства и бахчеводства .....	544
8.12.3.1. Севообороты.....	544
8.12.3.2. Особенности удобрения овощных культур.....	547
8.12.3.3. Особенности системы обработки почвы .....	550
<b>8.13. Сорта и семеноводство.....</b>	<b>550</b>
8.13.1. Правовые аспекты селекции и семеноводства, сертификация семян.....	551
8.13.2. Система семеноводства .....	555
<b>8.14. Охрана природы и поддержание биоразнообразия, микроразказники.....</b>	<b>563</b>
<b>8.15. Особенности проектирования АЛСЗ для земель различных агроэко-</b>	
<b>логических групп в зональном и провинциальном аспектах .....</b>	<b>567</b>
8.15.1. Эрозионно-опасные земли .....	567
8.15.2. Дефляционноопасные земли .....	571
8.15.3. Переувлажненные земли.....	578
8.15.4. Пойменные земли .....	591
8.15.5. Засоленные земли.....	598
8.15.6. Солонцовые земли .....	605
8.15.7. Мерзлотные земли.....	611



8.15.8. Особенности земледелия на сельскохозяйственных территориях, загрязненных радионуклидами и тяжелыми металлами.....	615
8.15.8.1. Принципы организации земледелия на сельскохозяйственных территориях, загрязненных радионуклидами и тяжелыми металлами .....	616
8.15.8.2. Ведение земледелия на сельскохозяйственных угодьях с различным уровнем радиоактивного загрязнения .....	623
8.15.8.3. Ведение земледелия на сельскохозяйственных угодьях с различным уровнем загрязнения тяжелыми металлами .....	627
<b>8.16. Техническое обеспечение адаптивно-ландшафтного земледелия и его отражение в проектах.....</b>	<b>629</b>
8.16.1. Определение потребности в технике .....	629
8.16.2. Оценка технико-экономических показателей сельскохозяйственной техники и технологий.....	633
8.16.3. Принципы проектирования технического оснащения АЛСЗ.....	649
8.16.4. Математическое и информационное обеспечение проектирования технического оснащения АЛСЗ.....	654
8.16.5. Экономическая эффективность формирования технической базы АЛСЗ.....	663
8.16.6. Формирование первичных коллективов машинного производства сельскохозяйственной продукции .....	670
<b>8.17. Определение эколого-экономической эффективности АЛСЗ .....</b>	<b>672</b>
<b>9. РАЗРАБОТКА МОДЕЛЕЙ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ ДЛЯ БАЗОВЫХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ .....</b>	<b>685</b>
9.1. Роль математических моделей в обосновании систем земледелия сельскохозяйственных предприятий .....	685
9.2. Системный характер земледелия и особенности его математического моделирования .....	685
9.3. Агротехнологии как подсистемы системы земледелия .....	687
9.4. Значение математических методов для проектирования АЛСЗ .....	688
9.5. Цель и основное содержание математического моделирования АЛСЗ.....	689
9.6. Обоснование переменных моделей .....	690
9.7. Учет в модели межотраслевых пропорций .....	691
9.8. Математическая постановка задачи .....	692
9.9. Нормативная и информационная база модели .....	695
9.10. Анализ и использование результатов моделирования АЛСЗ предприятия .....	697
<b>10. ФОРМИРОВАНИЕ РЕГИОНАЛЬНЫХ АГРОКОМПЛЕКСОВ, РЕГИСТРОВ АГРОТЕХНОЛОГИЙ И АГРОГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ ПО АДАПТИВНО-ЛАНДШАФТНОМУ ЗЕМЛЕДЕЛИЮ .....</b>	<b>698</b>
10.1. Принципы разработки региональных агрокомплексов и агрогеоинформационных систем.....	698
10.2. Опыт разработки региональных агрокомплексов на примере Западной Сибири.....	700
10.2.1. Западносибирская провинция южнотаежно-лесной подзоны .....	700
10.2.2. Западносибирская провинция северолесостепной подзоны.....	702
10.2.3. Западносибирская провинция центрально-лесостепной подзоны .....	704
10.2.4. Западносибирская провинция южностепной подзоны .....	705
10.2.5. Северопредалтайская провинция северолесостепной подзоны .....	706
10.2.6. Северопредалтайская провинция центрально-лесостепной подзоны .....	709

10.2.7. Североуралтайская провинция южнолесостепной подзоны .....	714
10.2.8. Западносибирская (Казахстанская) провинция степной зоны.....	717
10.2.9. Западноуралтайская провинция степной зоны.....	719
10.3. Формирование региональных регистров агротехнологий .....	720
<b>11. ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ АДАПТИВНО-ЛАНДШАФТНОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ В СИСТЕМЕ СОВРЕМЕННОГО ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВА .....</b>	<b>723</b>
11.1. Современное состояние государственного землеустройства .....	723
11.2. Регулирование использования земель .....	725
11.3. Муниципальное землепользование и землеустройство .....	728
11.4. Основное содержание и задачи проведения землеустройства на эколого-ландшафтной основе.....	730
11.5. Определение правового режима и условий использования земель .....	735
11.6. Формирование агроландшафтов при землеустройстве.....	743
11.7. Оценка природоохранной организации территории.....	745
<b>12. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ АДАПТИВНО-ЛАНДШАФТНОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ И АГРОТЕХНОЛОГИЙ .....</b>	<b>751</b>
12.1. Федеральный уровень информационного обеспечения адаптивно-ландшафтного земледелия и районирования агротехнологий .....	751
12.2. Региональный уровень информационного обеспечения адаптивно-ландшафтного земледелия и районирования агротехнологий .....	754
12.3. Локальный уровень информационного обеспечения АЛСЗ и адаптации агротехнологий .....	757
<b>Литература.....</b>	<b>761</b>