**2. ИНДИКАЦИЯЛЫҚ ГЕОБОТАНИКА ТАРИХЫ**

**ИНДИКАТОРЛАР ТУРАЛЫ ҰҒЫМНЫҢ ПАЙДА БОЛУЫ**

Өсімдікті табиғаттың қандай да бір жағдайларының көрсеткіші ретінде қолдану мүмкіндігі туралы ойларды Ертедегі Рим мен Грекия ғалымдары айтқан болатын. Біздің дәуіріміздің I ғасырындағы рим авторлары Коллумелланың, Үлкен Плинийдің еңбектерінде әртүрлі дақылдар мен жүзімдіктер егу үшін жаңа жерлерді беру кезінде өсімдік жабынына мән беру керек екені айтылады. Үлкен Плиний «Табиғи тарихында»: «Ащы топырақты тозған шөптері арқылы, суық жерлерді – қисық өсетін, ылғалды жерлерді де әдемі емес өсімдіктері арқылы білуге болады» деп жазды.

Рим архитекторы Витрувий Поллионның (біздің дәуіріміздің I ғасыры) «Архитектура туралы он кітап» деген еңбегінде жерасты суларының көрсеткіштері болып табылатын өсімдіктердің тізімі берілген. «Судың бар болуының белгілері мынадай: онда жіңішке қамыс, тал, қандыағаш, қияқөлең, плющ және басқалары, яғни ылғалсыз өсе алмайтын өсімдіктер өседі».

Грек ғалымы Павсаний (біздің дәуіріміздің IX ғасыры) де Геликон қаласында өсетін өсімдіктер арқылы топырақ сипатын білуге болатынын, яғни ондағы ағашты өсімдіктер мен олардың шоқтоғайларының өсуі туралы терең ойлар айтқан.

XV, XVI ғасырларда Ресейде «шабындықты орман», «шабындықсыз орман» деген, яғни орман ішіндегі шабындыққа пайдалануға болатын жерлер туралы ұғымдар пайда болды.

Тау жыныстары топырақтарының, жерасты улары мен қазбалардың ерекшеліктерін көрсететін өсімдіктер туралы деректерді XVIII ғасырдағы ресей ғалымдары М.В.Ломоносовтың, А.Н.Радищевтің жұмыстарынан көруге болады.

Например, М. В. Ломоносов в своих работах неоднократно указывал на связь растений и почв, он писал, что почвы хвойных лесов бедны перегноем, а лиственных - значительно богаче. В первом научном сочинении О почвах «О слоях земных» (1763) М. В. Ломоносов говорит об сличительных свойствах почв, об ее образовании «из тления животных и прозябаний».

А. Н. Радищев в «Слове о Ломоносове» (1770) подчеркивал большое значение этого произведения для развития естествознания. В своих других работах - «Записки путешествия в Сибирь», «Дневник путешествия из Сибири», «Описание Тобольского наместничества», «Описание моего владения» - А. Н. Радищев уделяет внимание связи определенных видов растений с почвенными условиями. Он говорит в «Описании моего владения», что подмосковная почва «видом сера», а в сухом состоянии «почти бела» и что там, «где растет дуб (емен), клен (үйеңкі), вяз (қарағаш), яблонник (алма ағашы), буквица (жөтелшәй), клубника (құлпынай), там земля добра». «Березняк показывает убогую (құнарсыз) глину, а сосняк (қарағайлы орман), можжевельник (арша) и молодиль - сухую супесь; а тростник, мох, хвощ, осока - мокрую землю и болотную». Связь растительности с почвами подчеркивали в своих трудах и первые русские лесоводы. В работах президента Российской Академии наук А. А. Нартова указывается на зависимость роста древесных пород от особенностей почвенных условий. Он пишет «О посеве леса» (1765), где сообщает, что «ель и сосна имеют в себе такое свойство, что сосна на сухой, а ель на сырой земле во сто лет весьма хорошим к строению полезным бревном вырасти может...». Профессор натуральной истории Московского университета М. И. Афонин пишет «О пользе знании, собирании и расположении чернозему, особливо в хлебопашестве» (1771), где классифицирует перегной по характеру растительности.

XIX ғасырда өсімдіктер экологиясының дамуымен индикациялық геоботаниканың негізі қаланды деп айтуға болады. Гумбольдт, А. Декандоль, А. Гризебах және басқа да ботаник-географтардың жұмыстарында өсімдіктер жабынының климатпен байланысы бар екені көрсетілген. Хильгард, Ф. И. Рупрехт, П. П. Костычев өсімдікжабыны мен топырақ арасында тығыз байланыс бар екені туралы айтады.

О возможности растительной индикации горных пород прямо говорит теолог А. М. Карпинский, перу которого принадлежит работа «Могут ли живые растения быть указателями горных пород и формаций, на которых они встречаются, и заслуживают ли местопрозябання особого внимания геогноста» (1841). Другой геолог - П. А. Ососков (1896) - использовал характер распределения растительных сообществ для составления геологических карт, а почвовед и агроном С. К. Чаянов (1909) - для создания почвенных карт.

20 ғасырдың 60-шы жылдары бұрынғы КСРО-да индикациялық геоботаника жақсы дами бастады. Өсімдіктер жабыны бойынша топырақ ылғалдылығы, топырақ құнарлылығы, тұздылығы, неотектоникалық процестердің (шөлдегі құмдардың жылжу қарқындылығы, селдердің қозғалысы, өзен аңғарларының пайда болуы, т.б.) динамикасы бағалана бастады. Бұл бағытқа жетекшілік еткен С.В.Викторов индикациялық геоботаниканың бірнеше жалпы ережелерін жасап, байланыстардың негізгі жолдарына мән берді.

**2.2 ЗНАЧЕНИЕ РАБОТ В. В. ДОКУЧАЕВА ДЛЯ РАЗВИТИЯ ИНДИКАЦИОННОГО НАПРАВЛЕНИЯ**

На развитие естественных наук и возникновение новых наук, таких, как генетическое почвоведение, лесоведение, геоботаника, развитие индикационного направления, в конце XIX в. огромное влияние оказали знаменитые работы основоположника генетического почвоведения В. В. Докучаева и его школы. Классические работы В. В. Докучаева «Русский чернозем» (1883), «Наши степи прежде и теперь» (1892), «О почвенных зонах вообще и вертикальных зонах в особенности» (1898) раскрыли взаимосвязь и взаимообусловленность явлений и тел природы. В предисловии к «Русскому чернозему» В, В. Докучаев писал, что почвы - «результат чрезвычайно сложного взаимодействия местного климата, растительных и животных организмов, состава и строения материнских горных пород, рельефа местности и, наконец, возраста страны».

Под влиянием идей В. В. Докучаева формируется широта мировоззрения многих исследователей-естествоиспытателей. Основоположник научного лесоведения Г. Ф. Морозов (1916) писал об учении В. В. Докучаева: «Это учение сыграло решающую роль и внесло в мою деятельность такую радость, такой свет и дало такое нравственное удовлетворение, что я не представляю себе жизнь без основ Докучаевской школы в воззрениях ее на природу. Природа сомкнулась для меня в единое целое, которое познать можно, только стоя на исследовании тех фактов, взаимодействие которых дает этот великий синтез окружающей нас природы».

Без концепций В. В. Докучаева невозможна была бы постановка вопроса об индикации одного 'компонента природы по другому, о возможности использования растительного покрова как показателя других природных тел и природных процессов.

В значительной мере под влиянием работ В. В. Докучаева и его школы А. Я. Гордягиным (1900, 1901) были написаны «Материалы для познания почв и растительности Западной Сибири», где он, характеризуя почвы и растительность, говорит также об индикации почв по растительным сообществам, указывая, что «более почвопостоянными следует считать целые комбинации форм, растительные сообщества».

**2.3 ПЕРВЫЕ ИНДИКАЦИОННЫЕ ОПРЕДЕЛИТЕЛИ**

В начале XX в. как приложение к книге по исследованию растительности района Зайсана Б. А. Келлером (1911) был опубликован первый индикационный определитель почв по растительности. Б, А. Келлер считал, что «дикая растительность есть чрезвычайно чувствительный показатель окружающих условий вообще и почвенных в частности, это есть тонкий реагент на природную обстановку, хорошее и едва ли не лучшее бонитировочное средство для почв». Индикация почв проводилась Б. А. Келлером по растительным ассоциациям.

После Октябрьской революции, в период, когда началось освоение окраин нашей страны, индикационные исследования стали развиваться особенно интенсивно. Это был хотя и ориентировочный, но быстрый и доступный способ оценки земель и их природных особенностей. В 1926 г. И. В. Ларин издает специальный индикационный справочник для определения по растительному покрову почв и сельскохозяйственных угодий Западного Казахстана - междуречья Волги и Урала. И. В. Ларин подчеркивает, что его определитель может быть использован в том регионе, для которого он составлен, и что для других климатических районов следует составлять другие индикационные определители. Таким образом, он как бы ставит вопрос и об экстраполяции индикационных данных. Почти в это же время, в 1930 г., выходит в свет справочник Б. В. Федорова для оценки засоленности верхних горизонтов почв Голодной степи.

Большое значение для индикации экологических условий и в особенности почв имели работы геоботаника-эколога Л. Г. Раменского, начатые им еще до революции, но получившие особое развитие в советское время. Его работы касались главным образом лугов и пастбищ. Им были проведены многолетние исследования, при которых выявлялась связь различных видов растений с характером увлажнения и богатством почв, их засоленностью, для пойменных лугов - с аллювиальностью (раз-яой степенью отложения наилка), а также с пасквальной (пастбищной) дигрессией. Г. Л. Раменский стремился «тонко читать по растительности условия ее местопроизрастания». На ос-дове обширного собранного материала Л. Г. Раменским созданы экологические таблицы, с помощью которых можно определять по видам растений различные экологические условия. Эти таблицы были опубликованы в книге «Введение в комплексное почвенно-геоботаническое исследование земель» (1938). Они получили разработку в трудах его учеников и приведены в книге «Экологическая оценка кормовых угодий по растительному покрову» (Раменский и др., 1956), а также в работах Л.Н.Соболева (1978). Во время работ Л. Г. Раменского еще не было накоплено достаточных количественных данных, поэтому таблицы составлены так, что позволяют оценивать местообитания не в конкретных величинах, а в форме отнесения особенностей местообитания к условным ступеням увлажнения, засоления, минерального богатства почв и т. д. Таблица составлена для отдельных видов растений, растительные сообщества в качестве лндикаторов экологической обстановки автором не использованы. Опыт составления экологических шкал имеется также в работах геоботаников Т. А. Работнова (1958) и И. А. Цаценкина (1967).

В работах лесоведов П. С. Погребняка (1955), Д. В. Воробьева (1953) также использованы отдельные виды растений для индикации лесных местообитаний. Они считали, что виды растений, их экологические группы - ксерофиты, мезофиты, гигрофиты - могут служить показателями особенностей увлажнения, а олиготрофы, мезотрофы, мегатрофы - индикаторами богатства почв элементами питания растений. Индикационному значению как видов, так и растительных сообществ уделял внимание наш крупнейший ученый-лесовед, создатель новой науки - биогеоценологии, В. Н. Сукачев (1930), применяя для лесной типологии виды растепий-эдификаторов и доминантов, а для установления эколого-фитоценотических закономерностей - типы лесов и их группы. Его учение о биогеоценозах (Сукачев, 1947, 1964) проникнуто идеей о взаимообусловленности и диалектическом единстве всех компонентов природы,. постоянном обмене между ними веществом и энергией, а отсюда вытекает возможность использовать один компонент как индикатор другого.

**2.4 СПЕЦИАЛЬНЫЕ ИНДИКАЦИОННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ**

Значительным стимулом дальнейшего развития геоботаники послужило внедрение в науках о Земле аэрометодов. Дешифрирование аэрофотоматериалов, отображающих растительный покров, заставило уделять наибольшее внимание не отдельным видам растений, а сообществам, их комплексам и рядам. Применение аэрометодов в геологических и гидрологических исследованиях вызвало необходимость развития нового специального геоботанического направления, основанного на использовании фитоценозов как индикаторов. С 1945 г. в ряде геологических экспедиций впервые стали создавать специальные геоботанико-индикационные партии и отряды, производившие съемочные работы с применением аэрометодов. Результаты этих работ давали основание вначале для уточнения геологических карт, а после установленные индикаторные функции растительных сообществ применяли при составлении литологических и инженерно-геологических карт, тектонических схем, карт грунтовых вод и верховодок. Эти исследования отражены в работах С. В. Викторова, Е. А. Востоковой, Д. Д. Вышивкина (1962), Б. В. Виноградова (1964), возглавивших в нашей стране сначала индикационное направление, а потом новую науку - индикационную геоботанику. Сам термин «индикационная геоботаника» был предложен в 60-х годах С. В. Викторовым.

В настоящее время многими учеными разрабатываются теория и методы индикационной геоботаники и собран обширный фактический материал в различных направлениях ее приложения. Особенностям фитоиндикации горных пород, подземных вод и глубины залегания руд посвящена книга С. В. Викторова (1955). Автор показывает, что в качестве индикаторов при геологических и гидрологических исследованиях можно использовать и растительные сообщества, и отдельные виды растений. Специальным вопросам гидроиндикацин посвящен ряд работ Е. А. Востоковой (1961, 1980). В 1962 г. вышла в свет книга С. В. Викторова, Е. А. Востоковой, Д. Д. Вышивкина «Введение в индикационную геоботанику», в которой даются основы теории и методов этой науки и раскрыты ее основные направления. Позже были опубликованы учебные пособия Б. В. Виноградова (1964) и Ф. Д. Алахвердиева (1985).

В эти же годы появился ряд определителей и справочников (1962, 1963), которые дают конкретные сведения об индикации по растениям и растительным сообществам грунтовых вод, почвогрунтов, лнтологического состава поверхностных отложений в различных районах нашей страны. Проводится ряд совещаний по индикационной науке, и издаются их труды. В последнее время наряду с геоботанической индикацией стала широко применяться ландшафтная индикация, когда в качестве индикаторов используют не только растительность, но и другие элементы ландшафта. Особенности ландшафтной индикации, ее теория и методология разрабатываются С. В. Викторовым (1966) и другими исследователями.

Особое значение имеет применение в индикационной геоботанике математических методов. Эти методьгдают возможность выявить устойчивые связи растительных сообществ и отдельных видов с различными градиентами среды. При выявлении растительных индикаторов, определении связи индикатора с объектом индикации, достоверности индикаторов и других индикационных работах эти методы играют важную роль. В разработку этих методов внесли существенный вклад В. И. Василевич, Ю. И. Самойлов, Б. М. Миркин и некоторые другие исследователи.

В. И. Василевич (1969) подчеркивал значение математических методов для решения вопросов классификации растительности, выяснения взаимосвязи растительности со средой и рассматривал особенности приемов статистической обработки материала. Проблеме взаимосвязи растительности со средой, раскрытой математическими методами, посвящена также работа Ю. И. Самойлова (1970) «Опыт количественного анализа соответствия мозаики растительности и среды на пойменных лугах». Во многих работах Б. М. Миркина индикаторным видам, выявленным методами статистики, отводится решающая роль при экологических исследованиях и классификации луговой растительности. Б. М. Миркин считает, что виды-детерминанты, выявленные методами статистики, несут наибольшую индикаторную нагрузку, дают наиболее высокую информацию об условиях среды и служат поэтому верными индикаторами этих условий. Применение математических методов в индикационной геоботанике завоевывает в настоящее время все большее место и становится почти обязательным.

Особое направление составляет геоботаническая индикация полезных ископаемых. Огромное значение для его развития имели работы знаменитого советского ученого В. И. Вернадского. Им были написаны классические работы по биогеохимии и создано учение о биосфере Земли.

Биогеохимическая концепция В. И. Вернадского, получившая широкое применение и дальнейшее развитие в трудах А. П. Виноградова, явилась научной основой, на которой можно было строить методы поисков рудных месторождений по видам растений, внутривидовым формам и тератам (внешним уродствам). Был создан биогеохимический метод поисков рудных месторождений, основанный на химическом анализе элементного состава золы растений, а также верхних слоев почвы. Зола растений бывает обогащена теми элементами, которые содержатся в ореоле рассеяния над рудной залежью. В монографии Д. П. Малюты (1963) имеются таблицы растений-индикаторов на различные элементы, с указанием универсальных и локальных индикаторов. Этому же вопросу посвящена работа Н. Г. Несветайловой (1970).

**2.5 ИНДИКАЦИОННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЗА РУБЕЖОМ**

Индикационная геоботаника в XX в. стала широко развиваться и за границей, что было связано в первую очередь с освоением новых земель, с изучением почв для сельскохозяйственных посевов и посадок, с качественной оценкой почв лугов и лесов, выявлением индикаторов эрозии почв, состояния пастбищ. Из зарубежных теоретических работ по геоботанической индикации следует назвать прежде всего сводку Ф. Е. Клемент-са (Clements, 1920, 1928). В ней раскрыты основы учения о растительных индикаторах. Почти в это же время выходит работа другого американского исследователя О. Е. Мейнцера (Меinzer, 1927), касающаяся особенностей гидроиндикации. О. Е. Мейнцером впервые была выделена группа растений-«насосов», корни которых доходят до уровня грунтовых вод, названная им «фреатофитами». Группа фреатофитов широко используется в индикационных исследованиях. В 1939 г. выходит в свет работа А. В. Семпсона (Sampson, 1939) «О растительных индикаторах различных местообитаний», внесшая значительный вклад в развитие индикационной геоботаники. В 1929г. О. В. Линстов опубликовал сводку, посвященную индикации горных пород и полезных ископаемых. В Швейцарии публикуются работы А. Крюденера (Krudener, 1951), а ранее - Атлас растений - указателей местообитаний, составленный А. Крюденером и А. Беккером (Krudener, Becker, 1942), где собраны многочисленные растения-индикаторы литологического состава грунтов, уровня грунтовых вод. В Атласе приведены рисунки, фотографии и указаны опознавательные признаки растений-индикаторов. X. Элленбергом (Ellenberg, 1952) составлена шкала оценки лугов и пастбищ по растениям-индикаторам, приведенная в книге о лугах и пастбищах с оценкой их местообитаний. В этом же году выходит работа Т. Робинсона, где широко используются растения-фреатофиты в гидрогеологии. Использованию растений-индикаторов в геологии посвящены также работы Л. Сикоры (Sycora, 1959). В настоящее время индикационные работы в различных странах расширяются и охватывают все глубже различные природные объекты. Исследования проводятся во Франции, Швеции, Норвегии, Бельгии, Дании,. Финляндии, Китае, Они начаты также в таких странах, где ранее не производились, - в Заире, Индии, Зимбабве, Аргентине.

В настоящее время в индикационной геоботанике как у нас, в СССР, так и за рубежом возникло новое перспективное направление, связанное с использованием и дешифрированием аэрофотокосмоматериалов.

**ГЛАВА 1 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ ИНДИКАЦИОННОЙ ГЕОБОТАНИКЕ**

Растительные сообщества (а также отдельные виды, внутривидовые формы и тераты (от греч. teras, teratos — чудовище, урод, уродство), резко выраженные аномалии, затрагивающие генетические основы организма. Возникают в результате заражения вирусами, бактериями, грибами, под влиянием спонтанной мутации, гибридизации, под воздействием ионизирующих излучений, химического мутагенного фактора)), обладающие достаточной определенной и стойкой связью с условиями среды и используемые для распознавания этих условий, называются **индикаторами.** Условия, определяемые с помощью индикаторов, называются объектами индикации, или **индикатами,** а процесс определения - **индикацией**. Индикаторами могут быть отдельные организмы или их сочетания (ценозы), присутствие которых указывает на определенные свойства окружающей среды. Однако часты случаи, когда тот или иной вид или ценоз имеет очень широкую экологическую амплитуду и поэтому не является индикатором, но отдельные признаки его резко меняются в разных экологических условиях и могут быть использованы для индикации. В песках Заунгузских Каракумов (Туркмения), например, широко распространен колючелистник (*Acanthophyllum brevibracteatum*), имеющий обычно розовые цветки, но на участках с близким залеганием скоплений серы (например, в районе Серных бугров) окраска цветков меняется на белую. В ландшафтах Подмосковья скопления верховодок на лугах могут быть определены не столько по флористическому составу луговых фитоценозов, сколько по длительности отдельных фенофаз, так как площади, под которыми залегают верховодки, обозначаются длительным цветением ряда видов, что сказывается на аспекте луга. Как в том, так и в другом случае для индикации используются не виды или ценозы как таковые, а лишь некоторые их особенности.

Связь между индикатором и индикатом называется **индикационной**. В зависимости от характера индикационной связи индикаторы делятся на **прямые** и **косвенные.** Прямые индикаторы связаны с индикатом непосредственно и обычно зависят от его присутствия.

Примером прямых индикаторов подземных вод могут служить в аридкых регионах сообщества с господством растений из группы облигатных фреатофитов (т. е. растений, постоянно связанных с грунтовыми водами) - чиевники (ассоц. *Achnatherum splendens*), сообщества верблюжьей колючки (виды рода *Alhagi)*. Эти сообщества не могут существовать вне индикационной связи, и если она нарушена, то они погибают. Косвенной, или опосредованной, называется индикационная связь, осуществляемая через какое-то промежуточное звено, связывающее индикатор и индикат. Так, разреженные заросли псаммофильной *Aristida pennata* в песках пустынь служат косвенным индикатором локальных скоплений подпесчаной верховодки. Хотя прямая связь здесь отсутствует, но пионеры-псаммофиты указывают на слабую закрепленность песка, обусловливающую хорошую аэрацию песчаной толщи и свободную инфильтрацию осадков, т. е. те условия, которые благоприятсвуют образованию верховодки. Прямые индикаторы более надежны и достоверны, чем косвенные.

По степени географической устойчивости индикационных связей индикаторы могут быть разделены на ***панареальные***, ***региональные*** и ***локальные***. Связь панареальных индикаторов с индикатом единообразна во всем ареале индикатора. Так, тростник (*Phragrnites australis*) является панареальным индикатором повышенной влажности субстрата в пределах развития своей корневой системы. Панареальные индикаторы немногочисленны и обычно относятся к прямым. Значительно более часты региональные индикаторы, имеющие постоянную связь с индикатом лишь в пределах определенной физико-географической области, и локальные, сохраняющие индикационное постоянство лишь на площади известного физико-географического района. Как те, так и другие оказываются большей частью косвенными.

Все перечисленные подразделения индикаторов по характеру и устойчивости взаимоотношений с индикатом имеют значение лишь применительно к какой-то определенной индикационной связи с известным индикатом в конкретной системе индикатор - индикат. Вне ее они не имеют значения. Таким образом, одно и то же сообщество может быть прямым панареальным индикатором для одного индиката и косвенным локальным - для какого-либо другого. Поэтому нельзя говорить об индикационной значимости ценоза или вида вообще, не определяя точно, о каком индикате идет речь.

Индикаты, определяемые с помощью ботанических показателей, очень разнообразны. Ими могут быть как различные типы определенных природных объектов (почв, горных пород, подземных вод и т. п.), так и различные свойства этих объектов (механический состав, засоленность, трещиноватость и др.), и определенные процессы, протекающие в окружающей среде (эрозия, суффозия, карст, дефляция, заболачивание, миграция солей и т. д.), и отдельные свойства среды (климат). Когда объектом индикации является тот или иной процесс, в качестве индикаторов выступают не отдельные виды или ценозы, но взаимосвязанные системы растительных сообществ, эколого-генетические ряды их. Индикатами могут быть не только естественные процессы, но и изменения, создаваемые в окружающей среде человеком, происходящие в ней при мелиорации, воздействии на нее промышленных предприятий, добыче полезных ископаемых, при строительстве.

**1.1 ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИНДИКАЦИОННОЙ ГЕОБОТАНИКИ**

Основные направления индикационной геоботаники выделяются по индикатам, для определения которых используются индикационно-геоботанические наблюдения. В качестве главнейших в настоящее время существуют **следующие направления:**

1) педоиндикация,

2) литоиндикация,

3) гидроиндикация,

4) индикация мерзлотных условий (тоң жағдайларының индикацйиясы),

5) индикация полезных ископаемых (пайдалы қазбалар индикациясы),

6) индикация естественных процессов (табиғи үдерістер индикациясы),

7) индикация антропогенных процессов (антропогендік үдерістер индикациясы).

Педоиндикацию и литоиндикацию часто объединяют в ***геоиндикацию***. ***Педоиндикация,*** или индикация почв, - одно из важнейших направлений, так как связи почвы и растительного покрова наиболее бесспорны и общеизвестны. Это направление имеет две ветви: индикацию различных таксонов (т. е. типов, подтипов, родов и видов почв) и индикацию определенных свойств почв (механический состав, засоленность и др.). Первая, имея исключительно большое значение, оказывается достаточно сложной, так как в типологии и классификации почв (особенно в наиболее низких таксономических единицах) не всегда существует полное единообразие, так что объем индиката иногда оказывается несколько неопределенным. Вторая ветвь разработана сейчас значительно полнее, так как свойства почв в большинстве случаев могут быть охарактеризованы количественными показателями (по результатам анализов), и поэтому с большой точностью можно установить связь определенных растительных сообществ с определенной амплитудой этих показателей.

***Литоиндикацией*** называется геоботаничеокая индикация горных пород. Литоиндикация тесно связана с педоиндикацией, но охватывает более глубокие толщи земли. Связь растительности с этими горизонтами может быть как прямая (за счет растений с наиболее мощной корневой системой), так и косвенная (через систему горная порода - почва - растительность). Многие растительные сообщества имеют значение индикаторов выветривания горных пород ранних стадий почвообразования на них (например, сообщества литофильных лишайников и водорослей). Растительные индикаторы могут указывать на трещиноватость пород (за счет преимущественного развития растительности в трещинах), на определенные химические особенности пород (гипсоносность, ожелезненность, карбонатность и др ), на их гранулометрический состав (обозначая глины, пески, супеси, суглинки, галечники).

***Гидроиндикация,*** или индикация грунтовых вод, основывается на способности многих растений развиваться лишь при связи их корневой системы с водонасыщенными горизонтами. Здесь, как и в области литоиндикации, используются растительные сообщества с господством глубококорневых растений. При гидроботанической индикации возможна также и оценка минерализации грунтовых вод. При этом показателями высокоминерализованных грунтовых вод являются часто (но не всегда) те же сообщества, которые индицируют и соленосные горные породы

***Индикация мерзлотных условий*** имеет очень сложный характер. В основе ее лежит представление о зависимости растительного покрова криолитозоны (часть криосферы (географическая оболочка Земли, характеризующаяся наличием или возможностью существования льда) в пределах верхнего слоя земной коры, характеризующаяся в течение всего года или хотя бы короткое время (но не менее суток) отрицательной температурой почв и горных пород) от термических свойств субстрата и сезонных процессов протаивания и промерзания. Однако эти свойства многолетнемерзлых грунтов стоят в зависимости как от гранулометрического состава их, так и от геоморфологических, гидрологических и гидрогеологических условий. Поэтому индикация мерзлотных условий является как бы результатом интеграции педоиндикационных, литоиндикационных и гидроиндикационных исследований. Все рассмотренные направления - педоиндикация, литоиндикация, гидроиндикация и индикация мерзлотных условий - имеют сходство в том отношении, что основными индикаторами являются растительные сообщества.

***Индикация полезных ископаемых*** во многом отличается от других направлений индикационной геоботаники. В качестве прямых индикаторов здесь используются обычно не растительные сообщества, а отдельные виды, мелкие внутривидовые формы растений, а также тераты. В основе индикации при этом лежат установленные наблюдениями факты о сильной формообразующей роли многих соединений, а также о патологическом влиянии их на внешний облик растения - его окраску, морфологию его органов и на их типичные пропорции. Косвенная индикация может производиться и по сообществам, если они обозначают литологические разности пород, с которыми связано распространение определенных полезных ископаемых. Но такие косвенные индикаторы имеют обычно локальный характер, и поэтому практическое значение их ограничено.

***Индикация процессов***, как естественных, так и антропогенных, производится не по отдельным растительным сообществам, а по эколого-генетическим рядам их. Это пространственные ряды сообществ, участки которых располагаются один за другим в том порядке, в каком они сменяют друг друга во времени. Иными словами, это сукцессионный ряд, развернутый в пространстве. Каждое сообщество, участвующее в подобном ряду, отражает определенную стадию того процесса, который создал данный ряд. В полевых условиях такие ряды обнаруживаются в форме тех или иных комплексов и комбинаций. Эколого-генетические ряды, индицирующие естественные процессы, отражают как эндодинамические сукцессии (протекающие в результате развития самого фитоценоза, меняющего среду), так и экзодинамические (возникающие под влиянием внешних причин). Индикаторами антропогенных процессов являются обычно экзодинамические ряды.

Кроме перечисленных основных направлений существуют некоторые виды индикации, не получившие пока такого широкого развития и применения, но тем не менее достаточно важные. Сюда относятся:

- индикация климатических условий,

- индикация тектонического строения территории и в особенности расположения различных типов тектонических нарушений. Некоторые случаи применения индикации к этим объектам будут рассмотрены в главах, посвященных тем зонам и подзонам, где эти виды индикации наиболее четко выражены.

**ГЛАВА 2 ИСТОРИЯ ИНДИКАЦИОННОЙ ГЕОБОТАНИКИ**

История науки дает возможность понять ее развитие, этапы постепенного становления и оформления как самостоятельной дисциплины.

**2.1 ВОЗНИКНОВЕНИЕ ПРЕДСТАВЛЕНИИ ОБ ИНДИКАТОРАХ**

О возможности использовать растения в качестве показателей определенных условий природы писали еще ученые древнего Рима и Греции. В трудах римских авторов I в. н. э. Юния Коллумелы, Плиния Старшего имеются указания на необходимость обращать внимание на растительность при отводе новых земель под виноградники и посевы различных культур: «Горькую землю узнают по черной, выродившейся траве, холодную - по криворастущей, влажную - также по некрасивой растительности», - писал Плиний Старший в «Естественной истории». В сочинении римского архитектора Витрувия Поллиона (I в. н.э.) «Десять книг об архитектуре» приведено перечисление видов растений - указателей подземных вод: «Признаки же воды в описанных выше породах следующие: там произрастают тонкий камыш, тальник, ольха, витекс, тростник, плющ и другие, обладающие тем свойством, что не могут зародиться без влаги». Греческий ученый Павсаний (IX в. н.э.) также высказывал глубокие мысли о возможности оценки почв по растительности, в частности о характеристике почв г. Геликон по растущим на ней древесным породам и их рощам.

В России в рукописных книгах XV, XVI вв. уже употреблялись такие понятия, как «лес пашенный» и «лес непашенный», т. е. участки леса, пригодные при <го сведении под пашню и непригодные. Народные названия - бор, суборь, рамень и т. д, которые вошли потом в лесоводство, - всегда обозначали не только лес, но и места его произрастания, т. е. почвенные условия.

Упоминания о растениях - указателях особенностей почв горных пород, подземных вод и различных руд - можно найти в трудах по естествознанию и географии великих ученых XVI II в М. В. Ломоносова, А. Н. Радищева. Так, М. В. Ломоносов в своих работах неоднократно указывал на связь растений и почв, он писал, что почвы хвойных лесов бедны перегноем, а лиственных - значительно богаче. В первом научном сочинении О почвах «О слоях земных» (1763) М. В. Ломоносов говорит об сличительных свойствах почв, об ее образовании «из тления животных и прозябаний».

А. Н. Радищев в «Слове о Ломоносове» (1770) подчеркивал большое значение этого произведения для развития естествознания. В своих других работах - «Записки путешествия в Сибирь», «Дневник путешествия из Сибири», «Описание Тобольского наместничества», «Описание моего владения» - А. Н. Радищев уделяет внимание связи определенных видов растений с почвенными условиями. Он говорит в «Описании моего владения», что подмосковная почва «видом сера», а в сухом состоянии «почти бела» и что там, «где растет дуб, клен, вяз, яблон-ник, буквица, клубника, там земля добра». «Березняк показывает убогую глину, а сосняк, можжевельник и молодиль - сухую супесь; а тростник, мох, хвощ, осока - мокрую землю и болотную». Связь растительности с почвами подчеркивали в своих трудах и первые русские лесоводы. В работах президента Российской Академии наук А. А. Нартова указывается на зависимость роста древесных пород от особенностей почвенных условий. Он пишет «О посеве леса» (1765), где сообщает, что «ель и сосна имеют в себе такое свойство, что сосна на сухой, а ель на сырой земле во сто лет весьма хорошим к строению полезным бревном вырасти может...». Профессор натуральной истории Московского университета М. И. Афонин пишет «О пользе знании, собирании и расположении чернозему, особливо в хлебопашестве» (1771), где классифицирует перегной по характеру растительности.

В XIX в. с развитием экологии растений можно считать, были заложены и основы индикационной геоботаники. В работах Гумбольдта, А. Декандоля, А. Гризебаха и других ботаников-географов была показана связь растительности с климатом. Хильгард, Ф. И. Рупрехт, П. П. Костычев подчеркивали существование тесных зависимостей между растительностью и почвами. О возможности растительной индикации горных пород прямо говорит теолог А. М. Карпинский, перу которого принадлежит работа «Могут ли живые растения быть указателями горных пород и формаций, на которых они встречаются, и заслуживают ли местопрозябання особого внимания геогноста» (1841). Другой геолог - П. А. Ососков (1896) - использовал характер распределения растительных сообществ для составления геологических карт, а почвовед и агроном С. К. Чаянов (1909) - для создания почвенных карт.

**2.2 ЗНАЧЕНИЕ РАБОТ В. В. ДОКУЧАЕВА ДЛЯ РАЗВИТИЯ ИНДИКАЦИОННОГО НАПРАВЛЕНИЯ**

На развитие естественных наук и возникновение новых наук, таких, как генетическое почвоведение, лесоведение, геоботаника, развитие индикационного направления, в конце XIX в. огромное влияние оказали знаменитые работы основоположника генетического почвоведения В. В. Докучаева и его школы. Классические работы В. В. Докучаева «Русский чернозем» (1883), «Наши степи прежде и теперь» (1892), «О почвенных зонах вообще и вертикальных зонах в особенности» (1898) раскрыли взаимосвязь и взаимообусловленность явлений и тел природы. В предисловии к «Русскому чернозему» В, В. Докучаев писал, что почвы - «результат чрезвычайно сложного взаимодействия местного климата, растительных и животных организмов, состава и строения материнских горных пород, рельефа местности и, наконец, возраста страны».

Под влиянием идей В. В. Докучаева формируется широта мировоззрения многих исследователей-естествоиспытателей. Основоположник научного лесоведения Г. Ф. Морозов (1916) писал об учении В. В. Докучаева: «Это учение сыграло решающую роль и внесло в мою деятельность такую радость, такой свет и дало такое нравственное удовлетворение, что я не представляю себе жизнь без основ Докучаевской школы в воззрениях ее на природу. Природа сомкнулась для меня в единое целое, которое познать можно, только стоя на исследовании тех фактов, взаимодействие которых дает этот великий синтез окружающей нас природы».

Без концепций В. В. Докучаева невозможна была бы постановка вопроса об индикации одного 'компонента природы по другому, о возможности использования растительного покрова как показателя других природных тел и природных процессов.

В значительной мере под влиянием работ В. В. Докучаева и его школы А. Я. Гордягиным (1900, 1901) были написаны «Материалы для познания почв и растительности Западной Сибири», где он, характеризуя почвы и растительность, говорит также об индикации почв по растительным сообществам, указывая, что «более почвопостоянными следует считать целые комбинации форм, растительные сообщества».

**2.3 ПЕРВЫЕ ИНДИКАЦИОННЫЕ ОПРЕДЕЛИТЕЛИ**

В начале XX в. как приложение к книге по исследованию растительности района Зайсана Б. А. Келлером (1911) был опубликован первый индикационный определитель почв по растительности. Б, А. Келлер считал, что «дикая растительность есть чрезвычайно чувствительный показатель окружающих условий вообще и почвенных в частности, это есть тонкий реагент на природную обстановку, хорошее и едва ли не лучшее бонитировочное средство для почв». Индикация почв проводилась Б. А. Келлером по растительным ассоциациям.

После Октябрьской революции, в период, когда началось освоение окраин нашей страны, индикационные исследования стали развиваться особенно интенсивно. Это был хотя и ориентировочный, но быстрый и доступный способ оценки земель и их природных особенностей. В 1926 г. И. В. Ларин издает специальный индикационный справочник для определения по растительному покрову почв и сельскохозяйственных угодий Западного Казахстана, междуречья Волги и Урала. И. В. Ларин подчеркивает, что его определитель может быть использован в том регионе, для которого он составлен, и что для других климатических районов следует составлять другие индикационные определители. Таким образом, он как бы ставит вопрос и об экстраполяции (логико-методологическая процедура распространения (переноса) выводов, сделанных относительно какой-либо части объектов или явлений на всю совокупность (множество) данных объектов или явлений) индикационных данных. Почти в это же время, в 1930 г., выходит в свет справочник Б. В. Федорова для оценки засоленности верхних горизонтов почв Голодной степи (Мырзашөл).

Большое значение для индикации экологических условий и в особенности почв имели работы геоботаника-эколога Л. Г. Раменского, начатые им еще до революции, но получившие особое развитие в советское время. Его работы касались главным образом лугов и пастбищ. Им были проведены многолетние исследования, при которых выявлялась связь различных видов растений с характером увлажнения и богатством почв, их засоленностью, для пойменных лугов - с аллювиальностью (раз-яой степенью отложения наилка), а также с пасквальной (пастбищной) дигрессией. Г. Л. Раменский стремился «тонко читать по растительности условия ее местопроизрастания». На основе обширного собранного материала Л. Г. Раменским созданы экологические таблицы, с помощью которых можно определять по видам растений различные экологические условия. Эти таблицы были опубликованы в книге «Введение в комплексное почвенно-геоботаническое исследование земель» (1938). Они получили разработку в трудах его учеников и приведены в книге «Экологическая оценка кормовых угодий по растительному покрову» (Раменский и др., 1956), а также в работах Л.Н.Соболева (1978). Во время работ Л. Г. Раменского еще не было накоплено достаточных количественных данных, поэтому таблицы составлены так, что позволяют оценивать местообитания не в конкретных величинах, а в форме отнесения особенностей местообитания к условным ступеням увлажнения, засоления, минерального богатства почв и т. д. Таблица составлена для отдельных видов растений, растительные сообщества в качестве индикаторов экологической обстановки автором не использованы. Опыт составления экологических шкал имеется также в работах геоботаников Т. А. Работнова (1958) и И. А. Цаценкина (1967).

В работах лесоведов П. С. Погребняка (1955), Д. В. Воробьева (1953) также использованы отдельные виды растений для индикации лесных местообитаний. Они считали, что виды растений, их экологические группы - ксерофиты, мезофиты, гигрофиты - могут служить показателями особенностей увлажнения, а олиготрофы, мезотрофы, мегатрофы - индикаторами богатства почв элементами питания растений. Индикационному значению как видов, так и растительных сообществ уделял внимание наш крупнейший ученый-лесовед, создатель новой науки - биогеоценологии, В. Н. Сукачев (1930), применяя для лесной типологии виды растепий-эдификаторов и доминантов, а для установления эколого-фитоценотических закономерностей - типы лесов и их группы. Его учение о биогеоценозах (Сукачев, 1947, 1964) проникнуто идеей о взаимообусловленности и диалектическом единстве всех компонентов природы,. постоянном обмене между ними веществом и энергией, а отсюда вытекает возможность использовать один компонент как индикатор другого.

**2.4 СПЕЦИАЛЬНЫЕ ИНДИКАЦИОННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ**

Значительным стимулом дальнейшего развития геоботаники послужило внедрение в науках о Земле аэрометодов. Дешифрирование аэрофотоматериалов, отображающих растительный покров, заставило уделять наибольшее внимание не отдельным видам растений, а сообществам, их комплексам и рядам. Применение аэрометодов в геологических и гидрологических исследованиях вызвало необходимость развития нового специального геоботанического направления, основанного на использовании фитоценозов как индикаторов. С 1945 г. в ряде геологических экспедиций впервые стали создавать специальные геоботанико-индикационные партии и отряды, производившие съемочные работы с применением аэрометодов. Результаты этих работ давали основание вначале для уточнения геологических карт, а после установленные индикаторные функции растительных сообществ применяли при составлении литологических и инженерно-геологических карт, тектонических схем, карт грунтовых вод и верховодок. Эти исследования отражены в работах С. В. Викторова, Е. А. Востоковой, Д. Д. Вышивкина (1962), Б. В. Виноградова (1964), возглавивших в нашей стране сначала индикационное направление, а потом новую науку - индикационную геоботанику. Сам термин «индикационная геоботаника» был предложен в 60-х годах С. В. Викторовым.

В настоящее время многими учеными разрабатываются теория и методы индикационной геоботаники и собран обширный фактический материал в различных направлениях ее приложения. Особенностям фитоиндикации горных пород, подземных вод и глубины залегания руд посвящена книга С. В. Викторова (1955). Автор показывает, что в качестве индикаторов при геологических и гидрологических исследованиях можно использовать и растительные сообщества, и отдельные виды растений. Специальным вопросам гидроиндикацин посвящен ряд работ Е. А. Востоковой (1961, 1980). В 1962 г. вышла в свет книга С. В. Викторова, Е. А. Востоковой, Д. Д. Вышивкина «Введение в индикационную геоботанику», в которой даются основы теории и методов этой науки и раскрыты ее основные направления. Позже были опубликованы учебные пособия Б. В. Виноградова (1964) и Ф. Д. Алахвердиева (1985).

В эти же годы появился ряд определителей и справочников (1962, 1963), которые дают конкретные сведения об индикации по растениям и растительным сообществам грунтовых вод, почвогрунтов, литологического состава поверхностных отложений в различных районах нашей страны. Проводится ряд совещаний по индикационной науке, и издаются их труды. В последнее время наряду с геоботанической индикацией стала широко применяться ландшафтная индикация, когда в качестве индикаторов используют не только растительность, но и другие элементы ландшафта. Особенности ландшафтной индикации, ее теория и методология разрабатываются С. В. Викторовым (1966) и другими исследователями.

Особое значение имеет применение в индикационной геоботанике математических методов. Эти методы дают возможность выявить устойчивые связи растительных сообществ и отдельных видов с различными градиентами среды. При выявлении растительных индикаторов, определении связи индикатора с объектом индикации, достоверности индикаторов и других индикационных работах эти методы играют важную роль. В разработку этих методов внесли существенный вклад В. И. Василевич, Ю. И. Самойлов, Б. М. Миркин и некоторые другие исследователи.

В. И. Василевич (1969) подчеркивал значение математических методов для решения вопросов классификации растительности, выяснения взаимосвязи растительности со средой и рассматривал особенности приемов статистической обработки материала. Проблеме взаимосвязи растительности со средой, раскрытой математическими методами, посвящена также работа Ю. И. Самойлова (1970) «Опыт количественного анализа соответствия мозаики растительности и среды на пойменных лугах». Во многих работах Б. М. Миркина индикаторным видам, выявленным методами статистики, отводится решающая роль при экологических исследованиях и классификации луговой растительности. Б. М. Миркин считает, что виды-детерминанты, выявленные методами статистики, несут наибольшую индикаторную нагрузку, дают наиболее высокую информацию об условиях среды и служат поэтому верными индикаторами этих условий. Применение математических методов в индикационной геоботанике завоевывает в настоящее время все большее место и становится почти обязательным.

Особое направление составляет геоботаническая индикация полезных ископаемых. Огромное значение для его развития имели работы знаменитого советского ученого В. И. Вернадского. Им были написаны классические работы по биогеохимии и создано учение о биосфере Земли.

Биогеохимическая концепция В. И. Вернадского, получившая широкое применение и дальнейшее развитие в трудах А. П. Виноградова, явилась научной основой, на которой можно было строить методы поисков рудных месторождений по видам растений, внутривидовым формам и тератам (внешним уродствам). Был создан биогеохимический метод поисков рудных месторождений, основанный на химическом анализе элементного состава золы растений, а также верхних слоев почвы. Зола растений бывает обогащена теми элементами, которые содержатся в ореоле рассеяния над рудной залежью. В монографии Д. П. Малюты (1963) имеются таблицы растений-индикаторов на различные элементы, с указанием универсальных и локальных индикаторов. Этому же вопросу посвящена работа Н. Г. Несветайловой (1970).

**2.5 ИНДИКАЦИОННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЗА РУБЕЖОМ**

Индикационная геоботаника в XX в. стала широко развиваться и за границей, что было связано в первую очередь с освоением новых земель, с изучением почв для сельскохозяйственных посевов и посадок, с качественной оценкой почв лугов и лесов, выявлением индикаторов эрозии почв, состояния пастбищ. Из зарубежных теоретических работ по геоботанической индикации следует назвать прежде всего сводку Ф. Е. Клементса (Clements, 1920, 1928). В ней раскрыты основы учения о растительных индикаторах. Почти в это же время выходит работа другого американского исследователя О. Е. Мейнцера (Меinzer, 1927), касающаяся особенностей гидроиндикации. О. Е. Мейнцером впервые была выделена группа растений-«насосов», корни которых доходят до уровня грунтовых вод, названная им «фреатофитами». Группа фреатофитов широко используется в индикационных исследованиях. В 1939 г. выходит в свет работа А. В. Семпсона (Sampson, 1939) «О растительных индикаторах различных местообитаний», внесшая значительный вклад в развитие индикационной геоботаники. В 1929 г. О. В. Линстов опубликовал сводку, посвященную индикации горных пород и полезных ископаемых. В Швейцарии публикуются работы А. Крюденера (Krudener, 1951), а ранее - Атлас растений - указателей местообитаний, составленный А. Крюденером и А. Беккером (Krudener, Becker, 1942), где собраны многочисленные растения-индикаторы литологического состава грунтов, уровня грунтовых вод. В Атласе приведены рисунки, фотографии и указаны опознавательные признаки растений-индикаторов. X. Элленбергом (Ellenberg, 1952) составлена шкала оценки лугов и пастбищ по растениям-индикаторам, приведенная в книге о лугах и пастбищах с оценкой их местообитаний. В этом же году выходит работа Т. Робинсона, где широко используются растения-фреатофиты в гидрогеологии. Использованию растений-индикаторов в геологии посвящены также работы Л. Сикоры (Sycora, 1959). В настоящее время индикационные работы в различных странах расширяются и охватывают все глубже различные природные объекты. Исследования проводятся во Франции, Швеции, Норвегии, Бельгии, Дании,. Финляндии, Китае, Они начаты также в таких странах, где ранее не производились, - в Заире, Индии, Зимбабве, Аргентине.

В настоящее время в индикационной геоботанике как у нас, в СССР, так и за рубежом возникло новое перспективное направление, связанное с использованием и дешифрированием аэрофотокосмоматериалов.

**ГЛАВА 3**

**ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИНДИКАЦИОННОЙ ГЕОБОТАНИКИ**

**ВЗАИМОСВЯЗЬ ЯВЛЕНИИ И ПРОЦЕССОВ В ПРИРОДЕ**

Теоретической основой индикационной геоботаники служит концепция связи и взаимозависимости всех явлений и процессов в природе, представляющая собой одно из проявлений того учения о всеобщих взаимосвязях, которое составляет существенную. особенность диалектического материализма. В области естествознания эта концепция с наибольшей полнотой и силой выражена в трудах В. В. Докучаева, В. И. Вернадского, ЩЛ.. С. Берга, В. Н. Сукачева. На основе представлений о всеобщих природных взаимосвязях возникли новые отрасли науки: ландшафтоведение (учение о природно-территориальных ком-рлплексах), биогеоценология (учение о биогеоценозах), экология (учение о живых системах в их взаимодействии со средой). Все эти науки исходят из признания существования некоторых природных систем, слагающихся из взаимосвязанных компонентов.

Представления о существовании природных взаимосвязей сказались в наиболее полном выражении в учении о геосферах, т. е. концентрических сферах, слагающих Землю, и в особенности в учении о биосфере, разработанном В. И. Вернадским. Под биосферой подразумевается та из геосфер, в которой благодаря деятельности живых организмов преобразуется космическая энергия, протекают биогеохимические процессы и существуют значительные массы веществ биогенного происхождения. Растительному покрову принадлежит в биосфере важная роль. Поэтому Е. М. Лавренко выделил внутри биосферы фитогеосфepy, которая образована сообществами растений и теми частями соседних сфер (атмосферы, гидросферы и литосферы), которые находятся под влиянием растительного покрова: в качестве синонима употребляется еще термин биогеосфера (Дылис, 1978).

Хотя каждая из названных наук (ландшафтоведение, биогеоценология, экология) характеризуется своеобразным способом рассмотрения природных систем и специфическими методами их изучения, но все они признают существование теснейшей связи всех явлений и процессов в биосфере. Все они в равной мере создают теоретическую основу для того, чтобы, наблюдая один из компонентов системы, а именно растительность, и зная характер его связи с прочими компонентами, пытаться определить последние как в их статике, так и в динамике, т. е. производить индикационные исследования.

**3.1 ЛАНДШАФТЫ, ЭКОСИСТЕМЫ И БИОГЕОЦЕНОЗЫ И ИХ ЗНАЧЕНИЕ ДЛЯ ИНДИКАЦИИ**

Одной из наиболее всеобъемлющих концепций природных систем является представление о ***природно-территориальном комплексе*** (ПТК). ПТК включает в себя все природные явления и процессы, протекающие в соответствующих генетически однородных участках биосферы. На местности при полевых исследованиях ПТК опознаются как отдельные обособленные участки, отличающиеся друг от друга по своему внешнему облику, зависящему в первую очередь от рельефа и растительности, а также от характера гидросети и от последствий деятельности человека. В число компонентов ПТК входят климат, литогенная основа (горные породы, тектонические и гидрогеологические условия территории ПТК), поверхностные воды, рельеф, почва, растительный покров, животный мир и деятельность человека. Все компоненты постоянно взаимодействуют, а также подвергаются воздействиям из соседних ПТК. Поэтому каждый ПТК охвачен разнообразными протекающими в нем процессами. ПТК - понятие общее, не связанное с определенным рангом, и поэтому к самостоятельным ПТК могут быть отнесены комплексы разной степени сложности, выраженные как на больших, так и на малых площадях.

Единой таксономической системы ПТК пока не существует. Наиболее близок к воззрениям геоботаников типологический подход к ней. Основным понятием при этом является ландшафт. Площадь распространения ландшафта представляет собой ландшафтную типологическую единицу, а любая часть ее является конкретным участком ландшафта. Таким образом, здесь наблюдается определенное сходство с типологическим пониманием формаций и ассоциаций в геоботанике и рассмотрением отдельных конкретных элементов растительного покрова как участков этих типологических единиц.

Ландшафты классифицируются с выделением классов, типов, подтипов, групп и видов. Например, различают классы горных и равнинных ландшафтов. В пределах равнинных ландшафтов Н. А. Гвоздецкий (1979) различает 17 типов; о масштабе их может дать представление перечень некоторых из них.

Так, существуют типы: арктический пустынный, тундровый, лесотундровый, лесной умеренного пояса, лесной субтропический,. лесостепной умеренного пояса, степной и т. д. Наиболее характерным внешним признаком их является тип растительности. Геоботанические и экологические характеристики широко используются и при разделении типов яа подтипы, подтипов - на группы и далее на виды. Наиболее мелкие подразделения типологической классификации ландшафтов - микроландшафты и слагающие их элементарные ландшафты; внешними признаками их являются сочетания определенных форм микрорельефа, или нанорельефа с группами ассоциаций или ассоциациями. В практике индикационных исследований наиболее часто приходится иметь дело с микроландшафтами и элементарными ландшафтами.

Терминология, применяемая в ландшафтоведении, довольно неоднородна, и близкие понятия получают у разных исследователей разные наименования. Так, Б. В. Сочава называет любой природно-территориальный комплекс геосистемой, а фацию или элементарный ландшафт отождествляет с биогеоценозом.

Все рассмотренные типологические подразделения природных систем имеют преимущественно комплексное физико-географическое значение и применяются в ландшафтоведении. В экологии возникло несколько иное, более биологическое понятие об экосистеме. Экосистема - это сообщество и его среда, взятые как единое целое (Уиттекер, 1980). Если в концепции ландшафта утверждалась равнозначность компонентов ландшафта, то в экосистеме центральное, определяющее место занимает сообщество. Однако и здесь подчеркивается неразрывная связь сообщества и среды. Этим же комплексным подходом проникнуто понятие биогеоценоза, под которым подразумевается элементарная часть биосферы, образуемая биоценозом и взаимодействующей с ним средой (рис. 1). По определению В. Н. Сукачева, биогеоценоз - «совокупность на известном протяжении земной поверхности однородных природных явлений (атмосферы, горной породы, растительности, животного мира и мира микроорганизмов, почвы и гидрологических условий), имеющая свою особую специфику взаимодействий этих слагающих ее компонентов и определенный тип обмена веществом и энергией их между собой и с другими явлениями природы...» (Сукачев, 1964). Границы биогеоценоза совпадают с границами фитоценоза, входящего в него.

рис. 1. Схема состава и взаимодействия компонентов биогеоценоза по В.Н.Сукачеву

Вполне очевидно то, что все перечисленные понятия отражают одну общую идею взаимосвязи в природе. Индикация является одним из частных практических ее приложений.

**3.2 ИНДИКАЦИОННОЕ ЛАНДШАФТОВЕДЕНИЕ И ИНДИКАЦИОННАЯ ГЕОБОТАНИКА**

Все компоненты ландшафтов находятся в тесном взаимодействии, но роль их при этом различна. Климат и литогенная основа (а иногда и деятельность человека) - ведущие компоненты, в значительной мере определяющие возникновение форм рельефа, почв, растительных сообществ и животного мира. При этом ведущие компоненты, несмотря на свое определяющее значение, все же подвергаются известному воздействию со стороны других компонентов, среди которых особенно активна растительность, влияющая и на климат и на геохимические процессы. Например, изменение уровня залегания грунтовых вод при уничтожении лесов, закрепление песков облесением, осушительные и оросительные мелиорации.

С точки зрения доступности для исследований и для аэрофотографирования все компоненты ландшафта могут быть разделены на физиономические (легко доступные для наблюдения и аэрофотографирования) и деципиентные (труднодоступные для визуального наблюдения и аэрофотографирования). Главнейшими физиономическими компонентами являются рельеф и растительность. В ландшафтах, сильно измененных человеком, обычно физиономичны еще и следы его деятельности. Часто оказываются физиономическими компонентами реки, ручьи, озера, ледники, снежники, а также участки почвы, лишенные растительности; в немногих случаях (главным образом в высокогорьях) физиономичны выходы горных пород. Ведущие компоненты - климат и литогенная основа - обычно деципиентны. Тесная связь тех и других компонентов позволяет поставить задачу определения деципиентных компонентов по физиономи-ческим. Эту задачу решает один из разделов учения о ландшафте - индикационное ландшафтоведение.

С позиций индикационного ландшафтоведения любой ландшафт может быть рассмотрен как ярусная система. Верхний ярус ее (называемый обычно эктоярусом) образован физионо-мическими компонентами, участками открытой почвы, поверхностью водоемов и следами деятельности человека. Эктоярус может быть беспрепятственно наблюдаем при маршрутных исследованиях и изображается на аэрофотоснимках. Цель ландшафтно-индикационных исследований - использование эктояруса для познания различных деципиентных компонентов и в первую очередь почв, горных пород и подземных вод. Среди физиономических компонентов, используемых при индикации, различают частные и комплексные индикаторы. К частным относятся геоморфологические (формы рельефа), геоботанические (фитоценозы, виды и индикаторные группы видов растений), почвенные (поверхность почвы, лишенная растений, и покрывающие ее образования, например соляные коры), гидрологические (поверхность открытых вод) и антропогенные. Комплексными индикаторами являются эктоярусы ландшафтов в целом или сочетания частных индикаторов друг с другом.

Характер эктоярусов ландшафтов различен. Выделяют орофизиономические ландшафты, где внешний облик ландшафта определяется преимущественно рельефом (обнаженные участки высокогорий, незакрепленные пески и др.), фитофизиономические, где наиболее заметен растительный покров (леса, болота, равнинные тундры и др.), педофизиономические (солончаковые пустыни) и ландшафты с комплексной физиономичностью, где облик местности определяется сочетанием разных компонентов (чаще всего рельефом и растительностью). Объектами индикационных геоботанических исследований является преимущественно последняя группа ландшафтов, а также и фитофизионо-мические ландшафты.

Таким образом, индикационная геоботаника оказывается тесно связанной с индикационным ландшафтоведением в первую очередь там, где растительности принадлежит значительная роль во внешнем облике территории. Однако и там, где преобладает влияние других компонентов, растительность имеет исключительно большое индикационное значение ввиду чуткости своей реакции на условия среды и заметности на аэрофотоснимке. Так, в барханных песках пустынь, лишенных сплошного растительного покрова, появление мелких разобщенных трупп влаголюбивых растений в котловинах выдувания является надежным показателем присутствия под песками локальных скоплений инфильтрационных и конденсационных вод.

Использование геоботанических показателей помогает индикационному анализу ландшафта. С другой стороны, ландшафтный подход к истолкованию геоботанических данных оказывается полезен для индикационной геоботаники, позволяя рассматривать растительность в связи со всеми факторами окружающей среды, а также привлекая различные частные и комплексные индикаторы для уточнения дешифрирования растительности на аэрофотоснимках. Поэтому и индикационное ландшафтоведение в свою очередь благоприятно влияет на индикационную геоботанику. Не сливаясь полностью друг с другом, но находясь в тесной связи, эти два направления несколько разными путями идут к одной цели, а именно к раскрытию труднонаблюдаемых природных условий через внешний облик. местности. В практике индикационных исследований в поле разделение ландшафтной и геоботанической индикации часто затруднительно. Это особенно проявляется в анализе аэрофотоснимков, при котором не всегда удается отделить дешифровочное значение растительности от роли рельефа и других компонентов. Поэтому исследователю, занимающемуся геоботанической индикацией, необходимо знакомство с основами индикационного ландшафтоведения.

В настоящее время индикационная геоботаника и индикационное ландшафтоведение все более сближаются друг с другом. Этот процесс развивается на базе широкого применения аэрометодов и космофотосъемки (сочетание которых часто обозначается как аэрокосмические методы) - двух мощных средств изучения Земли. В трудах по индикационному ландашфтоведению и по дешифрированию космофотоснимков (Виноградов, 1976) одно из наиболее важных мест уделяется анализу растительности. Таким образом, практика геоботанической индикации расширяется и становится все более многоплановой.

**3.3 ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ГРУППЫ РАСТЕНИИ**

В экологии и географии растений накоплен огромный материал о связи отдельных видов с определенными условиями. местообитаний. Учение об этих связях составляет в экологии особый раздел - аутэкологию (экологию организмов). Различные исследователи пытались систематизировать эти данные, причем одни из них создавали стройные классификации, другие - описывали лишь отдельные элементы их. В итоге всех этих работ сложилось представление о тяготении тех или иных видов к определенным факторам среды. Так возникли воззрения о существовании экологических групп растений. Единой общепринятой классификации их пока нет. Однако выделение этих групп представляет значительный интерес для индикационной геоботаники, поскольку в них сконцентрирован млого-летний опыт экологических и геоботаняческих исследований. Ниже перечисляются некоторые из экологических групп, которые наиболее широко используются в индикационных исследованиях. Более подробные сведения об экологических группах следует искать в пособиях по экологии (Горышина, 1979; Одум, 1975; Культиасов, 1982).

По отношению к суммарной оценке условий увлажнения выделяются ***ксерофиты, мезофиты, гигрофиты, гидрофиты***. Первые связаны с засушливыми местообитаниями, вторые - с умеренно увлажненными, третьи - с избыточно увлажненными, последние - с мелководьями. Между группами существуют многочисленные переходы. Данные группы могут быть использованы для ориентировочного разделения территории по засушливости, но источники последней в этой классификации не учитываются и могут зависеть в одних случаях от положения уровня грунтовых вод, в других - от количества осадков или от фильтрационных свойств почв и подстилающих пород. Известны случаи, когда к ксерофитам могут быть отнесены виды, растущие при значительной увлажненности почвы; это имеет место, например, на верховых болотах, где влага имеется в избытке, но усвоение ее растениями затруднено вследствие высокой концентрации в ней органических веществ. Кроме того, ксерофильность и гигрофильность различных видов зависят от лх особенностей, обусловливающих связь их с определенными местообитаниями. Некоторые из этих особенностей заметны во внешнем облике растения, другие же имеют чисто физиологический характер и в поле не могут быть замечены. Поэтому использование таких групп при гидроиндикации малоэффективно.

Более применима для гидроиндикационных целей классификация видов по отношению к грунтовому увлажнению. В ней выделяются:

- ***фреатофиты*** (растения, связанные с водоносными горизонтами, насыщенными подземными водами),

- ***омброфиты*** (растения, живущие за счет атмосферных осадков),

- ***трихогигрофиты*** (растения, связанные с капиллярной каймой грунтовых вод, находящейся в состоянии постоянной подвижности).

Среди фреатофитов выделяют облигатные и факультативные; последние довольно близки к трихогигрофитам.

Для фреатофитов характерно развитие глубоко проникающих корней и корневищ (у верблюжьей колючки - до 8 м, у древовидных форм черного саксаула - до 25, у среднеазиатских тамариксов - до 7, у тамариксов Северной, Африки - до 30, у чия - до 5 м).

Омброфиты имеют неглубокозалегающую, но сильно разветвленную корневую систему, способную улавливать осадки в большом объеме почвы; типичными представителями их являются эфемеры и эфемероиды пустынь.

Для трихогигрофитов типичны корневые системы универсального типа, сочетающие в себе черты фреатофитов и омброфитов. Эта система разработана впервые за рубежом Мейнцером, а в СССР применена и уточнена (преимущественно для аридных регионов) И. Н. Бей.деман, Е. А. Востоковой, В. А. Приклонским. Ими же выявлены наиболее распространенные виды, относящиеся к каждой из групп.

По отношению к механическому составу почв и подстилающих пород различают:

- ***псаммофиты*** (растения песков),

- ***пелитофиты*** (растения глинистых субстратов),

- ***алевритофиты*** (растения суглинистых и супесчаных субстратов),

- ***хасмофиты*** (растения щебнистых субстратов),

- ***петрофиты***, или литофиты (растения плотных скальных пород).

Среди псаммофитоввыделяюттруппу пионеров, тяготеющих к перевеваемым, незакрепленным пескам и обладающих способностью создавать очаги закрепления. Для них часто отмечается в качестве характерного физиономического признака развитие мощной приповерхностной системы шнуровидных подземных органов, приспособленных к существованию в подвижном песчаном субстрате и способных длительно находиться на поверхности развеваемого песка.

Выделение экологических групп по отношению к содержанию в почве различных соединений довольно сложно, здесь существует несколько классификационных схем. Так, по отношению к засолению различают две крупные и довольно неопределенные группы:

- ***галофиты*** (обитатели засоленных почв) и

- ***гликофиты*** (все прочие виды, живущие на почвах, лишенных избытка солей).

Группу галофитов делят на подгруппы, пользуясь несколькими различными принципами. Так, по господству определенных ионов выделяют *галофиты хлоридных почв* (обитающие на субстратах с господством поваренной соли и иногда хлористого кальция) и *гипсофиты* (обитающие на субстратах с преобладанием сульфатно-кальциевого засоления). Физиономические особенности видов, относящихся к этим подгруппам, разнообразны и не дают оснований к их четкому опознаванию в поле; поэтому для полевых индикационных исследований необходимо знать, какие виды принадлежат непосредственно к каждой из групп.

Другой принцип разделения галофитов состоит в различении подгрупп видов, ***по-разному приспосабливающихся к избытку солей.*** С этой точки зрения выделяют следующие подгруппы; ***эугалофиты*** (типичные суккуленты), ***криногалофиты*** (растения, обладающие способностью выделять избыток солей в виде капелек рассола через особые железки; эту подгруппу иногда называют «фильтрующими галофитами»), ***гликогалофиты*** (растения, не имеющие внешних черт галоморфной структуры, но способные жить на засоленных субстратах за счет так называемого «корневого барьера», т. е. системы анатомических и физиологических приспособлений, защищающих растение от поступления в него солей).

Н. И. Акжигитова (1982) по степени галотолерантности обосабливает следующие группы галофитов: ***гипергалофиты***, связанные с субстратами, где сумма солей в корнеобитаемом слое превышает 2,3% (сюда принадлежат солерос, сарсазан, поташники, соляноколосник каспийский и другие крайние суккуленты); ***эугалофиты*** (содержание солей колеблется от 1,8 до 2,3%); ***гемигалофиты*** (засоленность субстрата лежит в пределах от 1,3 до 1,8%) и ***галогликофиты*** (сумма солей в корнеобитаемом горизонте менее 1,3%). Первые две группы хорошо различимы в поле.

По отношению к кислотности почвы выделяют следующие четыре группы:

- ***ацидофиты*** (обитатели кислых субстратов) (Ацидофиты называются иногда оксилофитами),

- ***базифилы*** (обитатели щелочных субстратов),

- ***нейтрофилы*** (обитатели субстратов с реакцией, близкой к нейтральной) и

- ***индифферентные виды***, живущие в широком диапазоне кислотности. Характерных физиономических особенностей эти группы не имеют, и при пользовании ими в индикационных целях необходимо знать принадлежность вида к определенной группе. Та же классификация излагается иногда с применением иных терминов, причем за основу берется отношение видов к кальцию (преимущественно к его карбонатам). Базифилы при этом именуются кальциефилами, ацидофилы - кальциефобами. Известны и другие экологические группы (азотолюбивые растения, виды, связанные с избытком меди, цинка и др.).

**3.4 ИНДИКАЦИОННЫЕ ФУНКЦИИ ВИДОВ И СООБЩЕСТВ**

Под индикационными функциями видов и сообществ следует понимать их способность быть индикаторами, а также возможность практического использования этой способности для решения прикладных задач. Выше было показано, что виды растений могут быть объединены в экологические группы, по которым можно судить об условиях их местообитания. Поэтому бесспорно, что индикация с использованием видов растений является важной формой оценки природных условий. В ряде индикационных справочников наибольшее внимание уделяется индикационному значению видов. Особенно часто это делается в пособиях, рассчитанных на использование их не. геоботаниками, а специалистами смежных наук (почвоведами, геологами), для которых распознавание отдельных видов при массовом произрастании и индикационное прикладное использование их проще и легче, чем выделение сообществ.

Использвание видов как индикаторов представляет интерес еще и в том отношении, что позволяет применить в индикационных исследованиях концепцию континуума, т. е. рассмотрение растительного покрова как некоторого непрерывного целого, изменяющегося в пространстве постепенно, без резких границ между его частями. Сущность этой концепции формулирует Р. Уиттекер (1980): «Широкие перекрытия экологических амплитуд и рассредоточенность центров распределения популяций вдоль градиента среды приводят к тому, что большинство сообществ непрерывно переходит одно в другое, и это случается гораздо чаще, чем образование определенных, ясно отграниченных друг от друга сообществ». Воззрения на растительный покров как на континуум разделялись многими выдающимися геоботаниками и особенно отстаивались Л. Г. Раменским.

В геоботанических индикационных исследованиях к этой точке зрения полезно обращаться, когда возникает необходимость производства работ с очень большой детальностью, требующей индикации весьма малых, слабозаметных изменений того или иного фактора. Чаще всего это имеет место при крупномасштабных работах на небольших площадях. Исключительно большое значение получает индикация по видам при выделении ореолов рассеяния определенных химических элементов и их соединений в связи с поисками полезных ископаемых и изучением загрязнения окружающей среды. Здесь индикаторами часто становятся не только ъиды, а даже более мелкие таксоны. Кроме того, необходимо отметить, что существуют некоторые типы растительности, для которых индикационная интерпретация концепции континуума дает большой практический эффект. Таковыми, например, являются луга. Поэтому, видимо, не случайным является то, что именно исследователи, уделявшие много внимания лугам (Л. Г. Раменский, Б. М. Миркин, Г. С. Розенберг), наиболее полно развили эту точку зрения на растительный покров.

Более распространенными в практике являются исследования, основанные на индикационных функциях сообществ. Необходимо подчеркнуть, что резкого противопоставления между индикацией по видам и индикацией по сообществам нет. При выделении сообществ в природе одним из важнейших признаков является присутствие определенных видов, наиболее обильных и имеющих наибольшее значение в становлении и развитии сообщества (доминантов и эдификаторов). Преобладание среди них видов, относящихся к той или иной экологической группе, в большей мере определяет индикационное значение данного фитоценоза. Поэтому изучение экологии видов в равной мере необходимо с позиций как теории континуума, так и дискретного. строения растительности. Однако если сравнить эти два близких, но не вполне совпадающих направления индикации, то можно сформулировать следующие выводы.

1. Присутствие того или иного вида на определенном участке может быть закономерным, четко экологически обусловленным, но может быть и случайным, зависящим от эпизодического заноса (особенно при малых степенях обилия вида); присутствие сообщества всегда является закономерным, так как фитоценоз возникает вследствие длительного исторического развития.

2. Распределение видов хотя и связано с рельефом, почвами и прочими компонентами ландшафта, но в силу конкурентных взаимоотношений и эпизодических заносов может существенно отклоняться от этой связи, приобретая относительную самостоятельность; связь сообществ со всеми компонентами ландшафта значительно жестче.

Некоторые экологи, например Р. Уиттекер (1980), начав свои теоретические построения с констатации существования континуума, при переходе к решению практических задач приходят к представлениям о том, что «континуум разбит на типы», т. е. возвращаются, с известными оговорками, к представлениям о дискретности растительности. Эту точку зрения разделяет и Б. М. Миркин (1985).

**3.5 ОЦЕНКА СОПРЯЖЕННОСТИ ИНДИКАТОРОВ И ИНДИКАТОВ**

Чтобы индикатор мог рассматриваться как таковой, он должен встречаться чаще при наличии индиката, чем без него. Однако эта сопряженность может быть различной. Количественным выражением сопряженности индикатора и индиката является достоверность индикатора. Простейшим, но не очень точным способом определения достоверности индикатора применительно к какому-либо региону является следующий. На разных участках исследуемого сообщества в пределах данного региона производится описание пробных площадок, делаются почвенные разрезы, отбираются пробы почв, производится неглубокое бурение до грунтовых вод, отбираются и анализируются их образцы, а также и образцы материнских почвообра-зующих пород и грунтовых вод. Путем статистической обработки полученного материала определяется достоверность индикационного значения сообщества. Для этого необходимо, чтобы число изученных площадок было достаточно велико.

Если индикационное значение сообщества определяется впервые, то желательно иметь не менее пятидесяти описаний с разрезами и с пробами почв и вод. Если же производится проверка уже известного индикатора, то число описаний может быть сокращено до 5-10. Для оценки достоверности индикаторов существует много различных шкал. Одна из наиболее простых и распространенных шкал приводится в табл. 1. Оценки достоверности даются в ней на основе процентного соотношения случаев, в которых исследуемый индикатор и индикат встречены совместно, и тех, когда индикатор встречен без индиката; общее число исследованных пробных площадок принимается за 100%.

Таблица 1

**Шкала достоверности индикаторов**

|  |  |
| --- | --- |
| Общее число пробных площадок (%) | Степень достоверности |
| с сопряжением индикатора и индиката | без сопряжения индикатора и индиката |
| 100 | 0 | наивысшая (абсолютный индикатор) |
| Более 90 | менее 10 | высокая (верный индикатор) |
| От 75 до 90 | от 10 до 25 | достаточная (удовлетворительный ни дикатор) |
| От 60 до 75 | от 25 до 40 | низкая (сомнительный индикатор) |
| Менее 60 | более 40 | ничтожная (индикация невозможна) |

Абсолютные индикаторы редки. Следует пользоваться индикаторами, имеющими высокую и достаточную степень достоверности. Сопряженность индикаторов с различными индиката-ми должна определяться независимо, обособленно для каждого из индикатов, так как сообщество, не обнаружившее связи с одним индикатом, может иметь очень прочную связь с другим (например, фреатофиты, индифферентные к почвенным условиям, имеют четкую связь с глубиной залегания и минерализацией грунтовых вод).

Если значение индикатора определяется впервые и собранный материал достаточно велик (причем сбор его производился путем случайного выбора площадок, не связанных ни с определенным сообществом, ни с определенным индикатом), то целесообразно применить более точные методы обработки полученных данных, с вычислением различных коэффициентов сопряженности, отражающих надежность связи растения и среды. Подробно эти коэффициенты рассмотрены в трудах уфимских геоботаников, показавших перспективность количественного подхода к индикационным обобщениям (Миркин, Розен-берг, 1978; Миркин, 1985). Практическое осуществление подобных исследований осложняется трудностью получения массового материала, характеризующего индикат (трудоемкость большого количества шурфовочных и буровых работ и большого числа анализов).

Для многих растительных сообществ индикационное значение уже определено, и сведения о них внесены в специальные индикационные справочники (см. гл. 2). Для этих справочников выбраны индикаторы, обладающие высокой и достаточной достоверностью.

Достоверность не определяет полностью практическую ценность индикатора. Важным является и то, насколько часто встречается индикатор в пределах площади, на которой присутствует индикат. Эта характеристика называется значимостью индикатора. Индикаторы, обладающие высокой достоверностью, могут иметь очень малую значимость, если они встречаются редко. Для ориентировочной оценки значимости применима следующая шкал (табл. 2).

Таблица 2

**Шкала значимости индикаторов**

|  |  |
| --- | --- |
| Частота встреч индикатора в пределах площади, занятой индикатом (% от исследованных участков индиката) | значимость |
| 90-10075-9050-7510-50Менее 10 | ОтличнаяХорошаяНормальнаяНизкаяНичтожная |

 Достоверность и значимость - понятия не тождественные. При оценке достоверности (см. табл. 1) исходят из суммы участков, на которых зафиксирован индикатор, и определяют процент участков, на которых он сопряжен с индикатом. При определении же значимости (см. табл. 2) за целое принимается сумма изученных участков индиката и определяется частота встреч индикатора в их пределах. Для практического применения индикаторов надо знать и достоверность и значимость их.

**3.6 СЕРИИ ФИТОЦЕНОЗОВ КАК ИНДИКАТОРЫ ПРОЦЕССОВ**

Объектами индикации (индикатами) могут быть не только почвы, горные породы, подземные воды, но и различные процессы. Индикаторами процессов являются эколого-генетиче-ские ряды фитоценозов, т. е. пространственные ряды, в которых растительные сообщества располагаются рядом друг с другом в той последовательности, в какой они сменяются во времени в соответствии с изменениями среды. Таким образом, эколого-генетический ряд представляет собой серию сообществ (или часть серии), развернутую в пространстве (под серией при этом понимается последовательная смена сообществ во времени, вызванная одной сукцессией). Для этих рядов характерна генетическая связь между их членами. Примерами эколого-генетических рядов могут служить пояса, создаваемые растительностью в обсыхающих и зарастающих водоемах или на поверхности пород, разрушаемых выветриванием. По представлениям С. В. Викторова (1955), в пределах «поля породы», т. е. площади, однородной по своим литологическим условиям, в зависимости от хода процесса выветривания и почвообразования развивается серия фитоценозов, которые, несмотря на ряд различий, имеют известную флористическую общность и постепенно эволюционируют друг в друга так, что вся растительность «поля породы» образует единую взаимосвязанную систему. Это один из примеров развития эколого-генетического ряда.

В растительном покрове существует огромное число экологических рядов растительных сообществ. Среди них есть как эколого-генетические ряды, так и такие, в которых члены ряда не имеют никакой генетической связи друг с другом. ***Эколого-генетические ряды различаются по следующим двум признакам:***

1) плавность переходов соседних фитоценозов,

2) наличие экологических реликтов в граничащих друг с другом участках сообществ.

Под плавностью перехода подразумеваются некоторая неопределенность границ между соседними участками сообществ и постепенность смены сообществ в пространстве. Однако этот признак не является решающим, так как встречаются случаи, когда участки сообществ не имеют генетической связи друг с другом, но и не обладают четкими границами. Более надежным признаком служат экологические реликты. Это отдельные виды, или отдельные синузии, или целые микроценозы, существующие в виде мелких вкраплений в фон сообщества, занимающего данный участок в настоящее время, но являющиеся остатками фитоценоза, существовавшего здесь ранее.

Поскольку в эколого-генетических рядах участки сообществ, сменяющих друг друга, лежат рядом, то на более раннем отрезке ряда определенное сообщество представлено сплошным участком, а на более позднем - от него сохранились только разрозненные фрагменты, являющиеся экологическими реликтами. Например, в обсыхающем водоеме на мелководье могут быть сплошные заросли тростника и камыша, а там, где воды уже нет и сформировался осоковый кочкарник, среди него встречаются только небольшие тростниковые и камышовые участки, указывающие на присутствие здесь в прошлом мелководья с прибрежно-водными макрофитами. Заметить экологические реликты иногда довольно трудно. Поэтому для обнаружения эколого-генетических рядов целесообразно сначала обращать внимание на плавность границ (так как она более заметна), а позже уточнять первоначальные представления по наличию экологических реликтов.

В полевых условиях различные эколого-генетические ряды встречаются в виде комплексов, элементы которых имеют плавные границы и характеризуются присутствием экологических реликтов. Особенно важны так называемые «циклические комплексы» (Павлов, 1931), т. е. такие, в которых на соседствующих элементах комплекса встречаются экологические реликты, противоположные по характеру своей связи со средой (например, реликты-ксерофиты и реликты-гигрофиты). Это свидетельствует об обратимости процессов, протекающих в пределах данного комплекса, и о циклической нестабильности экологических условий.

Эколого-генетические ряды используются для индикации различных процессов. Наиболее важно обнаружить самые ранние стадии процессов, когда они еще не очень хорошо заметны на местности. Растительность обладает необычайной чуткостью реакции на изменение экологических условий и поэтому становится индикатором любой перестройки в природной обстановке, когда другие компоненты ландшафта еще не указывают на нее. В практике полевых индикационно-геоботанических исследований эколого-генетические ряды применяются наиболее часто для определения различных стадий процессов выветривания горных пород и почвообразования, заболачивания, засоления, карстовых, оползневых, селевых процессов, а также различных изменений ландшафта, вызванных деятельностью человека.

Когда исследования ведутся с применением аэрометодов, целесообразно использовать для индикации не эколого-генетические ряды фитоценозов, а ряды природно-территориальных комплексов. Члены ряда в этом случае различаются не только по растительности, но и по другим физиономическим компонентам ландшафта и в особенности по рельефу. Такие ряды именуются ландшафтно-генетическими и по существу сходны с рассмотренными выше.

**3.7 РЕГИОНАЛЬНЫЙ ХАРАКТЕР ИНДИКАЦИИ И ЭКСТРАПОЛЯЦИЯ ИНДИКАТОРОВ**

Большинство индикационных связей и закономерностей имеет региональный характер, т. е. проявляется в какой-либо определенной группе регионов (или, реже, в одном регионе). В гл. 1 уже указывалось, что эта особенность индикаторов приводит к делению их на панареальные, региональные и локальные. Проведение специальных геоботанических индикационных исследований отдельно для каждого природного региона практически нецелесообразно, так как связано с большими непроизводительными затратами. Поэтому возникает задача ***экстраполяции индикационных данных***, т. е. распространения их с изученных территорий на аналогичные по физико-географическим условиям, не подвергнутые специальным исследованиям или недоступные для них. Экстраполяция может быть различной по двум основным показателям: дальности и полноте. Под дальностью экстраполяции Е. В. Виноградов понимает расстояние, на которое индикатор может быть распространен с той территории, где он выявлен, на непосещенные исследователем районы. По степени дальности он различает ряд видов экстраполяции.

1. ***Внутриконтурная экстраполяция***, т. е. распространение значения индикатора с тех точек описания, на которых он был выявлен, на весь контур данного сообщества и ближайшие прилежащие участки, занятые тем же фитоценозом; это простейшая операция, постоянно производимая при полевых индикационных исследованиях на основе установления границ участков одного и того же ценоза, лежащих вблизи от исследуемого участка.

2. ***Внутриландшафтная экстраполяция*** - распространение значения индикатора на все участки данного сообщества, лежащие внутри определенного ландшафта (причем удаление участков друг от друга может быть значительным); этот вид экстраполяции осуществляется обычно на основе дешифрирования аэрофотоснимков и, реже, путем наземной или аэровизуальной рекогносцировки территории.

3. ***Региональная экстраполяция***, т. е. распространение значения индикатора с одного региона, для которого он выявлен, на другие, более или менее сходные. В этом случае экстраполяция возможна лишь между ландшафтами-аналогами, степень сходства которых устанавливается путем анализа физико-географических, ландшафтных, геоботанических и почвенных карт изученного региона и регионов, на которые предполагается производить экстраполяцию, а также при использовании литературных данных.

4. ***Дальняя экстраполяция***, т. е. распространение значения индикатора из одних природных условий на другие, существенно отличные (из одной зоны в другую или с одного континента на другой). Производится она на основе анализа большого количества литературных данных и картографических материалов. Этот вид экстраполяции пока очень редок.

Изложенная классификация экстраполяции по дальности применяется чаще к растительным сообществам, но может быть использована и для отдельных видов. И в том и в другом случаях речь идет об экстраполяции определенных индикаторов. Н. Н. Преображенская предложила оценивать экстраполяцию по полноте. ***Полнота экстраполяции*** - это возможность распространения с одного района на другой всей суммы индикационно-геоботанических закономерностей или лишь какой-то части их. Таким образом, полнота является синтетической характеристикой, относимой не к отдельным индикаторам, а ко всей совокупности их в пределах определенного природного района. Этим она отличается по своему содержанию от дальности. Сумма индикационно-геоботанических закономерностей для какого-либо района выражается обычно сводной таблицей, в которой перечислены растительные индикаторы и определяемые по ним индикаты. Такая таблица называется *индикационной схемой* (о составлении их см. гл. 3). Полнота индикации, по Н. Н. Преображенской, оценивается тем, насколько может быть использована индикационная схема, составленная для одного района, за его пределами. При этом различаются:

а) область первоначальной констатации схемы (район, для которого она составлена); б) площадь допустимой экстраполяции, для которой схема сохраняет свое значение полностью; в) площадь условной экстраполяции, где большая часть схемы сохраняет свое значение, но уже существуют отдельные элементы ее, утрачивающие индикационную роль; г) площадь предельной условной экстраполяции, где большая часть схемы неприменима и свое значение сохраняют лишь немногие ее части.

Проблема экстраполяции индикаторов - одна из сложнейших в индикационной геоботанике. Исследована она еще недостаточно. Необходимо обратить внимание на некоторые условия, соблюдение которых необходимо при ее решении.

1. При осуществлении экстраполяционных построений надо четко определить предмет экстраполяции и ее цели и строго соблюдать принцип неизменности объема как объекта индикации, так и индикатора. Поэтому при изучении возможности экстраполяции геоботанических индикаторов целесообразно исследовать независимо друг от друга перспективы индикации почв, литоиндикации, гидроиндикации. Попытки комплексной оценки одного и того же индикатора одновременно в отношении разных индикатов трудно осуществимы и часто ведут к сшибкам. Эти соображения относятся к оценке как дальности, так и полноты экстраполяции.

2. При определении полноты экстраполяции индикационных схем следует иметь в виду, что площади экстраполяции индикационного значения ассоциаций и групп ассоциаций, входящих в индикационные схемы, очень различны. Это связано в первую очередь с различными размерами ареалов ассоциаций. В ряде случаев ареал ассоциации так мал, что может находиться в площади первоначальной констатации, и экстраполяция в силу этого невозможна. У ассоциаций, более распространенных в различных частях ареалов, может измениться их экология и сопряженность с объектом индикации, что связано с общеизвестными изменениями экологии видов в разных частях их ареалов. В целом связь вида с экологическими условиями несколько ослабевает в центре ареала я становится наиболее четкой на его границах. Следует считаться также с существованием у многих широко распространенных видов-эдификаторов фитоценозов мелких внутривидовых форм, являющихся объектами биосистематических исследований. Формы эти могут иметь известные различия в своих отношениях к окружающей среде.

3. Полнота экстраполяции в сильной степени зависит от соотношения объемов используемых единиц индикатора и объекта индикации. Чем определаннее индикат, чем большим числом характеристик мы его определяем, тем меньше размеры площадей экстраполяции. Аналогичные положения имеются и в отношении изменения объема единиц индикатора. Наиболее легко провести экстраполяцию, если имеет место значительная генерализация как индикатора, так и объекта индикации. Поэтому экстраполяция индикационных данных более уместна при мелко- и среднемасштабных исследованиях, чем при детальных.

При экстраполяции особенно отчетливо выступают связи между индикационной геоботаникой и ландшафтной индикацией. Как уже было отмечено, ландшафт является одним из показателей, определяющих возможность вида экстраполяции (внутриландшафтная экстраполяция) и приобретающих важное значение при другом ее виде (региональная экстраполяция по ландшафтам-аналогам). Но независимо от этого все виды экстраполяции осуществляются наиболее полно в тех случаях, когда используются не только растительные индикаторы, но и все прочие физиономические элементы внешнего облика территории. Отделение геоботанических, геоморфологи-'' ческнх, антропогенных и комплексных ландшафтных индикаторов друг от друга при региональной и дальней экстраполяции практически невозможно, и только внутриконтурная и внутриландшафтная экстраполяция допускает применение одних растительных индикаторов. Анализ ландшафтной структуры тер-ритерии позволяет заранее определять возможности региональной и дальней экстраполяции, еще до их осуществления. Это обеспечивается заблаговременной подготовкой карт ландшафтов-аналогов. Составление таких карт производится с широким использованием информации, доставляемой аэрофотоснимками и космофотоснимками. При этом большое значение придается сходству аэрофоторисунка у территориально разобщенных участков земной поверхности (А. Викторов, 1986).

**ГЛАВА 4 МЕТОДЫ ИНДИКАЦИОННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

Методы геоботанических исследований, производимых в индикационных целях, в основном соответствуют тем методам, которые изложены в общеизвестных руководствах («Полевая геоботаника», т. 1, 2, 1959, 1960). Однако особые задачи, стоящие перед индикацией, заставляют вносить в обычную геоботаническую методику некоторые специальные приемы. В частности, индикационные исследования характеризуются значительно более выраженной связью полевых геоботанических наблюдений с характеристикой экологических условий и поэтому большей частью сопровождаются известным числом разрезов, вскрывающих не только почвы, но и подпочвенные горизонты, и буровых скважин (ручного или механического бурения) для вскрытия неглубокозалегающих грунтовых вод. Производится отбор значительного числа проб почв, подпочв, горных пород и подземных вод для различных видов анализов. В связи с этими особенностями работ специалист по индикационной геоботанике должен быть в известной мере знаком не только с почвоведением, но и с основами грунтоведения, общей геологии, гидрогеологии и инженерной геологии, должен владеть методами чтения и интерпретации результатов анализов. Тесная связь индикационных исследований с аэрометодами требует от него знаний по дешифрированию аэрофотоснимков.

Чтобы использовать растительные индикаторы, следует или выявить их с помощью различных методов, или же воспользоваться уже выявленными индикаторами, сведения о которых сконцентрированы в каких-либо справочных источниках. После установления набора необходимых индикаторов, можно приступить к их использованию. Здесь возможны два пути. Один заключается в составлении особых индикационных карт. В легенде этих карт указывается значение каждого сообщества как индикатора условий, интересующих исследователя. Но путь этот довольно трудоемок, так как требует осуществления индикационных съемок, производимых специалистами-геоботаниками. Однако по достигаемым результатам он является одним из наиболее эффективных применений индикации. Другой путь более прост и заключается в применении индикаторов почвоведами, геологами, гидрогеологами в ходе их полевых маршрутов. Этот путь наиболее легок при наличии достаточно подробных индикационных справочников. Кроме того, его эффективность полностью зависит от того, насколько перечисленные специалисты знакомы с флорой и растительностью изучаемой ими территории. Таким образом, методы индикационных геоботанических исследований могут быть объединены в две группы.

**I. Методы выявления индикаторов:**

а) метод ключевых участков и экологических профилей,

б) метод эталонов,

в) метод ординации.

**II. Методы использования индикаторов:**

а) методы вспомогательного использования растительных индикаторов при маршрутных исследованиях, производимых почвоведами, географами, геологами, гидрогеологами, специалистами, работающими в области землеустройства, мелиорации, инженерно-геологических изысканий и охраны природы с помощью индикационных справочников;

б) методы индикационных съемок и составления специальных карт.

**4.1 ВЫЯВЛЕНИЕ ИНДИКАТОРОВ**

Единой общепринятой методики выявления индикаторов пока не существует. Из частных методик наибольшим распространением пользуются предложенная С. В. Викторовым, Е. А. Востоковой и Д. Д. Вышивкиным (довольно несложная, но дающая лишь ориентировочную оценку индикаторов) и изложенная в трудах Л. Г. Раменского, Б. М. Миркина, Г. С. Розенберга (более точная, но и более трудоемкая).

В настоящее время площадь территорий, для которых необходимо первичное выявление индикаторов, в пределах СССР сильно сократилась. Они сконцентрированы главным образом в высокогорьях, тундрах, пустынях, в сильно заболоченных районах. Однако при исследованиях, производимых в развивающихся странах, первичное выявление индикаторов используется очень широко. Оно применяется также и при поисках полезных ископаемых, так как растительные индикаторы их пока изучены недостаточно.

**4.2 МЕТОД КЛЮЧЕВЫХ УЧАСТКОВ И ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОФИЛЕЙ**

Метод ключевых участков применяется для первичного выявления индикаторов в тех случаях, когда в качестве инди-ката выступают природные объекты (или свойства их), имеющие сплошное повсеместное распространение, например почвы и горные породы. В этих случаях любое растительное сообщество обладает некоторой связью с этим объектом, и надо лишь

охарактеризовать степень определенности этой связи. Так, нельзя представить себе растительное сообщество, абсолютно независящее от почв, и вопрос об индикационной значимости его лишь сводится к выявлению обязательности его связи с определенной почвенной разностью и к оценке постоянства этой связи в пределах известной территории. Ключевым участком, по определению Д. Д. Вышивкнна (1977), является участок, характеризующий типичное, постоянно повторяющееся в данном районе сочетание нескольких растительных сообществ с типичными условиями рельефа, почв и других компонентов физико-географвдеской среды. Наилучшим способом выбора ключевых участков является выделение их путем дешифрирования аэрофотоснимков. Для этого при начале исследований, еще до выезда в поле, производится предварительное камеральное дешифрирование. При этом исследователь просматривает комплект аэрофотоснимков с изображением территории, для которой предполагается выявить индикаторы, и обводит тушью границы всех видимых на аэрофотоснимке контуров, различающихся по характеру аэрофотор"исунка. Таким образом уточняется, сколько типов аэрофоторисунков имеется на территории будущих работ, причем каждый тип аэрофоторисунка изображает собой определенное сообщество или комплекс сообществ.

Выбор ключевых участков производится с таким расчетом, чтобы на них были представлены в 3-5-кратной повторности все типы аэрофоторисунков. Обычно достичь этого путем выбора одного участка не удается, и поэтому избирают несколько участков. Практика показывает, что для площади одного листа карты масштаба 1: 100000 приходится выбирать не менее пяти участков, которые в сумме составляют около 20% площади работ. В своей совокупности эти участки являются как бы уменьшенной копией территории работ. Выбор ключевых участков по аэрофотоснимку обеспечивает их наибольшую типичность.

Если аэрофотоснимки отсутствуют, то выбор ключевых участков можно произвести по крупно- или среднемасштабным топографическим картам, используя указанные на них типы территорий (лесные насаждения, кустарниковые заросли, луга, болота, солончаки и др.). В каждом из таких типов следует выбирать от пяти до десяти участков, придавая им очертания узких длинных полос, пересекающих те контуры, внутри которых они выбираются. Однако надо иметь в виду, что даже и при соблюдении этих правил выбор ключевых участков по топографическим картам очень неточен и к нему можно прибегать лишь при полной невозможности получить аэрофотоснимки.

На ключевых участках производятся геоботанические описания на пробных площадях по методике, принятой в общей геоботанике для соответствующих объектов (лесов, лугов, песчаных массивов и др.). Пробными площадями должен быть охарактеризован каждый фитоценоз, встреченный на ключевом участке. На пробной площади или рядом с ней обязателен почвенный разрез, который описывается общепринятым методом по генетическим горизонтам с отбором проб. Если индикат - почвообразующая материнская порода или не глубоко залегающие грунтовые воды, то вскрытие их производится глубоким шурфом или скважиной ручного бурения с отбором проб для анализа. Кроме пробных площадей на ключевом участке описывается профиль, прокладываемый вкрест рельефа участка. Цапь этого профиля - отразить распределение сообществ по рельефу. Желательно составление глазомерного плана каждого ключевого участка.

Практика показывает, что даже при значительном сгущении ключевых участков некоторое число сообществ остается неохваченным ими. Чтобы снизить число подобных пропусков, а также для выявления экологических рядов фитоценозов изучаемая территория пересекается несколькими профилями. Они располагаются вкрест рельефа и по возможности соединяют ключевые участки друг с другом, как бы связывая их в единую систему. При работе на профилях участки тех растительных сообществ, которые были уже встречены на ключевых участках, описываются только в геоботаническом отношении. Те же сообщества, которые ранее не встречались, описываются с той же степенью детальности, как и на ключевом участке (с почвенным разрезом или скважиной ручного бурения). При профилировании особое внимание обращается на границы между сообществами, на присутствие между ними промежуточных переходных полос (экотонов). Профиль зарисовывается в соответствии с общими приемами геоботанического профилирования. В конечном счете на профиле отображаются рельеф (в определенном масштабе), растительность (обычно внемасштабными значками), почвы и подстилающие их породы, первый от поверхности горизонт подземных вод (при неглубоком их залегании). Ниже линии профиля под отрезками, отвечающими определенным растительным сообществам, вычерчиваются после получения результатов почвенных и гидрохимических анализов диаграммы, отражающие свойства почв, горных пород и подземных вод.

В камеральный период, после того как все отобранные образны проанализированы, весь собранный материал подвергается заключительной обработке. Для этого все геоботанические описания группируются по сообществам, к которым они относятся (ассоциациям, группам ассоциаций и т. д.). Такой же группировке подвергаются все данные анализов почв, горных пород и подземных вод. Число описаний, сопровождаемых анализами, для одного и того же сообщества с использованием всех данных, полученных на ключевых участках и профилях, при первичном выявлении индикаторов должно быть не менее 50; желательно, чтобы оно было более значительным. Для каждого сообщества вычисляются основные характеристики его значения как индикатора - достоверность, значимость в отношении к определенному -индикату. В итоге составляется сводная таблица, называемая индикационной схемой. В ней растительные сообщества располагаются в определенном порядке. В основу этого порядка может быть положена классификация сообществ или же какие-либо градации исследуемого индиката (например, степень или тип засоления почв и т. д.). Против каждого сообщества в соответствующих графах указываются характеризующие его показатели, те условия почв и пород, на которые он указывает, и его итоговая оценка.

**4.3 МЕТОД ЭТАЛОНОВ**

Часто приходится встречаться со случаями, когда индикат обладает прерывистым распространением, особенно если речь идет о поисках полезных ископаемых. Наиболее эффективной при подобных исследованиях оказывается та модификация ключевого метода, которая называется методом эталонов. Сущность ее заключается в том, что ключевые участки избираются в тех точках, где индикат заведомо присутствует. Эти ключевые участки называются эталонами. В этих точках производятся подробные описания растительности и путем их сравнения выявляются те повторяющиеся черты растительного покрова, которые сопряжены с индикатом. Метод эталонов требует очень детального описания растительности. Большое внимание в нем уделяется характеристикам фенологических явлений, а также появлению различных морфологических аномалий, так как присутствие определенных элементов чаще проявляется именно в этих особенностях. В остальном же исследование ведется так же, как и на обычных ключевых участках.

При экстраполяции индикаторов могут быть три случая:

а) использование индикаторов, выявленных в одном районе, в условиях другого, с ним не сходного,

б) использование выявленных индикаторов в районе, сходном с местом их первичного выявления, и

в) использование индикаторов, выявленных в одной из частей определенного района, в других его частях. Районы понимаются при этом в физико-географическом смысле, а сходство - в смысле близости их природных условий. Первичное выделение здесь оказывается ненужным, однако описание некоторого числа ключевых участков (или эталонов) во всех случаях обязательно. Однако суммарное число описаний, которым следует располагать для каждого сообщества, во всех случаях различно: в первом оно обычно колеблется от 10 до 20, во втором - от 5 до 10 и в последнем - от 3 до 5. В остальном обработка материала сходна с описанной выше.

**4.4 ВЫЯВЛЕНИЕ ВИДОВ-ИНДИКАТОРОВ И ИНДИКАТОРНЫХ ГРУПП МЕТОДАМИ ОРДИНАЦИИ**

Выше описаны методы, с помощью которых может быть выявлено индикационное значение растительных сообществ. Эти методы признаются некоторыми исследователями (Миркин, Розенберг, 1978; Миркин, 1985) недостаточно точными, так как при их применении используется малое количество описаний, не допускающее строгой статистической обработки материала, а увеличение числа описаний оказывается затруднительным, особенно при индикации горных пород и грунтовых вод ввиду невозможности массового бурения и глубокой шурфовки во всех растительных сообществах. Более точным методом выявления связи растительности и среды является, по мнению этих ученых, ординация, т. е. упорядочение видов (или сообществ) в виде рядов вдоль осей, отражающих количественные изменения определенных экологических факторов.

Ординация использовалась для оценки среды по растительности разными исследователями (в СССР - В. Н. Сукачев, Л, Г. Раменский, В. И. Василевич, Б. М. Миркин, Г. С. Розенберг, а за рубежом - X. Элленберг, Р. Уиттекер и др.). Большое значение для индикации имели ординационные исследования Л. Г. Раменского, создавшего школу геоботаников, применяющих его методы и в настоящее время. Так как Л. Г. Раменский рассматривал растительный покров как систему, изменяющуюся в пространстве непрерывно, т. е. как континуум, и не разделял ее на сообщества, то объектами ординации у него служили отдельные виды. Чтобы вести ординацию по Л. Г. Раменскому, все экологические факторы должны быть распределены в определенной последовательности по их важности для размещения видов. Сначала выбирается тот фактор, который считается наиболее важным, и подбираются списки видов, отвечающие крайним местообитаниям в экологическом ряду данного фактора (например, наиболее засушливых и наиболее увлажненных местообитаний). Между этими крайними списками располагаются все остальные промежуточные описания в порядке, отвечающем количественному изменению фактора, причем путем некоторых специальных приемов усредняется набор описаний и из них отбираются наиболее типичные. Осуществив ранжирование по одному, наиболее важному фактору, повторяют эту процедуру для того, который занимает второе место по влиянию на растительность, и так далее, пока не будет охвачен весь круг исследуемых факторов.

Анализируя этим способом растительный покров самых разных частей СССР, Л. Г. Раменский и его ученики создали экологические шкалы для индикации условий среды, широко, применяющиеся в практике. При ряде бесспорных достоинств этот способ выявления индикаторов имеет также и определенные слабые стороны. В первую очередь следует указать на то, что ступени некоторых факторов выделяются только качественно, без точной количественной характеристики, и поэтому выделение их имеет в известной мере произвольный характер. Также субъективно и отнесение одних факторов к более, а других- к менее важным. Наконец, оперирование лишь с видами и игнорирование существования сообществ почти исключают возможность применения этого способа выявления индикаторов в связи с аэрометодами (так как отдельные виды, в особенности травянистых растений, плохо различимы на аэрофотоснимках). Это ставит под сомнение достоверность исходного материала, так как нет уверенности, что для описаний выбирались типичные участки. Выбор мест описаний без ориентировки» по аэрофотоснимку недостаточно надежен.

Значительно более точен метод градиентного анализа, который применен для оценки связи растительного покрова со средой в наиболее строгом статистическом смысле Б. М. Миркиным и Г. С. Розенбергом (1978). Изменение фактора в ходе ординацни анализируется здесь не качественно, а путем конкретных измерений (т. е. непосредственно по результатам анализа отобранных образцов проб почв, грунтовых вод и т. д.). В итоге исследований выделяются индикаторные группы видов, в которые включаются лишь те, которые в ходе градиентного анализа обнаружили наибольшую экологическую информативность (т. е. наиболее четкую связь с изменением экологических условий). Метод градиентного анализа должен быть признан наиболее точным для выявления видов-индикаторов и их групп. Однако и здесь, как и при методе Раменского, остаются неустраненными два замечания: 1) необходимость набора очень большого числа описаний, что не всегда возможно; 2) отрыв набора пробных площадей для исходных описаний от аэрофотоизображения местности, что снижает их репрезентативность (представительство). Некоторым препятствием к выявлению ипдпкатороз методами градиентного анализа является довольно сложная количественная обработка материала, требующая хорошего знания математики и статистики. Вероятно, при расширении математической подготовки геоботаников этот метод будет находить большее применение.

При сравнительной оценке индикации по сообществам и индикации по пидам и их индикаторным группам видно, что выявление сообществ-индикаторов целесообразно в тех случаях, когда предполагается использование индикаторов для среднемасштабных съемочных работ при широком применении аэрометодов преимущественно в лесах, болотах, тундрах, пустынях, т. е. тати, где растительные сообщества достаточно хорошо различимы на аэрофотоснимке. Выявление же отдельных видов-индикаторов и индикаторных групп целесообразно в тех случаях, когда съемочные работы с применением индикаторов предполагается проводить в очень крупном масштабе, при котором распознавание распределения отдельных видов имеет большое значение и преимущественно в лугах и степях, т. е. в тех типах растительности, где аэрофотоизображения растительных сообществ не очень четки, и поэтому применение аэрометодов ограничено.

**4.5 ИНДИКАЦИОННЫЕ СПРАВОЧНИКИ**

В ходе геоботанических индикационных исследований накоплен большой материал о значении различных сообществ и видов растений как показателей экологических условий. Это дало возможность составить различные типы индикационных справочников и определителей. Их можно разделить на две группы: геоботанические справочники, оперирующие' индикационным значением сообществ, и экологические шкалы, оперирующие индикационным значением отдельных видов или их определенных сочетаний. Геоботанические справочники более просты в использовании и могут применяться обычно не только специалистами-геоботаниками, но и исследователями в областях смежных наук - почвоведами, геологами, агрономами, мелиораторами. В качестве индикаторов в этих справочниках используются растительные сообщества (ассоциации или группы ассоциаций), распознаваемые по небольшому числу широко распространенных хорошо заметных видов-доминантов. В большинстве случаев эти сообщества отчетливо различаются по прямым или косвенным признакам на аэрофотоснимках. Поэтому геоботанические индикационные справочники могут помочь дешифрированию и часто иллюстрируются аэрофотоизображениями растительного покрова. Индикаторы сгруппированы по типам растительности, а внутри них - по более мелким таксономическим единицам.

К справочнику прилагается альбом рисунков, изображающих доминанты сообществ-индикаторов, а в текст включаются фотографии, характеризующие внешний облик упоминаемых 4|итоценозов. Иногда к справочнику прилагается дихотомически построенный определитель, позволяющий в полевых условиях узнать сообщество и условия, на которые оно указывает. Последние обычно характеризуются достаточно точно с указанием определенных свойств индиката, часто с приведением количественных интервалов их значений (например, интервалов глубин залегания грунтовых вод под различными сообществами и т. п.). Недостатком этих справочников является их схематичность. Они оперируют чаще всего группами ассоциаций и редко ассоциациями и соответственно характеризуют индикаторы довольно обобщенно. Однако для решения практических задач они применяются широко и дают удовлетворительные результаты. К подобным справочникам относятся работы Б. Ф. Федорова (1930), И. В. Ларина (1953), Е. А. Востоковой, А. В. Шавыриной и С. Г. Ларичевой (1962), «Справочник-определитель...» (1963).

Особой формой индикационных справочников являются экологические шкалы (Раменский и др., 1956). Наиболее распространены шкалы Л. Г. Раменского. Они содержат классификацию местообитаний по отдельным факторам, а именно по увлажнению, богатству и засолению почв, переменности увлажнения, аллювиальности, пастбищной дигрессии. Для каждого фактора дан ряд ступеней его выраженности, причем ступени сгруппированы в классы. Например, факторы увлажнения местообитаний объединены в 10 классов. Различаются увлажнения: пустынное, полупустынное, сухостепное, среднестепное, лугово-степное, сухолуговое (влажнолесное), сыролуговое (сыролесное), болотисто-луговое (болотисто-лесное), болотное, прибрежно-водное, водоемное.

Шкалы используются для экологического анализа геоботанических описаний, сделанных на пробных площадях с учетом проективного обилия отдельных видов растений, обнаруженных на площадках, описанных в пределах данного местообитания (Соболев, 1978). Недостатком шкал являются качественный характер выделенных ступеней и отсутствие точных количественных градаций их. Например, определив, что данное местообитание имеет пустынный тип увлажнения, можно представить, что оно в целом характеризуется повышенной сухостью, но нельзя даже приблизительно определить глубину залегания грунтовых вод и степень их минерализации, т. е. содержание растворенных солей в 1 л воды. Тем не менее для общей ориентировки в экологических условиях шкалы Л. Г. Раменского очень полезны и находят применение, особенно при землеустроительных изысканиях. Были сделаны попытки придать ступеням шкал Л. Г. Раменского более определенный количественный характер, но пока это удается лишь для небольшого числа ограниченных районов. Экологические шкалы составлены для многих физико-географических регионов СССР (Раменский и др., 1956).

Использование индикационных справочников облегчает как специальные индикационные съемки, так и применение индикации в качестве вспомогательного метода при съемке почв, инженерно-геологической и гидрогеологической съемках. Если изучаемый район входит в территорию, для которой составлен справочник, и последний по степени своей точности удовлетворяет масштабам производимых работ, то специальные работы по выявлению индикаторов сильно сокращаются и производятся лишь для тех сообществ (или индикаторных групп видов),. которые по разным причинам не были включены в справочник.

Кроме специальных индикационных справочников, использующих лишь растительные индикаторы, существует ряд справочников более обобщенного характера, в которых для индикации применяются все физиономические компоненты ландшафта. В них большое внимание уделяется индикационному значению растительности, и поэтому они могут быть использованы в индикационной геоботанике. Такие справочники имеются для север-а Западной Сибири («Ландшафтные индикаторы...», 1974), для болот (Казаков, Кирюшкин, 1979), для пустынь (Викторов, 1976).

**4.6 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ ИНДИКАЦИОННЫХ ГЕОБОТАНИЧЕСКИХ СЪЕМКАХ И КАРТАХ**

Индикационной геоботанической съемкой называется система работ по сбору полевых материалов и их комплексного использования для составления индикационной карты. Подобно общему геоботаническому картографированию эта система может осуществляться на основе маршрутной, пикетажной, контурной или аэрогеоботанической съемок (Вышивкин, 1977). Индикационные карты представляют собой особый тип геобота-мических карт; на этих картах для каждого сообщества или для каждой индикаторной группы растений дано их значение как показателей определенных условий окружающей среды. Наиболее распространены следующие виды карт: а) индикации почв, б) индикации инженерно-геологических условий (горных пород и проявлений экзогенных процессов), в) индикации гидрогеологических условий, г) индикации различных видоз полезных ископаемых, а также избыточного содержания элементов, загрязняющих окружающую среду, д) индикации различных стадий природных и антропогенных процессов. Карты индикации лнженерно-геологических условий иногда именуются лнтоиндикационными, а карты индикации гидрогеологических условий - гидроиндикационными. Но эти названия не. вполне точны, так как индикатами могут быть не только литологиче-ские разности пород или свойства грунтовых вод, но и некоторые более сложные явления (трещиноватость, проявления новейшей тектоники, обводненность разломов и т. д.). Круг индикационных карт постоянно расширяется за счет появления новых индикатов, особенно в связи с развитием исследований, связанных с охраной природы, мелиоративными изысканиями и-освоением малоиспользуемых районов.

Индикационные карты составляются путем специальных съемок, однако возможно составление их без съемочных работ, с использованием существующих геоботанических карт общего характера и сопоставлением их с литературными и картографическими материалами. Этот способ составления довольно редок. Он называется комплексной индикационной интерпретацией геоботанических карт.

Все основные классификационные категории геоботанической картографии приложимы и к индикационным картам. Здесь можно различать карты (составленные с учетом кривизны земной поверхности) и планы (составленные без учета и обычно для малых площадей), а также карты мелких, средних и крупных масштабов. Кроме индикационных карт современного растительного покрова иногда составляются карты восстановленной растительности, на которых реликтовые фрагменты ранее существовавших фитоценозов используются для индикации экологических ситуаций, имевших место в прошлом. Такие карты находят особенно эффективное применение в районах, сильно нарушенных человеком при попытках реконструкции природных условий, имевших место до антропогенных воздействий. Большая часть индикационных съемок производится с широким применением дистанционных методов. Поэтому, прежде чем рассматривать методику съемок, необходимо кратко остановиться на этих методах и их значении для индикации.

**4.7 ДИСТАНЦИОННЫЕ МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ РАСТИТЕЛЬНОСТИ ПРИ ИНДИКАЦИОННЫХ СЪЕМКАХ**

Дистанционными методами следует называть технические способы изучения ландшафта без непосредственного контакта с ним (Харин, 1975). Наиболее распространенным дистанционным методом, применяемым при изучении р-астительности, являются аэрофотосъемка и космофотосъемка, т. е. фотографирование поверхности Земли с летательных аппаратов или передача на Землю изображения, получаемого в полете телевизионной камерой (при некоторых видах космической съемки). Аэрофотосъемкой называется фотографирование с воздушных носителей (вертолеты, самолеты), космической - съемка cd спутников, пилотируемых космических кораблей, орбитальных станций. К дистанционным методам следует отнести и аэровизуальные наблюдения, т. е. зрительный осмотр местности с самолета или вертолета. Аэрофотосъемка и аэровизуальные наблюдения обычно именуются аэрометодами. Они широко используются при индикационных съемках.

Самолет, с которого ведется съемка, совершает ряд параллельных ходов над фотографируемой площадью. В результате фотографирования ландшафта с самолета с помощью специального аппарата получаются серии аэронегативов (аэрофильмы). Фотографирование производится таким образом, что краевые части соседних аэрофотоснимков, сделанных при одном ходе самолета, значительно перекрывают друг друга. Серия снимков, полученная в результате одного прямолинейного хода самолета, также перекрывает краевые части серии, полученной на соседнем, параллельном ходе. В итоге образуется набор снимков (первоначально снятых в виде аэронегативов на пленку, чаще всего панхроматическую), равномерно покрывающих всю площадь съемки при значительном взаимном перекрытии. С аэрофильма делаются контактные отпечатки. Подобранные по ходам самолета («залетам»), они образуют в своей совокупности сплошное изображение исследуемой территории, разделенное на большое число отдельных снимков («контактная печать»). Чтобы исследователь мог ориентироваться во взаимном расположении снимков, последние накалываются на какую-либо плотную основу и фотографируются со значительным уменьшением, но так, чтобы были видны номера снимков и даты съемки, автоматически фиксируемые на углу каждого снимка. Такая уменьшенная схема расположения снимков называется репродукцией накидного монтажа. Она прилагается к каждому комплекту снимков для определенной территории, и работа с контактной печатью без этой репродукции затруднительна.

В каждом снимке наиболее точное изображение местности дает его центральная часть; краевые части страдают определенными искажениями. Путем вырезания центральных, неискаженных, частей снимков и подгонки их друг к другу можно получить сплошное, без перекрытий, аэрофотоизображение территории съемки. Сфотографированное без уменьшения, оно называется «фотосхемой». С фотосхемы могут быть сделаны репродукции с тем или иным уменьшением масштаба. Они не с-юль подробны, как фотосхемы, но обладают высокой обзорностью и ценны для выявления общих закономерностей распределения растительности. Монтаж фотосхем производится обычно по трапециям карты. Как фотосхемы, так и их репродукции монтируются на мягкой (бумага), полужесткой (картон) и жесткой (фанера) основе.

Большое значение для аэрофотосъемки имеют пленки, наиболее часто применяются изопанхроматические. С них получаются черно-белые снимки, на которых изображена усредненная (интегральная) яркость фотографируемых объектов в пределах всей видимой части спектра. Значительно реже применяется цветная пленка (ЦН-3), дающая изображение объектов с окраской, близкой к естественной. Большое применение получили спектрозональные пленки (СН-6, СН-6М и др.), дающие контрастное цветное изображение различных объектов, в особенности растительности, но не в природных, а в условных окрасках. Например, можно подобрать пленки, где разные древесные породы будут иметь дифференцированный, контрастный одет, но далекий от естественного (красный, коричневый, голубой и т. д.).

Аэрофотоснимки делятся по масштабам. К *очень мелкому масштабу* относятся снимки мельче 1 : 100000, к *мелкому* - от 1 : 35 000 до 1 : 100 000, к *среднему* - от 1 : 12 000 до 1 : 35 000 и к *крупному* - крупнее 1:12000. Космические снимки по масштабу варьируют в основном от 1 : 10 000 000 до 1 : 200 000 (иногда несколько крупнее).

Получение информации с аэрофотоснимка или с космофотоснимка называется дешифрированием. По существу оно является раскрытием конкретного содержания контуров на снимке. В зависимости от объекта, который служит целью дешифрирования, последнее может быть геоботаническим, почвенным, гео-мсрфологческим и т. д.; оно также может быть комплексным, ландшафтным, если в ходе дешифрирования выделяются целые природно-территориальные комплексы. В зависимости от самого характера дешифрирования оно может быть непосредст-иенным.или индикационным. В первом случае на снимке опознаются отдельные объекты (лес, луг, болото, поселок и т. д.). При индикационном дешифрировании используются связи между физиономическими и деципиентными компонентами ландшафта, рассматриваются первые как индикаторы, вторые - как индикаты. Таким образом, индикационное дешифрирование является исследовательской работой, требующей обширных географических знаний.

Непосредственное дешифрирование ведется преимущественно по прямым признакам, к которым относятся форма объекта, его размеры, отбрасываемая им тень, структура его изображения, типичный для него фототон (последний может сильно варьировать от времени съемки и погодных условий). Индикационное дешифрирование ведется по косвенным признакам. Среди них в соответствии с главнейшими компонентами ландшафта различают геоморфологические, геоботанические, гидрографические, почвенные, антропогенные и комплексные ландшафтные (эктоярусы природно-территориальных комплексов). Использование признаков дешифрирования при индикационных исследованиях в различных типах растительности рассмотрено ниже.

Аэровизуальные наблюдения проводятся путем осмотра местности с самолета или вертолета. Для этого предварительно разрабатывается сеть маршрутов. Она должна быть увязана с имеющимися на карте, хорошо видимыми ориентирами, обеспечивающими четкость проведения маршрутов. До полета следует рассчитать приблизительное время прохождения летательного аппарата над этими ориентирами, исходя из средней его скорости. Наблюдатель должен быть знаком с аэровизуальными признаками сообществ. В полете наблюдатель должен иметь карты, репродукции фотосхем (предварительно отдешифрированные), бинокль; желателен аппарат для звукозаписи, так как фиксация наблюдений в полете затруднительна. Полет обычно производится на незначительной высоте - порядка 50-150 м. При аэровизуальных наблюдениях могут производиться авиадесантные операции, заключающиеся в посадке летательного аппарата с последующим описанием и изучением прилежащей площади. Аэровизуальные наблюдения применяются для:

а) рекогносцировки территории перед началом работ,

б) осмотра труднодоступных участков,

в) уточнения результатов дешифрирования,

г) заключительного осмотра площади съемок при окончании полевых работ.

**4.8 ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЙ ПЕРИОД ИНДИКАЦИОННЫХ СЪЕМОЧНЫХ РАБОТ**

Среди индикационных съемок следует различать среднемасштабные (обычно от 1:200000 до 1:25000) и крупномасштабные (крупнее 1:25000). К последним может быть отнесено и составление индикационных планов. Наиболее распространенными являются среднемасштабные съемки. Они осуществляются большей частью ключевым методом. На ключевых участках выявляются признаки дешифрирования сообществ и уточняется их индикационное значение, а потом на основе экстраполяции полученные результаты распространяются на всю территорию при широком применении дешифрирования. Метод имеет много общего с соответствующим методом выявления индикаторов. В среднемасштабной индикационной съемке следует различать три периода: предварительный камеральный, полевой д завершающий камеральный. Каждый из периодов включает в себя ряд отдельных этапов.

В предварительный камеральный период входят: а) сбор и анализ фондовых и литературных материалов, б) составление предварительной индикационной схемы, в) предварительное дешифрирование аэрофотоматериалов, г) ориентировочный выбор ключевых участков и контрольных маршрутов.

Сбор и анализ фондовых и литературных материалов заключаются в их просмотре, выборочном конспектировании и в составлении на их основе обзорных таблиц. Для каждого достаточно крупного источника, богатого геоботаническими данными, целесообразно составлять обзорную таблицу по следующей форме (табл. 3).

Таблица 3

**Обзорная таблица индикационных данных (название источника)**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Сообщество | Данные о связи с экологическими условиями (рельеф, почвы, горные породы, грунтовые воды) | Данные об аэрофотоизображении |
|  |  |  |

Для нескольких мелких источников можно составлять одну обобщенную таблицу. Составление предварительной индикационной схемы осуществляется путем сопоставления отдельных обзорных таблиц друг с другом. Сообщества, для которых неоднократно разными авторами отмечена связь с определенным элементом окружающей среды, указываются в качестве вероятного индикатора eгo (табл. 4).

Таблица может быть дополнена данными, основанными на личном опыте составителя, накопленными 'в прошлом. Предварительное дешифрирование проводится обычно на фотосхемах или даже на их репродукциях. В ходе его дешифрируемая площадь разделяется на контуры, различающиеся своим аэрофоторисунком. Границы контуров поднимаются тушью на кальке или иной прозрачной: накладке или же непосредственно на фотосхеме (последнее менее удобно, так как тушь маскирует детали границ). Аэрофоторисунки типизируются по физиономиче-ским особенностям, и контуры, обладающие сходными типами аэрофоторисунков получают один и тот же индекс. В зависимости от личного опыта дешифровщика, а также с помощью индикационной схемы различные типы аэрофоторисунков могут получить определенное геоботаническое или ландшафтное истолкование. При значительном опыте дешифровщика можно пытаться составить предварительный вариант будущей индикационной карты. Если же опыт его мал, то до полевых работ он вынужден пользоваться условными индексами, не интерпретируя их в геоботаническом отношении. ,

Таблица 4

**Фрагмент предварительной индикационной схемы для бассейна р. Темир (Западный Казахстан)**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Индикаторы | Индикаты | Характер аэрофотоизображения |
| Одновидовые заросли карликового саксаула Лемана (вероятный индикатор) | маломощные щебнистые почвы на ожелезпенных песчаниках | участки с интенсивно темным фототоном и заметной расчлененностью рельефа |
| Одновидовые заросли поташника каспийского (вероятный индикатор) | глыбистые солончаки на гипсоносных глинах | монотонные, светло-серые, почти белые участки с неясной струйчатой полосчатостью |
| Заросли однолетних солянок (вероятный удовлетворительный индикатор) | маломощные смытые засоленные почвы на делювхиальных шлейфах | светло- или темно-серые наклонные поверхности с ясным веерообразным эрозионным рисунком |
| Комплекс ассоциаций биюргуна и полыни (вероятный удовлетворительный индикатор) | серо-бурые почвы, отчасти выщелоченные, на суглинках вершин плоских останцов | плоские участки с отчетливой контрастной мелкой мозаичностыо |

Предварительный выбор ключевых участков делается на основе произведенного дешифрирования. Участки выбираются с таким расчетом, чтобы на них были представлены все типы аэрофоторисунков в типичном их сочетании. Обычно достичь этого на одном участке не удается и приходится выбирать несколько участков, которые в сумме должны обр-азовать как бы миниатюрную .модель изучаемой территории. Ориентировочные эмпирические данные показывают, что количественные показатели при выборе ключевых участков для индикационного картографирования примерно те же, что и при выявлении индикаторов (на 1 лист .карты масштаба 1:100000 требуется при средней плотности растительного покрова около пяти участков, которые в сумме составляют примерно 20% картографируемой площади). Участкам часто придают форму прямоугольников, вытянутых вкрест мезорельефа территории, что позволяет охватить значительное количество фитоценозов. Кроме ключевых участков намечается еще редкая сеть контрольных маршрутов. Так называются многокилометровые маршруты, прокладываемые от одного ключевого участка к другому вкрест рельефа и преимущественно через участки, отличающиеся наибольшей сложностью и пестротой аэрофоторисунка. Эти маршруты служат для того, чтобы убедиться в полноте изучения аэрофоторисунков и в отсутствии пропусков отдельных их типов. Границы намеченных участков и линии контрольных маршрутов наносятся на карту или на репродукции фотосхем. Выбором ключевых участков и контрольных маршрутов завершается предварительный камеральный период работ.

**4.9 ПОЛЕВОЙ ПЕРИОД ИНДИКАЦИОННЫХ СЪЕМОЧНЫХ РАБОТ**

***В полевой период работ входят:***

а) рекогносцировка территории,

б) полевые работы на ключевых участках,

в) полевые работы на контрольных маршрутах,

г) оплошное дешифрирование растительного покрова всей территории работ,

д) заключительный осмотр всей территории работ.

Первым этапом полевого периода работ является рекогносцировка территории съемки. Оптимальная форма ее - аэровизуальные наблюдения. В ходе рекогносцировки производится общее ознакомление с растительным покровом и наиболее заметными особенностями его распределения, а также с расположением населенных пунктов, дорожной сетью и прочими условиями района. Одновременно уточняются положение и конфигурация ключевых участков, число их, а также линии и протяженность контрольных маршрутов. Если рекогносцировка показывает, что предварительный выбор ключевых участков не был вполне удачен, намечаются еще и дополнительные участки. Рекогносцировку можно производить и на наземном транспорте, но тогда она становится более трудоемкой, и сеть рекогносцировочных маршрутов должна быть сгущена.

Работа на ключевых участках - один из важнейших этапов съемки, так как именно здесь производятся выявление признаков дешифрирования фитоценозов и уточнение их индикационного значения. При изучении ключевого участка выполняются следующие работы: а) геоботаническое описание каждого контура, выделенного на аэрофотоснимке, б) сбор материала для характеристики его экологических условий, в) анализ аэрофото-рисунка, г) различные дополнительные исследования, касающиеся уточнения структуры и ритмов развития фитоценозов.

Геоботаническое описание производится с помощью общеизвестных приемов, принятых в фитоценологии, с выбором пробных площадей, составлением флористических списков с указанием обилия, проективного покрытия, фенофазы, жизненности и прочих характеристик. Производится гербаризация малоизвестных растений. Древесные и кустарниковые ярусы сообществ описываются также с помощью общепринятых методов. Если контуры, выделенные на аэрофотоснимке, малы и не имеют слитный монотонный аэртэфоторисунок, то в каждом из них достаточно выбрать одну пробную площадку или трансекту. Если контуры велики и имеют точечную или полосчатую неоднородную структуру аэрофоторисунка, то в каждом контуре избирается несколько пробных площадок с таким расчетом, чтобы охарактеризовать все элементы аэрофоторисунка. В зависимости от индикационных задач в пределах различных контуров могут быть применены дополнительные виды исследований. Сюда относятся зарисовка горизонтальных и вертикальных проекций, учет встречаемости отдельных видов по Раункиеру (в особенности тех, которые имеют наибольшее индикационное значение) и построение кривых их распределения по результатам измерения расстояний между ними. Первые два приема исследований общеизвестны. Последний вид наиболее распространен при гидроиндикационных исследованиях в аридных регионах и 'будет описан в гл. 9. Иногда, преимущественно в гидроиндикациовных целях, на ключевых участках в течение полевого сезона могут быть организованы периодические фенологические наблюдения, помогающие выявлению временных скоплений подземных вод (верховодок), сильно влияющих на ритм развития растений.

Сбор данных для характеристики экологических условий слагается из фиксации сведений о геоморфологических условиях каждого контура и описания в нем почвенного разреза или скважины неглубокого бурения; если работы проводятся с целью индикации инженерно-геологических и гидрогеологических условий, то должны быть описаны шурф, вскрывающий подстилающую породу, и скважина для отбора проб воды и характеристики гидрогеологических условий. Если съемка имеет комплексный характер, причем индикационные исследования сочетаются с геофизическими, грунтоведческими и инженерно-геологическим опробированием пород (что часто имеет место в работах различных геологических организаций), то точки наблюдения всех этих инструментальных методов располагаются так, чтобы ими был охарактеризован каждый контур, видимый на аэрофотоснимке внутри ключевого участка. Так как для очень многих регионов СССР индикационное значение фитоце-нозов уже выявлено и систематизировано в справочниках или специальных пособиях, то работы, описанные выше, служат для проверки правильности существующих представлений л уточнения их. Однако если обнаружится некоторое количество сообществ, индикационное значение которых неизвестно, то в отношении их работа на ключевых участках должна быть использована для его определения с использованием приемов, описанных выше.

Анал'из аэрофоторисунка производится путем детального полевого дешифрирования (А. Викторов, 1986). Сущность его заключается в опознавании на местности и в объяснении каждой морфологической особенности аэрофоторисунка: фона, крапа, пятнистости, полосчатости и др. Результаты анализа заносятся в описание ключевого участка. Расположение всех точек описаний и пробных площадей указывается на аэрофотоснимке (наколом с нанесением номера на обратной стороне снимка). Все виды описаний, сделанные на одном участке, объединяются в единый комплект.

Работа на контрольных пересечениях производится методом маршрутной съемки (Вышивкин, 1977). Все пересекаемые сообщества кратко описываются, и по маршруту прокладывается профиль, отражающий связь растительности с рельефом.Ноесли на контрольном маршруте встречается сообщество, которое не было описано на ключевом участке, то для него производится весь тот комплекс работ, который был описан выше. Это делается также и в том случае, если фитоценоз встречен в нетипичной для него обстановке (особенно в нетипичном положении в рельефе). По маршруту ведутся дешифрирование и анализ аэрофоторисунка.

Сплошное дешифрирование растительного покрова на всей территории съемки производится на основе тех признаков аэрофотоизображения различных сообществ, которые выявлены при анализе аэрофоторисунков на ключевом участке. Для этого составляется сводная дешифровочная таблица, в которой для каждого фитоценоза приводятся описания характерных признаков дешифрирования, повторяющихся на всех ключевых участках и контрольных маршрутах и поэтому считающихся типичными. В результате дешифрирования вся территория оказывается разделенной на контуры, отвечающие различным таксонам растительности. Следует обратить внимание на то, чтобы сплошное дешифрирование производилось во время пребывания съемочной партии в поле, до ее отъезда на базу, так как в противном случае уточнение правильности дешифрирования на сложные и неясные участки путем их полевого осмотра становится затруднительным.

Последний этап полевого периода - заключительный осмотр территории. Наилучшим способом его являются аэровизуальные наблюдения, производимые съемщиком, имеющим в полете отдешифрированные фотосхемы и ориентировочно оценивающим общее соответствие контуров на аэрофотоматериалах и на местности. При обнаружении каких-либо несоответствий необходимо выполнить дополнительные работы для их устранения. На этом полевой период завершается.

**4.10 ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЙ ПЕРИОД ИНДИКАЦИОННЫХ СЪЕМОЧНЫХ РАБОТ**

В заключительный камеральный период основным направлением работ является уточнение .индикационного значения растительных сообществ, указанных в легенде к карте. Для этого необходимо производство следующих работ:

а) уточнение и окончательная отработка флористических списков (в частности, определение всех недостаточно известных растений);

б) группировка описаний по сообществам;

в) получение результатов всех видов анализов или инструментальных определений (геофизических, пенетрационных и др.);

г) группировка этих данных по выделенным сообществам (с составлением таблиц итогов анализов и инструментальных определений, относящихся к участкам данного сообщества);

д) определение интервала показателей, характерного для каждого из сообществ;

е) сравнение полученных данных с индикационными справочниками, с материалами, полученными из фондовых и литературных источников, завершающееся составлением окончательной индикационной схемы.

Окончательная индикационная схема является одним из важнейших итогов работы, так как она служит основой для составления легенды к индикационной карте. Единой общепринятой формы составления окончательной схемы нет. Чаще всего сообщества располагаются в той последовательности, какой требует их геоботаническая классификация. Схема разделяется на ряд граф; в первых двух указываются растительное сообщество и типичные условия рельефа - эти две графы объединяются заголовком «Индикаторы». Далее располагаются графы, объединенные заголовком «Индикаты»; в отдельных графах здесь могут быть указаны самые различные объекты индикации; таксоны почвенного покрова, отдельные их свойства (засоление, механический состав и др.), глубина залегания и степень минерализации грунтовых вод, господствующие горные породы и т. д. В особые графы выделяются характеристика аэрофотоизображения сообщества и его аэровизуальные признаки. Пример фрагмента такой индикационной схемы дан в табл. 5.

Окончательная индикационная схема преобразуется .в легенду к индикационной карте. В зависимости от характера и содержания можно различать комплексные и отраслевые индикационные карты.На комплексной индикационной карте для каждого сообщества указываются все возможные аспекты его индикационного значения, т. е. и почвенные, и геологические, и гидрогеологические условия, а также и те процессы, на которые указывает данный фитоценоз. Легенда к ним располагается по структуре, показанной в табл. 4. Отраслевые индикационные карты отражают связь сообщества лишь с одной какой-либо группой индшкатов (например, с грунтовыми водами); легенда в этом случае строится но табл. 5. Карта с пояснительной запиской к ней является окончательным итогом съемочных работ.

Таблица 5

**Фрагмент индикационной схемы, согставленной в порядке расположения сообществ**

|  |  |
| --- | --- |
| Индикаторы | Индикаты  |
| Формация  | Группа ассоциаций | Типичные условия рельефа | Почвы  | Засоление почв, % | грунтовые воды | Характер аэрофотоизображения на среднемасштабных снимках |
| глубина залегания, м | минерали­за­ция, г/л  |
|  |  | понижения среди дельтовых водоразделов | болотные | по всему разрезу не выше 0,05 | не глубже 1,0 | не выше 1,0 | на светлом фоне темные круговины тростника с ясной зернистостью |
|  |  | окраины обсыхающих лагун в приморской полосе | пойменно-лиманные | в нижней части разреза 0,1-0,5 | с поверх­ности | 1,5-2,5 | темные извилистые бесструктурные полосы |
|  |  | обсохшие лагуны | лугово-солончаковые | по всему разрезу не ниже 0,5 | 1-2 | 1,5-3,0 | мозаичный фон, образуемый пестрым сочетанием темных и светлых участков |
|  |  | гривы между обсохшими лагунами | лугово-дерновые | по всему разрезу не выше 0,1 | 2-4 | 0,5-1,5 | извилистые серые крупные участки, монотонные (без мозаичности) |

Вышеописанная методика применяется при составлении среднемасштабных индикационных карт с использованием аэрофотоматериалов. Этот вид работ наиболее част. Среднемас-щтабные съемки обычно охватывают значительные территории (не менее одного листа карты масштаба 1 : 100 000). Если индикационная среднемасштабная съемка производится без применения аэрофотоснимков, то процесс ее усложняется. Число ключевых участков и контрольных маршрутов должно быть резко увеличено, а всю территорию за пределами участков следует покрыть обычной наземной маршрутной геоботанической съемкой, производимой общеизвестными приемами (Вышивкин, 1977). Это настолько удлиняет и удорожает работы, что производство индикационных съемок этим способом обычно оказывается нецелесообразным.

Если индикационные съемки производятся да очень малой площади в крупном масштабе (крупнее 1:5000), то целесообразно вести их пикетажным или поконтурным методом (Вышивкин, 1977). Также поступают и при составлении индикационных планов. Необходимость в ключевых участках здесь полностью отпадает. Связь с определенными экологическими условиями в этом случае выявляется непосредственно для каждого участка определенного сообщества, лежащего внутри картируемой площади. Элемент индикации при этом заключается лишь в использовании границ участков фитоценозов в качестве показателей площади с господством известного набора условий среды. Применение аэрометодов дает при таких работах малый эффект (за исключением использования крупномасштабных фотоплансв, изготовление которых требует значительных затрат).

**4.11 СОСТАВЛЕНИЕ ИНДИКАЦИОННЫХ КАРТ МЕТОДОМ КОМПЛЕКСНОЙ ИНТЕРПРЕТАЦИИ СУЩЕСТВУЮЩИХ МАТЕРИАЛОВ**

В некоторых случаях индикационные геоботанические карты могут быть составлены без полевых работ, путем интерпретации существующих литературных и фондовых текстовых и картографических материалов. Это возможно лишь для территорий, хорошо изученных в геоботаническом и экологическом отношении. Карты, составляемые этим способом, обычно мелкомасштабные, реже - среднемасштабные, но близкие к мелкомасштабным. При составлении индикационной карты методом комплексной интерпретации необходимо, чтобы для изучаемой территории уже была составлена ранее обычная геоботаниче-ская карта, не имеющая индикационного характера, но достаточно полно отражающая растительный покров. Если такая карта существует, то задача исследователя сводится к сбору сведений о связи выделенных сообществ с определенными почвами, породами, подземными водами, климатом и прочими условиями среды.

Таким образом, центр тяжести работ переносится на сбор и систематизацию литературных и фондовых материалов. Следует изучить не только отчеты, статьи и монографии геоботаников и почвоведов, но и специалистов прочих наук о Земле, и выбрать из них все данные о связи растительности с различными природными условиями, описанными в этих материалах. Следует также иметь выкопировки существующих почвенных, геологических и остальных специальных карт (хотя бы даже и мелкого масштаба) и путем наложения их на существующую геоботаническую карту проанализировать степень совпадения геоботанических контуров с элементами этих карт. Целесообразно также откорректировать контуры геоботакической карты по репродукциям фотосхем. После того как все эти работы произведены, составляется (исключительно по фондовым и литературным данным) окончательная индикационная схема, которая служит легендой к индикационной карте. Контуры сообществ на этой карте взяты с геоботанической карты (с корректировкой по итогам дешифрирования), а индикационное значение сообществ выявлено путем систематизации данных, помещенных в статьях и отчетах. Составление карт этим методом требует очень высокой квалификации исполнителей.

**4.12 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНДИКАЦИОННЫХ КАРТ**

Практическое использование индикационных карт заключается в основном в их преобразовании, полном или частичном, в разные специальные карты. При этом отраслевые карты могут быть непосредственно преобразованы, а комплексная карта должна быть использована сначала для составления отраслевой карты. Поясним это следующим примером. Допустим, что составлена отраслевая гидроиндикационная карта, отражающая связи растительности с неглубокозалегающими грунтовыми водами и их минерализацией. Специалист, .производящий гидрогеологическую съемку, может непосредственно использовать контуры, выделенные на такой карте, для своих целей, причем гидроиндикация освобождает его от необходимости изучения приповерхностных горизонтов грунтовых вод и позволяет сосредоточить внимание на глубоких водах, лежащих вне сферы индикационных исследований. Если же индикационная карта имеет комплексный характер, то для использования ее в гидрогеологических целях из нее следует извлечь гидроиндикационные данные, систематизировать их (см. табл. 5) и лишь потом применить к гидрогеологическому картографированию. Комплексная индикационная карта может быть интерпретирована для самых разнообразных целей - для составления карт механического состава почв и подстилающих пород, карт мощности и различных свойств торфов и для получения ряда других карт.

Одновременно она имеет и самостоятельное научное и практическое значение, так как углубляет представления о связи растительности со средой и выявляет многие важные черты природных ландшафтов, знание которых необходимо для охраны окружающей среды.

Наибольшее значение приобрели индикационные карты при инженерно-геологических съемках л при различных съемках, связанных с мелиоративными изысканиями. Составление таких карт предусмотрено соответствующими, официально утвержденными руководствами.

В пустынных районах по данным геоботанической индикации, дополняемой геоморфологическими наблюдениями, возможно составление карты первого от поверхности водоносного горизонта (Востокова, 1980).На болотах индикационными методами составляются карты гидрологической системы болот, т. е. совокупности путей миграции воды в толще торфа. В криолитозоне геоботаническая индикация используется при картографировании явлений сезонного протаивания и промерзания многолетнемерзлых пород (Тыртиков, 1959).

В последние годы некоторое распространение получило составление геоботанических индикационных карт природных процессов («Основы теории и методики ландшафтной индикации...», 1979). В гл. 3 отмечалось, что индикаторами процессов часто являются эколого-генетаческие ряды растительных сообществ, образующие на местности те или иные варианты комплексного растительного покрова. Картографирование их позволяет оконтурить площади, охваченные разными процессами или разными стадиями одного и того же процесса. Среди индикационных карт процессов одними из наиболее важных являются прогнозно-индикационные карты, показывающие распространение ранних, наименее заметных стадий различных процессов, как природных, так и антропогенных. Ценность таких карт заключается в том, что с их помощью можно выявить начало известного нежелательного процесса и принять заблаговременно меры к его торможению. Некоторые частные 'виды индикационных карт будут рассмотрены в последующих главах.

**ГЛАВА 5**

**5. ИНДИКАЦИОННЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ В ТУНДРАХ И ЛЕСОТУНДРАХ**

**Тундра** - зональный тип растительности Субарктики, в котором эдификаторная роль прянадлежит бескорневым растениям - ;мхам и лишайникам, и лишь в южной подзоне тундры она переходит к кустарничкам и кустарникам. По направлению к полюсу тундры сменяются полярными пустынями Арктики. У южной границы тундр проходит лесотундровая полоса, для которой характерно чередование участков тундры и своеобразных самых северных лесов - редколесий и криволесий.

Южная граница тундры, очерченная северным пределом лесов, на Кольском полуострове идет по 68° с. ш., до р. Енисей - по Полярному кругу, а в низовьях Хатанги и Лены она сдвигается к 71-72° с. ш., в то время как на Колыме снова проходит по 68е с. ш., а затем в бассейне Охотского и Берингова морей по 60° с. ш.

Редколесья и криволесья состоят из разных пород: на Кольском полуострове - из березы извилистой, восточное Белого моря - из ели сибирской, от Урала до р. Пясины - из лиственницы сибирской, далее до верховьев Анадыря их образует лиственница даурская, а ва самом востоке Азии - тополь душистый, береза Каяндера, древовидная ива.

Для тундры характерно полное безлесье. Само название «тундра» означает «безлесное место» на языке карелов. С севера на юг в тундрсвой зоне выделяются три подзоны: арктические тундры, типичные тундры и южные тундры. Их сменяет полоса лесотундры, которая делится на северную и южную лесотундру.

Имеется также подразделение тундр с запада на восток, дающее различные провинции.

1. Провинция Кольского полуострова, где развиты лишайниковые тундры и лесотундра из березы извилистой.
2. Провинция восточноевропейских малоземельских и большеземельских тундр и лесотундры. В ней господствуют моховые и кустарничковые тундры, а также заболоченные тундры и болота. Встречаются редкие лесные острова ели сибирской .и березы извилистой.
3. Провинция Полярного Урала. Это царство моховых и лишайниковых тундр.
4. Провинция Западно-Сибирской низменности, где выражены все подзоны. Там развиты моховые и лишайниковые тундры, гипновые болота, кустарничковые тундры, встречаются острова из лиственницы сибирской и березы извилистой.
5. Провинция Центральной Сибири. В ней широко распространены лишайниковые и моховые тундры, полигональные тундры, имеются острова из лиственницы даурской.
6. Провинция горно-равнинной Якутии. Преобладают лишайниксвые тундры в горах, а на равнинах - кочкарные и болотистые моховые тундры.
7. Провинция горно-равнинных тундр Анадырско-Пенжинской депрессии. Преобладают кочкарные тундры на равнинах и лишайниково-кустарничковые - в горах.
8. Провинция Корякского нагорья - лишайниковые и кустарничковые тундры.

Тундровые ландшафты молоды и сформировались в конце третичного и начале четвертичного периодов, растительный покров в них образуют виды влажных и холодных местообитаний - психрофиты и сухих и холодных - криофиты. Большое развитие имеют ксероморфные психрофитные вечнозеленые приземистые кустарнички с узкими мелкими листочками: лойзелеурия простертая (*Loiseleuria procumbens*), кассиопе четырехрядная (*Cassiope tetrogone*), а также кустарнички с довольно широкими листьями - брусника (*Vaccinium vitis-idaea*), клюква (*Oxycoccus palustris*), Кассандра (*Chamaedaphne calyculata*), андромеда (*Andromeda polifolia*), багульник (*Ledum palustre*). Эти виды, имеющие гипоарктнческий ареал, по своему происхождению относятся к флоре лесов и болот, так же как зеленые мхи и кустистые лишайники, занимающие большие пространства тундровых ландшафтов. Собственно субарктическими видами в тундре будут кустарнички и кустарники с опадающей листвой: карликовая березка (*Betula nana*), голубика (*Vaccinium uliginosum*), толокнянка (*Arctostaphylos uva - ursi*), морошка (*Rubus chamaemorus*), куропаточья трава (*Dryas octopetala*), которые наиболее приспособлены к суровому арктическому климату.

Климат тундры накладывает отпечаток на все компоненты тундровых ландшафтов: холодная, продолжительная и малоснежная зима (снежный покров маломощный - 10-50 см); короткий вегетационный период (1,5-2 месяца в тундре и 3,5-4 - в лесотундре), низкие летние температуры - (средняя июля ниже 10°), круглосуточное освещение летом, сильные режущие ветры зимой, сдувающие снежный покров и уничтожающие растительность, небольшое количество осадков, но высокая влажность воздуха летом, обедненность воздуха кислородом и углекислотой и, наконец, многолетняя мерзлота, сковывающая породы на глубину 100-300 м.

Почвы в тундре оттаивают в летний период лишь на незначительную глубину - от нескольких сантиметров до 1-1,5 м в южной подзоне, причем растительность четко реагирует на глубину протаивания, образуя различные сообщества. Режим замерзания и размерзавия почв и пород обусловливает образование характерного тундрового микро- и нанорельефа, создавая специфику ландшафтов северных подзон. В арктических тундрах с этим связано развитие специфических полигональных ландшафтов, где растрескавшаяся на полигоны поверхность всегда остается оголенной, лишь узкие ложбины между полигонами занимают ленты мхов и лишайников. Своеобразным рельефом обладают лишайниково-моховые пятнистые тундры, в которых крупные микроповышения остаются без растительности, а в мелких микропонижениях пятнами располагаются растения. Более ровный рельеф и сплошной растительный покров характерны лишь для субарктических кустарниковых тундр, где развиты ерники и ивняки из низкорослых видов ив.

Суровый климат, многолетнемерзлые породы и особенности их оттаивания, насыщенность влагой нижнего слоя воздуха, редкий растительный покров с преобладанием в нем гигроскопичных мхов и лишайников обусловливают слабое развитие почвообразовательного процесса, идущего по типу глеевого, приводящего к образованию типа тундровых глеевых почв на глинистых и суглинистых породах и иллювиально-гумусовых почв па песчаных и супесчаных породах. Эти почвы переувлажнены и имеют маломощный профиль. Почвообразующими породами служат четвертичные и современные ледниковые отложения, флювиогляциальные, морские, аллювиальные отложения различного механического состава, иногда щебнистые и каменистые. Эти отложения достаточно четко индицируются по особенностям рельефа поверхности и распределению растительных ассоциаций, что довольно ясно отображается на аэрофотоснимках.

Комплексность отложений, почвенного покрова и растительности характерна для всех подзон тундры. Для подзоны арктических тундр специфичны трещинно-нанополигональные и полигонально-валиковые комплексы. В подзонах типичной и южной тундры преобладают пучинно-бугорковые комплексы на более дренированных участках, а в более пониженных, менее дренированных местах - комплексы бугристых, плоскобугристых и грядово-мочажинных болот. В размещении растительных сообществ важную роль играют особенности почвообразования на породах различного механического состава. Растительные сообщества поэтому могут быть использованы как индикаторы различных отложений и их механического состава.

До сих пор тундровые ландшафты, их растительность и почвы изучены недостаточно, и поэтому индикационные закономерности установлены в них ограниченно. Однако имеющиеся индикационные сведения направлены на выявление таких важных характеристик природы, как определение состава поверхностных отложений, характера морозобойного растрескивания грунтов, определение глубины оттаивания почв и пород, выявление таликовых участков, глубины снежного покрова, особенностей свойств тундровых почв. Тесная связь распределения растительности с характером рельефа обусловливает необходимость использования совместно этих двух признаков в качестве индикаторов.

**5.1 ИНДИКАЦИЯ СОСТАВА ПОВЕРХНОСТНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ**

Индикация состава поверхностных отложений может производиться по характеру растительности и особенностям ее размещения по рельефу, что для труднодоступных тундровых просторов чаще всего осуществляется при помощи дешифрирования аэрофотоснимков.

**Индикация морских и прнбрежно-морских поверхностных отложений.** Морские и прибрежно-морские поверхностные отложения наиболее распространены в тундровой зоне, встречаются и в лесотундровой. Они состоят преимущественно из глинистых и суглинистых мерзлых пород, а также песчаных и супесчаных. Верхнечетвертичные морские и прибрежно-морские глинистые и суглинистые отложения индицируются развитием кустарнич-ково-моховой пятнистой тундры на плоских слаборасчлененных поверхностях водоразделов. Доминируют лишайниково-моховые сообщества на выпуклых участках микрорельефа, которые окружены ложбинками, занятыми кустарничками. Песчаные и супесчаные отложения, характерные для террас, индицируют кустарничково-лишайниковые тундры с несомкнутым растительным покровом (табл. 6). В качестве индикатора этих отложений можно использовать и особенности образования в них оврагов с характерными крутыми стенами, а также места не занятых растительностью песчаных надувов.

Таблица 6

**Индикация верхнечетвертичных морских и прибражно-морских поверхностных отложений в тун**драх

|  |  |
| --- | --- |
| Индикаторы | Индикаты |
| Кустарничково-моховые пятнистые тундрыКустарничково лишайниковые тундры | глины и суглинкипески и супеси |

**Индикация верхнечетвертичных и современных озерно-бо-лотных и болотных отложений.** На озерно-аллювиальных равнинах под полигональными болотами развиты верхнечетвертичные и современные озерно-болотные и болотные отложения с различной мощностью торфа. Так, валиково-полигональные болота центральных и южных тундр, где на валиках высотой 0,3-0,8 м и шириной 1-1,5 м размещаются кустарничково-зеленомошные сообщества, а в трещинах длиной несколько сотен метров - осоково-пушицевые фитоценозы, индицируют торф малой мощности - не более 1 м. Внутри полигоны заполнены водой. Полигональные болота в тундрах и лесотундрах, для которых характерно размещение в центральных частях крупных полигонов осоково-сфагновых и осоково-гипновых сообществ, а по ложбинам - осоково-пушицевых, являются индикаторами очень малой мощности торфа - 0,3-0,5 м. Торф значительной мощности (1-5 м), подстилаемый песками и супесями, в тех же ландшафтах указывают плоскобугристые торфяники со сфагново-кустарничково-лишайниковыми сообществами на полигонах и сфагново-осоково-пушицевыми по трещинам.

В лесотундре выпуклобугристые торфяники с кустарничково-лишайниковыми фитоценозами на буграх и мохово-лишайниковыми по склонам, а в мочажинах с осоково - пушицево-сфагновыми ассоциациями, индицируют мощность торфа 5-6 м и более, подстилается торф обычно суглинками.

Хорошо заметные достоверные индикаторы песков и супесей озерно-аллювиальных отложений в лесотундре - березово-лиственничные редколесья с развитием лишайников в напочвенном покрове, а суглинков и супесей - кустарничковые сообщества с редкой лиственницей (табл. 7).

Индикация **современных аллювиальных отложений.** Достоверно индицируются поймы рек и состав аллювиальных современных отложений по развитию лесных насаждений, которые по речным долинам заходят в тундру. Так, высокая пойма с относительным превышением 3-7 м в южной тундре занята ивняками, а в лесотундре - березово-лиственничными мшистыми лесами. Эти типы лесов индицируют тонкозернистые и крупнозернистые пески с линзами гравия и гальки. Низкая пойма с превышением до 3 м обнаруживается по отсутствию растительности; заливные луга - в южной тундре арктофиловые, а в лесотундре злаково-разнотравные - указывают мелкозернистые пески, чередующиеся с иловатыми супесями и илами

Таблица 7.

**Индикация верхнечетвертичных и современных озерно-болотных и болотных отложений в тундрах и лесотундрах**

|  |  |
| --- | --- |
| Индикаторы | Индикаты |
| Валиково-полигональчые болота центральной и южной тундрПолигональные болота тундры и лесотундрыПлоскобугристые торфяники южной тундры и лесотундрыВыпуклобугристые торфяники лесотундрыБерезово-листвепничные лишайникозые редины лесотундрыКустарничковые сообщества с редкой лиственницей в лесотундре | торф мощностью до 1 мторф мощностью 0,3-0,5 мторф мощностью 1-5 мторф мощностью 5-6 м и болееозерно-аллювиальные отложения - пески и супесиозерно-аллювиальные отложения - суглинки и супеси |

Арктофиловые, осоковые и пушицевые фитоценозы и осоково-гипновые болота индицируют в поймах тундры супеси, иловатые суглинки, а илы - в поймах лесотундры. К этим же отложениям в лесотундре приурочены осоково-сфагновые и пушицево-осоковые болота, которые служат их индикаторами (табл. 8).

Растительные индикаторы имеют своеобразный рисунок на аэрофотоснимках и хорошо дешифрируются по контурам и фону. Кустарничково-моховые пятнистые тундры на аэрофотоснимках выглядят в виде сливающихся серых округлых пятен и мелкой полосчатости из тонких темных извилистых линий.

Четкий полигональный рисунок в виде сети широких светлых линий, обрамляющих полигоны серого и светло-серого тона, дают на аэрофотоснимках валиково-полигональные болота. Кустарничково-лишайниковые тундры отображаются светло-серыми пятнами разных размеров на сером фоне, чередующимися с темно-серыми полосами. Полигональные болота хорошо дешифрируются по четкой сети светлых линий полигонального рисунка на темно-сером фоне всего снимка. Плоскобугристые торфяники изображаются пятнами светло-серого тона полигонального рисунка (^)угры), разделенными сетью темных ломаных линий (трещины). Выпуклобугристые болота изображаются на аэрофотоснимках как скопления округлых пятен светлосерого и серого тона, иногда пятна окружены светлыми кольцами - это обнажения торфа на вершинах бугров. Березово-лиственничные лишайниковые редины дают светло-серый тон с мелким полигонально-сетчатым рисунком. Тонкие темные линии, расширяясь, образуют пятна. Кустарничковые сообщества изображаются ячеисто-пятнистым рисунком серого тола с разветвленной сетью более темных полос.

Таблица 8

**Индикация современных аллювиальных отложений в поймах тундры и лесотундры**

|  |  |
| --- | --- |
| Индикаторы | Индикаты |
| Ивняки разнотравные и осоково-разнотравные в поймах тундрыБерезово-лиственничные разнотравные и мохо­вые леса в поймах лесотундрыАрктофиловые, осоковые и пушицевые фито­ценозы в поймах тундрыОсоково-сфагновые и пушицево-осоковые болота в поймах лесотундрыОтсутствие растительности в поймах тундры и лесотундрыЗаливные злаково-разнотравные луга в поймах лесотундрыЗаливные арктофиловые луга в поймах тундры | тонкозернистые и крупнозернистые пески с прослоями и линзами гравия и галькито жесупеси и иловатые суглинки, илыто жепески мелкозернистые и тонкозернистыето жечередование мелкозернистых песков, иловатых супесей и илов |

Речная сеть четко выделяется на аэрофотоснимках, а контуры растительности определяют ширину и характер поймедной террасы. Ивняки, развитые в поймах южной части тундры, и березово-лиственничные леса в поймах лесотундры, занимающие, обычно более повышенные гривы, изображаются серым и светло-серым тоном веерообразных и извилистых очертаний, дающих представления о рисунке грив. Арктофиловые, осоковые и пушицевые сообщества в южнотундровой пойме и осоково-сфа-гновые болота, пушицево-осоковые болота лесотундры выглядят на аэрофотоснимках в виде серых и темно-серых извилистых или веерообразных пятен, кроме того, обычно видны старицы. Отсутствие растительности показывают пятна светло-серого тона - это обычно песчаные косы. Пятна серого цвета обозначают заливные луга, среди них часто видны пятнами расположенные соры.

**Индикация морозобойного растрескивания и морозного пучения.** Широко развитые специфические для тундры процессы морозобойного растрескивания и морозного пучения поверхности создают своеобразные тундровые ландшафты. Индикатором этих явлений служит прежде всего форма рельефа поверхности, и лишь второстепенную роль играет растительность. Так, сеть морозобойных трещин на торфяниках, иногда слабая и теряющаяся, но образующая плоские полигоны, указывает на полиго-нально-трещинный процесс, на морозобойное растрескивание поверхности и образование повторно-жильных льдов. Образование полигонально-валикового рельефа в центральной тундре также указывает на морозобойную трещиноватость поверхности, причем внутренние части полигонов заполнены водой. Процессы морозного пучения на минеральных грунтах обнаруживают скопления бугров и гряд высотой 2-6 м, разделенные заболоченными понижениями, а на торфяниках - скопления торфяных бугров округлой и округло-вытянутой формы высотой 1-6 м, т. е. крупнобугристые и выпуклобугристые торфяники.

Пучение при промерзании замкнутых таликов указывает один, реже несколько бугров высотой от 3-6 и до 15-20 м при диаметре основания бугра от нескольких десятков до нескольких сотен метров. На вершинах таких бугров имеются воронки.

Морозобойное растрескивание и морозное пучение хорошо дешифрируются на аэрофотоснимках. Морозобойное растрескивание с образованием полигональной трещиноватости на аэрофотоснимке изображается прерывистой сетью тонких темных линий полигонального рисунка на общем от светло-серого до темно-серого тоне фотоснимка. Полигонально-валиковое растрескивание часто отражается на аэрофотоснимке сетью широких светлых линий полигонального рисунка на общем сером или темно-сером тоне.

Морозное пучение также отчетливо проявляется на фотоизображении в виде четких крупных пятен. Пучение минерального грунта изображают округлые пятна светло-серого тона, а пучение торфяников - скопления округлых и округло-вытянутых светлых пятен на общем сером фоне. При пучении, возникающем в таликах, на аэрофотоснимках видны округлые пятна более светлого тона, чем окружающая поверхность замкнутой котловины.

**Индикация высоты снежного покрова.** Сплошной снежный покров лежит на поверхности почвы лишь в самом начале зимы. Сильные ветры обычно сдувают снег в микропонижения рельефа, остается снег и на склонах, защищенных от прямых холодных и сильных ветров. Все части растений, оказывающиеся над поверхностью снежного покрова, отмирают, как бы срезанные ветром в результате морозного иссушения. Поэтому по высоте надземных побегов растений можно судить о мощности снежного .покрова в различных участках ландшафтов тундры. Наиболее «теплыми» оказываются поверхности, наклоненные под углом в 45°, лучше всего улавливающие косые лучи низкостоящего солнца и защищенные от прямых ветров. Эти участки индицируются по развитию цветковых растений, образующих так называемые «тундровые цветники». Здесь значительная высота надземных частей растений указывает на большую мощность снегового покрова, а глубина распространения корневых систем растений - на несколько более глубокий слой прогревания и оттаивания почвы.

**Глубина слоя сезонного протаивания.** Глубина протаивания почв и грунтов - чрезвычайно важный фактор для поселения растений в тундре и лесотундре. Так, в подзоне типичных тундр, на морской равнине, под мелкокочковатыми кустарничково-лишайниковыми тундрами пески и супеси, перекрытые торфом мощностью меньше 0,5 м, оттаивают всего на 0,3-0,5 м, а суглинки и супеси под пятнистыми, кустарничково-моховыми и кустарничково-мохово-лишайниковыми тундрами - на 0,7-0,8 м.

В подзоне южных тундр на водоразделах пятнистые тундры с осоково-кустарничковыми и моховыми фитоценозами индицируют протаивание суглинков и супесей под маломощным слоем торфа всего на глубину 0,6-1,0 м. В лесотундре торфяники болот протаивают летом только на 0,4-0,6 м, однако по долинам рек и по логам ивняки указывают протаивание суглинков на 1,2-1,4 м. В лиственнично-еловых редколесьях, развитых на песчаных и супесчаных почвах, протаивание почв и грунтов происходит на глубину 1,0-1,5 м, а под лиственничными зла-ково-хвощовыми рединами - на 2,5-3 м.

**Индикация термокарстовых явлений.** Явления термокарста в тундре и лесотундре широко развиты и являются показателями не только современных экзогенных геологических процессов, но и особенностей льдистости отложений. Проявление процессов термокарста, образование термокарстовых провалов, связано с неустойчивостью температуры льдистых отложений. Изменения в сторону потепления климата, обусловленные его вековой периодичностью и краткоциклическими проявлениями, ведут к изменению термического состояния многолетнемерзлых пород, их протаиванию и образованию карстовых форм поверхности.

Различные формы термокарстовых западин и провалов позволяют судить о размерах ледяных залежей и иногда о литологическом составе поверхностных отложений.

Индикаторами различных явлений термокарста служат прежде всего формы термокарстовых образований. Так, мелкие формы - западины, блюдца, округлые и овальные, - указывают на протаивание отдельных линз на крупных ледяных залежах, в то время как полигонально-термокарстовые образования связаны с протаиванием повторно-жильных льдов. Глубококотлованные карстовые провалы служат указателями протаива-ния крупных пластовых залежей инъекционных и погребенных льдов (табл. 9).

На аэрофотоснимках явления термокарста хорошо выражены. Так, полигонально-термокарстовые образования изображаются многоугольными пятнами темно-серого тона на общем сером фоне. Пятна обрамлены узкими светло-серыми полосами. Глубококотлованные формы термокарста изображаются крупными темно-серыми пятнами на общем сером или светло-сером фоне. Пятна состоят из нескольких субконцентрических колец темно-серого, серого и светло-серого тона.

Таблица 9

**Индикация термокарстовых явлений**

|  |  |
| --- | --- |
| Индикаторы | Индикаты |
|  Полигонально-ячеистые озера на торфе. Многоугольные озерки во внутренних частях полигонов Плоскобугристые торфяники. Плоские бугры разделены широкими глубокими трещинами до 3 м Скопление глубоких озерных котловин - 10 м и более, диаметром от сотен метров до 1,5-2 км, склоны крутые, центральные части котловин с водой | термокарст с протаиванием повторно-жильных льдовто жеглубококотловинный термокарст с протаиванием крупных пластовых залежей инъекционных и погребенных льдов |

**Индикация глубины залегания многолетней мерзлоты.** Растительность может служить индикатором глубины залегания многолетней мерзлоты и особенностей ее сезонного протаива-ния. Различные тундровые сообщества довольно четко коррелируют с глубиной сезонного протаивания мерзлоты. В пятнистых и бугристых тундрах многолетняя мерзлота находится на глубине 10-20 см от поверхности почвы. Развитие фитоценозов из зеленых мхов - гилокомиума, аулакомниума болотного, осок, пушицы, карликовой березки и некоторых полярных ив - служит индикатором глубины сезонного протаивания на 0,3-0,5м для суглинистых почв, а группировка куропаточьей травы указывает на такую же глубину протаивания песчаных и супесчаных почв.

Протаивание глинистых почв на глубину 0,5-1,0 м указывают фитоценозы с доминированием зеленых мхов, гречишки живородящей, мытника пестроцветного и пушицы, а на глубину 0,7-1,0 м песчаных и супесчаных почв - сообщества из карликовой березки, под пологом которой развит ковер сфагновых мхов. Довольно большую глубину протаивания многолетне-мерзлых почв и пород (1,5-2 м) индицируют сообщества из хвоща полевого, вероники альпийской, фиалки двухцветной, а также ерники и заросли кустарничков - брусники,багульника, черники.

**5.2 ИНДИКАЦИЯ ПОЧВ**

Индикационные закономерности, связанные с указанием особенностей типовой подтипов почв и их свойств в тундрах и лесотундре, до сих пор установлены лишь в общих чертах.

Самые северные арктические пустынные почвы со слабо дифференцированным профилем, развитые по трещинам поверхности, индикационно связаны с трещинно-полигональным рельефом, который отчетливо изображается на аэрофотоснимках. Маршевые солончаковые почвы могут быть опознаны по гало-фитной растительности низменных берегов островов, заливаемых во время приливов. Болотно-арктические глеевые почвы могут быть индицированы развитием арктической болотной растительности, характерной для застойного увлажнения, а неглее-вые - по гигрофильной растительности, требующей проточного увлажнения.

Для зоны субарктических тундр индикация типов и подтипов почв несколько полнее, чем для почв Арктики. Характерный тип тундровых глеевых почв соответственно подзонам делится на подтипы: подтип аркто-тундровых почв, которые следует искать в подзоле арктических тундр, подтип тундровых глеевых почв, развитых в подзоне типичных тундр, и подтип тундровых глеевых оподзоленных почв, распространенных в подзоне южной тундры. Указателем арктотундровых почв может служить пятнистая трещинно-нанополигональная тундра. Тундровые глеевые почвы дндицируются развитием пучинно-бугорковых форм рельефа с моховыми и кустарничково-моховыми тундрами.

В подзоне южной тундры на тундровые глеевые оподзолен-ные почвы, в профиле которых выражены явные признаки оподзоливания, указывает развитие кустарниковых тундр с преобладанием низкорослых ив. Признак оподзоливания сам может служить указателем, возможно распространенных здесь ранее, во время голоценового климатического оптимума, лесов и лесных почв. Растительные индикаторы на легкие породы в то же время могут быть указателями и на тундровые иллювиально-гумусовые почвы, которые встречаются во всех подзонах тундры на достаточно дренированных местах.

Прежде всего на иллювиально-гумусовые песчаные и супесчаные почвы указывают фитоценозы с господством лишайников. Индикатором этих почв может служить пятнистая лишайниковая тундра с доминированием лишайников и лишь с небольшим участием зеленых мхов и некоторых цветковых растений.

В южных тундрах на кварцевых песках можно индицировать иллювиально-гумусовые подзолы, связанные частично с распространением ерников из Betula папа. Эти так называемые карликовые подзолы больше распространены, однако, в северной тайге.

В пониженных элементах рельефа пушицево-осоково-сфагновые болота служат указателем тундровых торфянисто-глеевых почв.

В работе Е. Н. Ивановой (1962), касающейся тундр севера Западной Сибири, также показана связь растительности и почв. Так, в тундровых ландшафтах Обской губы, где имеется чередование более дренированных пространств с увалистым рельефом и выровненных заболоченных понижений, была выявлена определенная приуроченность почв к элементам рельефа и растительным ассоциациям. Для увалистых мелкобугорчатых повышений, покрытых сфагновыми болотами с морошкой и приземистым багульником, характерны тундровые глеевые аллювиально-гумусовые мерзлотные песчаные почвы, а для выровненных междоувалистых пространств, где развиты пушицево-осоково-сфагновые болота, - болотные мерзлотные, перегнойно-торфяно-глеевые почвы.

**ГЛАВА 6 ИНДИКАЦИОННЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ В ЛЕСАХ**

***Леса*** - сложный тип растительности, в котором эдификаторная роль принадлежит деревьям. С самого возникновения наук о лесе - лесоведения, лесной типологии - их основоположник Г. Ф. Морозов подчеркивал взаимосвязь и взаимообусловленность лесного фитоценоза и среды, раскрывал их динамическое единство. Рассматривая лес как явление биологическое, географическое, социальное и историческое, Г. Ф. Морозов сформулировал понятие о типе леса, которое потом было развито и уточнено в работах В. Н. Сукачева.

Типология лесов, разработанная В. Н. Сукачевым, имеет в настоящее время самое широкое применение. Согласно этой типологии тип леса- наименьшая естественноисторическая единица классификации лесов. Тип леса устанавливается по наличию определенных преобладающих видов, в том числе видов-эдификаторов, строителей фитоценоза, обусловливающих создание специфической фитосреды. Тип леса характеризуется определенным составом и строением древостоя, особенностями возобновления древесных пород, наличием или отсутствием подлеска, особенностями травяно-кустарничкового и мохового покровов, спецификой почвенных условий, определенным типом обмена веществом и энергией. В. Н. Сукачев подчеркивал, что при характеристике типа леса необходимо останавливаться на биологических признаках и лесоводственных свойствах. Он разделял леса на коренные и производные. Формации коренных лесов (еловых, сосновых, дубовых и т. д.), существование которых обусловлено климатическими и эдафическими факторами, долговременны, а производных (березовых, осиновых) - кратковременны. Их образование связано с деятельностью человека (рубки, пожары) или с необычными катастрофическими природными явлениями - сплошным ветровалом, нападением вредителей. Иногда возникают устойчиво-производные типы леса когда производное сообщество существует несколько поколений или вообще остается на данном месте, например дубовый лес после выборки ели в сложном дубо-ельнике.

В лесной типологии широко используются индикационные закономерности. Они направлены на установление типов леса, на отделение одного типа леса от другого, на раскрытие сложных взаимоотношений фитоценозов и почвенных, гидрологических условий, сукцессионных процессов, взаимосвязи с животными организмами, на установление антропогенного воздействия на леса и т. д.

.В. Н. Сукачевым создана классическая схема эколого-фитоценотических рядов типов ельников и сосняков европейской части СССР (рис. 2 и 3). На осях координат соответственно рядам: Л - увеличение сухости почвы при .некотором обеднении питательными элементами; В - увеличение застойного увлажнения и ухудшение аэрации почв; С - увеличение богатства почв и улучшение аэрации; D - увеличение увлажнения проточной водой; Е - переходное увлажнение от застойного к проточному, - размещены группы типов леса. В природе эти группы типов леса могут быть удалены друг от друга, между ними могут встречаться и переходные. Центральное место в схеме ельников отдано ельннкам-зеленомошникам. Леса этой группы - ельники-кисличники, ельники-черничники и ельники-брусничники - занимают места с достаточно развитым рельефом и хорошей дренированностью, с более или менее богатыми почвами.

рис. 2 . Схема эколого-фитоценотических рядов типов еловых лесов по В.Н.Сукачеву

рис. 3. Схема эколого-фитоценотических рядов типов сосновых лесов по В.Н.Сукачеву

Ельники-долгомошники занимают места со слаборазвитым рельефом, слабодренированные, с несколько заболоченными почвами. Ельники сфагновые развиты на местах с выровненным рельефом, не дренированных и заболоченных. Болотно-травяные ельники и ельники приручейные размещены по дну логов с заболоченными почвами, но с проточным увлажнением.

Сложные ельники, для которых характерно участие во втором ярусе широколиственных пород - дуба, липы, клена остролистного, занимают места с богатыми хорошо дренированными почвами, иногда с близким залеганием известняков. Подобное же размещение групп типов леса установлено В. Н. Сукачевым и для сосновых лесов, здесь .на схеме крайнее положение в ряду А занимает сосняк лишайниковый.

В 40-х годах нашего столетия В. Н. Сукачевым создано учение о биогеоценозах и о лесных биогеоценозах, в частности. В настоящее время биогеоценология прочно вошла в число естественных наук. В. Н. Сукачев (1964) дал такое определение биогеоценоза: «Биогеоценоз - совокупность на известном протяжении земной поверхности однородных природных явлений (атмосферы, горной породы, растительности, животного мира и мира микроорганизмов, почвы и гидрологических условий), имеющая свою особую специфику взаимодействия слагающих ее компонентов и определенный тип обмена веществом и энергией между собой и другими явлениями природы и представляющая собой внутреннее противоречивое диалектическое единство, находящееся в постоянном движении и развитии».

В. Н. Сукачевым раскрыты взаимоотношения компонентов биогеоценоза, выявлена его функциональная структура. В соответствии с представлениями биогеоценологии В. Н. Сукачев понимает тип леса как тип лесного биогеоценоза. К типу лесного биогеоценоза следует относить «объединение участков леса, однородных по составу древесных пород, по другим ярусам растительного покрова и фауне, микробному населению, климатическим, почвенным и гидрологическим условиям, по взаимоотношениям между растениями и средой, внутрибиогеоценоти-ческому обмену веществом и энергией, по восстановительным процессам и направлениям смены в них».

Развивая учение В. Н. Сукачева о лесном биогеоценозе, Н. В. Дылис (1978) ввел понятие о его горизонтальной делимости, парцеллярном сложении: «Биогеоценотическими парцеллами называются структурные части горизонтального расчленения биогеоценоза, отличающиеся друг от друга составом, структурой и свойствами компонентов, спецификой их связей и материально-энергетического обмена». Парцеллярность, пятнистость в строении леса резче выражена в естественных коренных лесах и меньше - в производных и искусственных насаждениях, возникших на местах лесосек, в полезащитных полосах и др. Это естественный процесс развития лесного биогеоценоза, связанный с разновозрастностью древостоя - вывалом старых деревьев и различным направлением флуктуации и сукцессии на освободившихся местах - бугре и яме выворота корневой системы дерева. Различают коренные парцеллы, остаток старо-возрастного участка фитоценоза, производные парцеллы, возникшие на местах вывала деревьев, парцеллы основные-крупные и дополнительные - небольшие по размерам.

При индикационных исследованиях нужно учитывать парцеллярное сложение леса и особенности направления внутри- и межпарцеллярных флуктуации и сукцессии. Коренная парцелла характеризует свойства изучаемого типа биогеоценоза, строение растительного компонента и соответствующие ему зрелые почвы данной зоны. В остальных парцеллах растительность может представлять одну из сукцессионных стадий, например развитие сфагновых мхов в яме вывала или образование малиновой парцеллы на месте «окна» при выпадении елей в древостое. Почвы не всегда будут отвечать растительности таких парцелл, так как в данном случае процесс современного почвообразования может быть затушеван недавним прошлым почвообразованием, происходившим под ненарушенным древостоем, т. е. необходимо учитывать сочетание в почвах современного и прошлого почвообразования.

Другая типология лесов, принятая в нашей стране, главным образом на Украине, -это типология П. С. Погребняка (1955). Она основана на учете особенностей местообитания и представляет собой типологию лесорастительных условий. Тип леса понимается широко как тип лесорастительных условий. Для обозначения типа леса используются народные названия - бор, суборь, сложная суборь, дубрава.

Учитываются такие факторы местообитаний, как богатство почв, (трофотоп), влажность (гидротоп), и различаются соответственно четыре и шесть их градаций. Сочетания этих градаций отображены в эдафической сетке (табл. 10). Такая сетка построена для лесов Полесья и лесостепи. В ней буквами обозначена степень богатства почв элементами питания, где размещаются последовательно от бедных до богатых: А - бор, В - суборь, С - сложная суборь, D - дубрава. Цифрами - степень увлажнения почв: 0 - очень сухие, / - сухие, 2 - свежие, 3 - влажные, 4 - сырые, 5 - мокрые. Сочетание этих признаков говорит о соответствующем типе леса - сухой бор, свежий бор, влажный бор и т. д. В пределах -каждого типа леса П. С. Погребняк помещает коренные и производные фитоцено-зы, понимая их так же, как и В. Н. Сукачев. Так, в типе леса Лг - свежий бор - могут быть и сосняки-зеленомошники и березняки.

П. С. Погребняк (1955) широко использовал растения-индикаторы для выделения типа леса: «Самые ценные индикаторы, свидетельствующие о климате, плодородии и увлажнении почв, - это древесные породы». Он подчеркивал индикаторное значение класса бонитета древесной породы. Большое внимание уделяется и травянистым, кустарничковым растениям, мхам и лишайникам как индикаторам экологической обстановки лесного фитоценоза, что видно при рассмотрении эдафической сетки, в каждой клетке которой помещены соответствующие растения-индикаторы определенных трофо- и гидротопов. В эдафической сетке показаны, таким образом, растения-индикаторы, соответствующие определенным экологическим режимам (см. табл. 10).

**6.1 ИНДИКАЦИЯ ГЕОЛОГО ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ**

В зависимости от целей и объекта индикации в качестве индикаторов используют как отдельные лесные фитоценюзы и их признаки, так и объединения: типы и более крупные классификационные единицы - группы типов, формации, группы и классы формации. Можно брать и группы видов или отдельные растения - доминанты и детерминанты, однако последние большей частью пригодны только при детальных крупномасштабных исследованиях.

При картировании, дешифрировании аэрофотоснимков, работе с космоматериалами, районировании территории для индикации применяют обычно типы лесов и их более крупные объединения. Сопоставлением карт растительности с геологическими и геоморфологическими можно выявить определенные индикационные зависимости между лесными формациями и типами геолого-геоморфологического строения территории, ее литолого-генетический комплекс (Викторов, 1979). Так, формация еловых лесов в европейской части страны индицирует донно-моренные равнины (равнины основной морены), которые образовались под действием ледника вдали от его краев. Сложены они валунными суглинками. Эта формация индицирует также конечные морены, отлагающиеся у краев ледника при его длительных остановках. Формация сосновых лесов служит указателем водных аккумулятивных равнин, зандровых водно-ледниковых равнин, сложенных слоистыми разнозернистыми песками, а также аллювиальных равнин. Эта формация индицирует, кроме того, материковые дюны (эоловые холмы), озы - образования отложений подледниковых потоков, сложенные косослоистыми песками с гравием, галькой и валунами, камы-холмы округлой формы, возникшие в проталинах льда в области конечной морены, сложенные слоистыми песками, иногда супесями, реже суглинками.

Таблица 10

**Индикационная схема (по П.С.Погребняку)**

Сосново-еловые леса показывают конечные морены, а также надпойменные террасы рек. Дубово-еловые леса индицируют конечные морены, а елово-дубовые - связаны с долинами рек и надпойменными террасами. Елово-сосновые леса указывают материковые дюны, озы, камы, надпойменные террасы. Дубовые и грабовые леса индицируют эрозионные (скульптурные) равнины и конечные моренные гряды. Таким образом, в общей форме можно показать индикационную связь лесных формаций с геоморфологическими условиями территории (Лукичева, 1963).

**6.2 ИНДИКАЦИЯ ЛЕСНЫХ ПОЧВ**

Группы типов леса можно использовать при картировании и других исследованиях почв в качестве индикаторов их типов и подтипов, т. е. для индикации крупных таксономических подразделений почв следует брать и крупные классификационные объединения растительности. Так, группы типов еловых и сосновых лесов европейской части СССР индикационно связаны с подзолистыми, болотно-подзолистыми, торфяными, болотными верховыми и низинными типами почв (табл. 11).

Подобная зависимость групп типов и типов леса от почвенных условий была показана еще В.Н.Сукачевым (см. табл. 11).

Таблица 11

**Индикационныз зависимости между типами еловых лесов и почвами (по В.Н.Сукачеву)**

' Названия почв даны по книге «Классификация и диагностика почв СССР» (М., 1977).

Для каждого типа леса им .названы не только почвы, но и особенности лесной подстилки, характеризуемой по специфике ее разложения,-«грубогумусный покров». Он также указывает и класс бонитета древесной породы - эдификатора каждого типа Леса, т. е. подчеркивает особенности производительности лесных почв. Эти положения В. Н. Сукачева могут быть и сейчас применимы в индикационных целях при характеристике почвенных условий лесов.

При детальных исследованиях лесных биогеоценозов, изучении структур почвенного покрова в них можно выявить преобладающую связь типов леса не только с типом и подтипом почв, но и с родом и видом. Так, в еловых лесах южной тайги (Калининская обл.) наблюдаются следующие индикационные закономерности: ельникам-кисличникам обычно соответствуют средне- и сильноподзолистые почвы, суглинистые слабо- и сред-негумусированные (рис. 4). Ельники зеленчуково-папоротнико-вые, хвощево-папоротниковые часто указывают оторфованные средне- и сильноподзолистые почвы, среднегумусированные. Ельники-черничники, вейниково-черничники, бруснично-черничники связаны в распространении с сильноподзолистыми оторфованными почвами слабо- и ореднегумусированными, глееватыми. Ельники чернично-сфагновые индицируют торфянисто (торфяно) - сильноподзолистые почвы, слабогумусированвые, а ельники сфагновые - торфяники.

рис. 4. Травяной покров в ельнике-кисличнике – индикатор подзолистых суглинистых почв: 1 – грушанка круглолистная; 2 -

Сосновые леса южной тайги индицируют подзолистые супесчаные почвы. Обильное развитие черники в травяно-кустарничковом покрове служит указателем подзолистых супесчаных в разной степени оглееных почв (рис. 5).

рис. 5. Травяно-кустарничковый покров в сосняке-черничнике – индикатор подзолистых супесчаных оглеенных почв: 1 – черника;

В производных лесах индикационные связи растительного и почвенного компонентов менее отчетливы, так как формирование почвенного покрова в них связано не только с современной стадией развития фитоценоза, но и с предшествующей, характерной для коренного леса, существовавшего здесь ранее. В почвенном профиле поэтому бывают отражены как стадия текущего, так и стадия предшествующего почвообразования. Кроме того, после вырубки леса почвы обычно становятся на градацию влажнее, что также необходимо учитывать при использовании производных лесов в качестве индикаторов почв.

Дубовые леса, или дубравы, составляют зону широколист-веных лесов европейской части СССР, которой соответствует тип серых лесных почв. Серые лесные почвы, характеризующиеся значительным содержанием гумуса, разделяются на три подтипа: темно-серые, серые и светло-серые лесные почвы. Эти подтипы могут быть обнаружены по соответствующим им специфическим типам дубовых лесов.

Темно-серым лесным почвам свойственны высокобонитетные сложные ясеневые дубравы со снытью. В первом ярусе древостоя к дубу в значительном количестве прибавляется ясень, а во втором - преобладают липа мелколистная, клен остролистный, ильм. Подлесок составляют широколиственные кустарники - лещина, бересклет, а в травяном покрове господствует дубравное шярокотравье - сныть, купена многоцветковая, ясменник душистый. Серые лесные почвы могут быть опознаны по развитию дубрав без ясеня - дубняков и липо-дубняков зеленчуковых и зеленчуково-снытевых. К светло-серым лесным почвам, для которых часто характерна карбонатность, приурочены дубняки более низкого класса бонитета с большим количеством клена полевого и более ксерофитным дубравным шярокотравьем с преобладанием осоки волосистой.

**6.2.1 ИНДИКАЦИЯ ЛИТОЛОГИЧЕСКОГО СОСТАВА ПОВЕРХНОСТНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ И МЕХАНИЧЕСКОГО СОСТАВА ПОЧВ**

Лесные фитоценозы, относимые к определенным типам леса, служат достоверными индикаторами литологического состава верхней толщи грунтов и механического состава почв. В европейской части СССР ельники-зеленомошники, ельники-кисличники и черничники индицируют моренные суглинки с валунами мощностью 20 м и более; механический состав почв - суглинистый. Ельники-долгомошники,. чернично-долгомошники, багульниково-долгомошники показывают подстилающие торф (мощность торфа до 30 см) моренные суглинки, часто уплотненные и бесструктурные, иногда с валунами. Ельники сфагновые - индикаторы подстилающих торф (мощностью до 50 см) моренных суглинков с валунами. Ельники сложные (дубовые, лещиновые) указывают суглинки, подстилаемые карбонатными породами, известняками. Механический состав почв - суглинистый. Сосново-ельники-кисличникии сосново-ельники-черничники - показатели моренных суглинков или ленточных глин, с поверхности перекрытых маломощными песками или супесями. Мощность суглинков до 20 м. Механический состав почв - супесчано-суглинистый. Дубо-ельники с сосной, травяно-зеленомошники индицируют пески и супеси, подстилаемые карбонатными суглинками или известняковым элювием. Механический состав почв - супесчаный.

рис. 6. Травяной покров дубняка снытевого – индикатор темно-серых лесных почв: 1 – звездчатка ланцетолистная; 2 – копытень;

Сосновые леса - верные показатели песчаных отложений, их мощности, а также песчаного механического состава почв. Сосняки лишайниковые и овсяницевые индицируют песчаные отложения мощностью 3-10 м и более. Пески однородные, тонкозернистые в верхних 1-2 м, хорошо отсортированные. Это дюны, флювиогляциальные или аллювиальные пески вторых террас. Сосняки-зеленомошники брусничные и вересковые указывают пески мощностью 1-3 м, а сосняки-черничники моли пневые и орляковьге - разнозернистые пески мощностью 1-2 м, иногда с линзами супесей. Последние занимают нижние части склонов песчаных холмов и котловины между дюнами по окраинам больших замкнутых понижений.

Сосняки-долгомошники, голубично-долгомошники, багульниково-долгомошники (сосна здесь имеет болотную форму – (*f. uliginosa*) индицируют пески или супеси, перекрытые слоем торфа в 30-50 см. Под торфом обычно залегает слой выщелоченного песка. Располагаются они по понижениям и окраинам сфагновых болот. Сосняки сфагновые, багульниково-сфагновые, голубично-сфагновые с низкорослой сосной болотных форм (*f. Litwinowii* и *f. Willkommii*) указывают пески, подстилающие торф. Торф имеет мощность от 0,5 до 3-5 м. Распространены по периферии олиготрофных сфагновых болот. Сосняк пушицево-сфагновый развит на верховых болотах и указывает пески, а иногда и более тяжелый литологический состав грунтов, подстилающих торф. Слой торфа мощностью от 1 до 8-12 м.

Различным типам леса соответствует определенная глубина залегания почвенно-грунтовых вод. Их можно использовать для индикации уровня почвенно-грунтовых вод в середине сезона вегетации, а также для определения характера увлажнения почв (застойное или с подвижными водами). Для этих же целей можно применять группы видов растений-индикаторов (табл. 12).

Группы типов и типы леса широко используются при индикации природных условий: геолого-геоморфологического строения территории, литологии поверхностных отложений, особенностей почвенного покрова, механического состава почв, глубины залегания грунтовых вод. Часто при этих индикационных исследованиях применяют аэрофотоматериалы, что дает возможность обзора большой лесной территории. Аэрофотоснимки необходимы также при составлении соответствующих природных и индикационных карт. Для этого необходимо знать некоторые дешифровочные признаки фотоснимков лессв. Так, ельники-зеленомошники отображаются на аэрофотоснимках в виде участков темно-серого тона с плотной мелкозернистой структурой, а ельники-долгомошники выглядят мелкозернистыми серыми пятнами, часто примыкающими .к светло-серым участкам. Хорошо выделяются ельники сфагновые по светло-серому фототону и мелкозернистой диффузной структуре.

Сложные ельники также хорошо различимы по извилистым контурам и среднезернистой неравномерной структуре серого рисунка. Часто они находятся среди белых участков лугов и пашен. Виден различный состав древостоя из ели и широколиственных пород.

**6.2.2 ИНДИКАЦИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ЛЕСНЫХ ПОЧВ ПО КЛАССУ БОНИТЕТА ДРЕВЕСНОЙ ПОРОДЫ**

Для индикации лесорастительных условий можно использовать не только растительные сообщества в целом, типы и группы типов леса, но и особенности роста древесных пород. По высоте дерева в определенном возрасте, по общему габитусу дерева, особенностям его очищения от сучьев, сбежистости ствола и некоторым другим признакам определяют состояние, жизненность породы в данных условиях. Класс бонитета указывает на особенности производительности лесного участка, его определяют по высоте среднего дерева данной породы в данном возрасте. Различают пять классов бонитета. Класс бонитета древесной породы-эдификатора служит, таким образом, верным показателем производительности лесных почв, лесорастительных особенностей участка. Класс бонитета различных древесных пород показан в таксационных справочниках, где он рассчитан на основании экспериментальных данных. Для индикационных целей можно привести таблицу расчета класса бонитета от высшего I (или 1а, т. е. выше I) до низшего V (или Va, т. е. ниже V) для хвойных пород. (табл. 13). В табл. 13 возраст показан через десять лет (т. е.дан по классам возраста хвойных пород), цифры в столбцах указывают высоту, характерную для этого возраста. Верхняя горизонтальная строка - класс бонитета. При работах в лесу, измерив высоту дерева данной породы (например, эдификатора) и зная возраст, можно определить по таблице, к какому бонитету оно относится.

Таблица 10

**Типы лесов – указатели уровня почвенно-грунтовых вод в Южной тайге**

Таблица 13

**Расчет класса бонитета хвойных пород в зависимости от возраста (лет) и высоты (м) (по Орлову)**

|  |  |
| --- | --- |
| Возраст, лет | Класс бонитета |
|  | la | I | ц | III | IV | V | Va |
| 10 | 6-5 | 5-4 | 4-3 | 3-2 | 2-1 |  |  |
| 20 | 12-10 | 9-8 | 7-6 | 6-5 | 4-3 | - | 1 |
| 30 | 16--14 | 13-12 | 11-10 | 9-8 | 7-6 | 5-4 | 3-2 |
| 40 | 20-18 | 17-15 | 14-13 | 12-10 | 9-8 | 7-5 | 4-3 |
| 50 | 24-21 | 20-18 | 17-15 | 14-12 | 11-9 | 8-6 | 5-4 |
| 60 | 28-24 | 23-20 | 19-17 | 16-14 | 13-11 | 10-8 | 7-5 |
| 70 | 30-26 | 25-22 | 21-19 | 18-16 | 15-12 | 11-9 | 8-6 |
| 80 | 32-27 | '27-24 | 23-21 | 20-17 | 16-14 | 13-11 | 10-7 |
| 90 | 34-30 | 29-26 | 25-23 | 22-19 | 18-15 | 14-12 | 11-8 |
| 100 | 35-31 | 30-27 | 26-24 | 23-20 | 19-16 | 15-13 | 12-9 |
| 110 | 36-32 | 31-29 | 28-25 | 24-21 | 20-17 | 16-13 | 12-10 |
| 120 | 38-34 | 33-30 | 29-26 | 25-22 | 21-18 | 17-14 | 13-10 |
| 130 | 38-34 | 33-ЭО | 29-26 | 25-22 | 21-18 | 17-14 | 13-10 |
| 140 | 39-35 | 34-31 | 30-27 | 26-23 | 22-19 | 17-14 | 13-10 |
| 150 | 39-35 | 34-31 | 30-27 | 26-23 | 22-19 | 18-14 | 13-10 |
| 160 | 40-36 | 35-31 | 30-27 | 26-23 | 22-19 | 18-14 | 13-10 |
| 170 | 40-36 | 35-31 | 30-27 | 26-23 | ^2-19 | 18-14 | 13-10 |
| 180 | 40-36 | 35-31 | 30-27 | 26-23 | 22-19 | 18-14 | 13-10 |
| 190 | 40-36 | 35-31 | 30-27 | 26-23 | 22-19 | 18-14 | 13-10 |
| 200 | 40-36 | 35-31 | 30-27 | 26-23 | 22-19 | 18-14 | 13-10 |

Определенное значение класса бонитета пород для характеристики лесорастительных условий показано в работах П. С. Погребняка, где дано размещение изобонитетов различных пород по условиям мест их произрастания. Используя эдафическую сетку П. С. Погребняка, можно расположить в ней различные древесные породы - сосну, ольху, дуб - соответственно их массам бонитета в связи с особенностями плодородия и увлажнения почв (табл. 14).

Таблица 14

**Распределение древесных пород различных классов бонитета в связи с изменениями плодородия и увлажнения почв (по П. С. Погребняку)**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Почвы | Бедные | Более богатые | Довольно богатые | Богатые |
| Сухие | сосна V, IV | сосна II дуб V | сосна II дуб IV | дуб IV, III |
| Свежие | сосна III, II | сосна II, I дуб IV | сосна 1а дуб III | дуб II, I |
| Влажные | сосна II, III | сосна I, II дуб IV | сосна 1а дуб II | дуб I, 1а |
| Сырые | сосна IV | сосна IV, III дуб IV ольха IV | сосна II дуб III ольха III | дуб II ольха I, II |
| Мокрые | сосна V, Va | сосна V, IV ольха IV | ольха II, III | ольха I, 1а |

Для южной тайги можно проследить связь класса бонитета ели с цветом подзолистого горизонта почв, обусловленным различным окрашиванием его соединениями железа. Так, ель I класса бонитета обычно связана с палевоподзолистыми почвами, II и III классов бонитета - чаще приурочена к бело-подзолистым почвам, в то. время как ель IV класса бонитета индицирует торфянисто-белоподзолистые почвы.

**6.3 ИНДИКАЦИЯ НЕКОТОРЫХ ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЧВ**

**Индикация оглеенности почв по видам травяно-кустарнич-кового покрова.** Индикация важного признака оглеенности почв может быть проведена по видам растений, если они встречаются в массе. Индикаторами близкого глеевого горизонта в лесных почвах или признаков оглеения в них служат растения гравяно-кустарничкового покрова леса, связанные с застойными водами. Наиболее верно на оглеение почв указывают заросли черники, таволги вязолистной, вербейника обыкновенного. Индикаторами оторфованности лесных почв иногда служат обильное разрастание некоторых папоротников (папоротника широкого, *Dryopteris dilatata*), а также включения сфагнума Гиргензона и мха кукушкина льна в напочвенном покрове.

**Индикация общего количества питательных элементов в почвах.** В качестве индикаторов общего количества питательных элементов в почвах успешно могут быть использованы растения травяно-кустарничкового и мохово-лишайникового покровов леса. Группы видов травянистых и кустарничковых растений, мхов и лишайников тонко реагируют на содержание питательных элементов в почвах и служат поэтому достаточно верным его показателем.

В качестве индикаторов в данном случае выступают экологические группы лесных видов. Так, растения-оляготрофы - индикаторы бедных элементами питания почв. К ним относятся прежде всего облигатные олиготрофы - сфагновые мхи и лишайники - кладонии, цетрария, пельтигера. Из цветковых растений это обычно виды, имеющие микоризу эндотрофную и экзотрофную,- черника, брусника, вереск, клюква, андромеда, багульник, растения песчаных почв - кошачья лапка, ястре-бинка волосистая, белоус, бессмертник и др.

Мезотрофы, т. е. растения, довольствующиеся средней обеспеченностью почв минеральным питанием, служат верными индикаторами почв среднего плодородия. Это зеленые мхи (ри-тидиадельфус и гилокомиум), папоротник мужской, ветреница:

лютиковая, земляника, смолевка поникшая, грушанка круглолистная, вероника дубравная, иван-да-марья, душица, яснотка пурпурная, любка двулистная и др. Растения-эвтрофы (или мегатрофы), требующие для успешного развития большого количества питательных элементов в почвах, служат указателями почв, обеспеченных минеральными элементами. К этой группе относятся мох мниум, папоротник страусовое перо, малина, таволга вязолистная, крапива двудомная, пролесник многолетний, лунник, копытень, иван-чай, купырь лесной, медуница неясная, коротконожка лесная, овсяница гигантская и некоторые другие виды. Растения, которые могут расти и успешно развиваться на почвах разного плодородия - эвритрофы - в качестве индикаторов использованы быть не могут.

**Индикация обеспеченности почв азотом.** Азот - один из важнейших элементов питания растений. С ним связано нормальное развитие зеленой части надземных органов, а следовательно, общее состояние, жизненность растения. На богатство почв азотом указывает интенсивная зеленая окраска листвы, а также развитие специальных растений - нитрофилов. Индикатором -значительного содержания азота в почвах будет большая группа видов, характерных для черноольховых лесов,- недотрога, крапива двудомная, хмель. Индицируют обогащение почв азотом при разложении порубочных остатков на вырубках такие виды, как малина, иван-чай. Под пологом леса обеспеченность верхних горизонтов почв азотом указывают пролесник многолетний, звездчатка дубравная. Развитие рудеральных (мусорных) растений - лопуха, пустырника - также показывает обогащенность почв азотом. В противоположность этой группе видов группа растений нитрофобов индицирует недостаток азота в почвах. Примером нитрофобов служит дрок красильный. На местах с недостатком азота растения часто .имеют чахлый вид, бледноокрашенную листву, иногда наблюдается обильное развитие клеверов с бледной листвой.

**Индикаторы рН почв.** Изучение особенностей кислотности почв по признакам развития определенных групп растений - важная часть характеристики лесорастительных условий. К кислотности почв растения травяно-кустарничкового и мохового покровов особенно чувствительны и распределяются в три большие группы: ацидофилы - растения кислых почв, нейтрофилы - растения нейтральных почв и базифилы - виды растений, характерные для щелочных почв. Ацидофилы обычно характеризуют кислые и бедные почвы, нейтрофилы и базифилы в то же время приурочены к почвам, богатым минеральными элементами. Большинство ацидофильных растений лесов имеет на корнях микоризу, и их потребность в кислых почвах связана с особенностями микесимбиотрофного питания. Некоторые же растения могут нормально развиваться только в условиях силь-покислрй среды - это облигатные ацидофилы, например сфагновые мхи.

Более детально выделяют:

1. Крайние ацидофилы, индицирующие почвы с рН 3,0-4,5, эту группу составляют сфагновые мхи (сфагнум компактный, магелланский, бурый, большой, папиллозный), некоторые зеленые мхи (гилокомиум и дикранум), плауны, водяника, марьянник луговой, ожика волосистая, ситник тощий, пушица влагалищная, щучка, белоус, вереск.

2. Умеренные ацидофилы - индикаторы почв с рН 4,5- 6,0, к ним относятся некоторые сфатнумы (балтийский и средний), черника, фиалка собачья, брусника, багульник, сушеница, кошачья лапка, седмичник, толокнянка.

3. Слабые ацидофилы показывают почвы с рН 5,0-6,7, эту группу составляют как бореальные виды хвойных лесов, так и неморальные, дубравные виды, к ней следует отнести некоторые сфагнумы (Гиргензона и притупленный), папоротник мужской, ветреницу лютиковую, медуницу неясную, зеленчук, колокольчики широколистный и крапиволистный, купену многоцветковую, овсяницу лесную, бор развесистый, осоки волосистую и раннюю, из кустарников - орешник, малину, черную смородину.

4. Ацидофильно-нейтральные виды - растения почв с рН 4,5-7,0, т. е. от сильнокислых до нейтральных. Их лучше в качестве индикаторов не использовать. Это некоторые сфагнумы (извилистый, тупой, сфагнум Варнсторфа), а также некоторые зеленые мхи (гилокомиум, плеврозиум). Из древесных пород - ива козья, ива розмаринолистная, сосна, береза.

5. Растения - индикаторы околонейтральных почв с рН 6,0-7,3. Эту группу индикаторов составляют растения дубрав - сныть, а также клубника зеленая, таволга шестилепестная.

6. Нейтробазифилы - индикаторы почв от нейтральных до -слабощелочных при значении рН 6,7-7,8. Здесь можно указать мать-и-махечу, пупавку красильную.

7. Базифильные растения - указатели щелочных почв. К этой группе отнесены бузина, вяз, бересклет, крушина, а также растения, служащие указателями достаточного содержания азота: крапива двудомная, хмель, недотрога, гравилаты городской и речной.

8. Растения-эвритопы, обитающие на почвах с любым значением рН от 3,0 до 9,5, т. е. от сильнокислых до сильнощелочных. В этой группе следует указать такие виды, как сосна, береза пушистая, лютик ползучий, земляника, мышиный горошек. Эту группу растений, растущих на почвах разной кислотности, использовать в качестве индикаторов рН нельзя.

**6.4 ИНДИКАЦИЯ ЗАБОЛАЧИВАНИЯ ЛЕСОВ**

Характер заболачивания лесов и сукцессии, происходящих в растительности при этом процессе, тесно связан с особенностями условий произрастания. В слабопроточных условиях как результат естественного процесса болотообразования наблюдается процесс перехода ельников долгомошных в ельники сфаг-яовые, при дальнейшем заболачивании - в сосняки сфагновые, а дальше, при гибели сосны,- в верховое сфагновое болото. При заболачивании проточными водами черноолыцаники и болотно-травяные ельники сменяются безлесными низинными болотами. Эти стадии заболачивания лесов могут индицироваться по смене жизненных форм в .растительном покрове и прежде всего в травяном и моховом покровах. Происходит внедрение, а потом и массовое развитие болотных мхов - сфагнума. Заболачивание проявляется также в угнетении древостоя, ухудшении класса бонитета древесных пород, переживании древостоя, появлении специфических болотных форм этих пород, внедрении болотных кустарничков - багульника, андромеды, Кассандры, в первом, случае, а во втором случае, кустарниковых ив и болотных трав - осок и др.

В -результате нарастания торфа леса групп типов проточного ряда - ельники травяные - могут переходить в леса групп типов застойного ряда - ельники сфагновые, что индицируется по развитию сфагновых мхов.

**ГЛАВА 7**

**ИНДИКАЦИОННЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ НА ЛУГАХ ЛЕСНОЙ ЗОНЫ**

**Луга** - сложные биогеоценозы, растительный компонент которых представлен многолетними мезофильными травами,. а почвенный - связан с проявлением дернового процесса. Луга разнообразны по происхождению и возрасту, по особенностям фитоценозов, почвенных и гидрологических условий. Луга занимают в СССР 150-200 млн га. Основная их площадь расположена в лесной зоне умеренного пояса. По местоположению они делятся на материковые (водораздельные), пойменные и горные. Большинство материковых и пойменных лугов образовалось вторично на месте сведенных бывших здесь ранее лесов. Если бы луга каждый год не косились и на них не выпасался скот, уничтожающий всходы древесных пород, то они вновь покрылись бы лесной растительностью.

Естественные заливные луга в настоящее время распространены в поймах крупных рек - Волги, Оби, Лены, Енисея и некоторых других, где длительное половодье препятствует появлению всходов и росту древесных пород. В пределах СССР, однако, есть область природных материковых лугов - Северотихоокеанская. Она занимает Камчатку, Командорские, средние и северные Курильские острова (а вне СССР - Алеутские острова и большую часть Аляски). На этих своеобразных лугах Камчатки и островов развито высокотравье среди редко-стойных березняков. Травостой составляют главным образом крупностебельные зонтичные и сложноцветные: борщевик сибирский, какалия копьевидная, кровохлебка лекарственная. Почвы под этими фитоценозами дерново-луговые, образование которых связано со спецификой луговой растительности.

Материковые луга вне этой зоны - вторичные и делятся на суходольные, увлажняемые атмосферными осадками, и низинные, увлажнение почв которых происходит как за счет атмосферных осадков, так и за счет грунтовых вод.

Суходольные луга занимают выровненные пространства и склоны с глубоко расположенными грунтовыми водами. Так как эти луга развиты на месте бывших лесов, то в почвах их прослеживаются признаки лесного почвообразования, но в них ясно обнаруживается проявление дернового процесса, связанного с современной луговой растительностью. Низинные луга широко распространены в лесной зоне. Они образуют постепенные переходы к травяным болотам. Для них характерно близкое к поверхности нахождение грунтовых вод, обусловливающее развитие лугево-болотных почв.

Пойменные луга отличаются сложными экологическими условиями, связанными с переменным режимом увлажнения почв и растительности. Все почвенные процессы и особенности развития травостоя в пойменных луговых биогеоценозах подчинены воздействию регулярных затоплений паводковыми водами и отложений на поверхности почв слоя аллювия. Это ведет к образованию особых аллювиальных почв, а в растительном компоненте - к господству фитоценозов с доминированием растений, достаточно выносливых к поемности (длительности стояния паводковых вод) и аллювиальности (отложению различной мощности наилка). Почвы и растительность пойм носят как бы земноводный характер, претерпевая то су-баквальный (подводный), то мезофитный (аэральный) периоды жизни. Пойменные ландшафты отличаются интенсивностью почвообразования и большой биогенностью почв, что обеспечивает развитие ценных, высокоурожайных травостоев лугов. Почвы, так же как и фитоценозы, разнообразны по строению, свойствам и режимам.

Для характеристики пойменных почв в настоящее время наиболее употребительна генетическая классификация аллювиальных почв Г. В. Добровольского (1968). Эта классификация дает четкие понятия типов, подтипов, родов, видов и разновидностей почв в связи с их происхождением и развитием.

Приводим сокращенно эту классификацию:

**I тип** - аллювиальные дерновые почвы Ад.

**II тип** - аллювиальные луговые почвы Ал.

**А подтип** - аллювиальные дерново-луговые почвы Ад-л.

**Б подтип** - аллювиальные луговые почвы Ал.

**III тип** - аллювиальные болотные почвы Аб.

**А подтип** - аллювиальные лугово-болотные почвы Ал-б.

**Б подтип** - аллювиальные болотные иловато-глеевые почвы Абиг.

**В подтип** - аллювиальные болотные иловато-торфяно-глеевые почвы Абитг.

Внутри каждого типа и подтипа выделяются роды, виды и разновидности почв по степени выраженности почвообразования и по механическому составу.

Луговым почвам свойственно оглеение в нижней части профиля. В поймах с длительным стоянием паводковых вод, например в пойме р. Оби, оглеение может быть по всему почвенному профилю. Такие почвы отнесены к аллювиальным луговым профильно-глеевым.

**7.1 КЛАССИФИКАЦИЯ ЛУГОВОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ**

Т. А. Работнов (1959) определяет луга как биогеоценозы, растительность которых создают мезофильные травы, имеющие зимний перерыв в вегетации, а почвы характеризуются различным увлажнением, до резко переменного, и различным богатством и засоленностью - от незасоленных до среднезасоленных. Более краткое, но и более общее определение лугов было дано А. П. Шенниковым (1941): «Луга - суть сообщества многолетних мезофитов». Созданная А. П. Шенниковым классификация лугов широко используется и в настоящее время. Она основана на учете фитоценотических, биологических, экологических и морфологических признаков растительности.

Тип растительности луга - Prata, или Prato-herbosa - делится на 5 классов формаций лугов:

1) настоящие, или эумезофитные;

2) остепненные, или эуксеромезофитные;

3) пустошные, или психрофитно-мезофитные;

4) болотистые, или гидромезофитные;

5) торфянистые, или оксиломезофитные.

В классы формаций объединены группы формаций. Группы формаций настоящих лугов:

а) крупнозлаковые;

б) мелкозлаковые;

в) низкозлаковые;

г) крупноразнотравные;

д) мелкоразнотравные;

е) низкотравные;

ж) крупнозлаково-разнотравные;

з) мел-козлаково-раздотравные;

и) злаково-низкотравные.

Группы формаций делятся на формации по растению-доминанту, например костровая, лисохвостовая - для настоящих лугов, типчаковая - для остепненных лугов, канареечниково-тростнико-вая - для болотистых и остроосоковая - для торфянистых лугов.

Аналогично эколого-фитоценотическим рядам В. Н. Сукачева А. П. Шенниковым создана схема экологических рядов классов формаций лугов (рис. 7). На этой схеме показаны размещение и взаимные переходы классов формации лугов в зависимости от изменения увлажнения и богатства почв элементами питания. В центре находятся настоящие луга.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  Пусташные луга (*Prata fridisicca*) |  |
| Торфянистые /л/га  (*Prata turfosa*) | Настоящие луга(*Prata jtnulna*) | Остепненные луга  (*Prata stepposa*) |
|  | Болотистые луга (*Prata polydosa*) |  |

 Рис. 7. Схема классов формаций лугов по А. П. Шенникову

Фитоценозы отдельных классов формаций связаны постепенными переходами с соответствующими фитоценозами других типов растительности - степей, верховых и низинных болот, травяных пустошей. Каждый из классов формаций при изменении условий существования может переходить один в другой. Этим подчеркиваются динамика луговой растительности иеетесная связь с экологическими условиями других типов.

**Экологические шкалы Л. Г. Раменского.** До сих пор актуальны и применимы экологические шкалы распределения луговых и пастбищных растений, разработанные Л. Г. Раменским и его школой (1956). Исходя из положения, что каждое растение имеет свою кривую распределения, характеризуемую изменением обилия в связи с переменностью условий местообита-ния, т. е. увлажнения и богатства почв, были созданы экологические шкалы для 1400 видов растений лугов и пастбищ лесной, лесостепной и степной зон.

Таблицы стандартных шкал (градиентов) построены с учетом пяти экологических факторов: по увлажнению (У), богат-ову и засоленности почв (БЗ), пастбищной дигрессии (ПД), переменности увлажнения (ПУ) и аллювиальности (А). Приводим шкалы увлажнения, богатства и засоленности почв, которые могут быть использованы при выявлении индикационных закономерностей (по Раменскому, 1956).

**Шкала увлажнения (ступени)**

|  |  |
| --- | --- |
| 1-17-пустынное  | 64-76 -влажнолуговое  |
| 18-30-полупустынное  | 77-88 -сыролуговое  |
| 31-39-сухостепное  | 89-93 -болотно-луговое  |
| 40-46-среднестепное | 94-103-болотное |
| 47-52 - лугово-степное  | 104-109 – местообитание прибрежно-водное  |
| 53-63 - сухолуговое и свежелуговое | 110-120 - местообитание водной растительности |

**Шкала богатства и засоленности почв (ступени)**

|  |  |
| --- | --- |
| 1-3 -особо бедные (олиготрофные) | 17-19-слабосолончаковатые |
| 4-6 -бедные  | 20-21-среднесолончаковатые  |
| 7-9 - небогатые (мезотрофные) | 22-23 - сильносолончаковатые |
| 10-13-довольно богатые  | 24-28 - резко солончаковатые  |
| 14-16-богатые  | 29-30-злостно солончаковатые (шоровые) |

Учитывая ступени богатства и увлажнения почв, составлена таблица размещения типов лугов (табл. 15).

При исследовании лугов более, чем при изучении других типов растительности, применима концепция о непрерывности растительного покрова с постепенным переходом фитоценозов от одного к другому. Это отражено в теоретических положениях Г. Л. Раменского (1938), а в последнее время в работах Б. М. Миркина (1985) и некоторых других исследователей.

Таблица 15.

**Сводная таблица основных типов лугов лесной зоны европейской части СССР (по Раменскому и др.)**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |

**Разделение луговых растений по строению корневых систем.** Строение корневых систем луговых растений тесно связано с особенностями почвенных условий и может быть использовано для индикации. В. Р. Вильямс делит растения лугов по морфологии корневых систем на группы.

***1. Длиннокорневищные злаки.*** Имеют длинные ползучие корневища. От них отходят многочисленные надземные побеги, а от мест их прикрепления - мочки корней. При разрезании корневищ каждый побег и мочка корней могут дать начало новому растению. Примером длиннокорневищных растений будут: костер безостый, пырей ползучий, мятлик луговой, зубровка душистая. Особо выделяются болотно-луговые корневищные виды - манник, тростник, которые имеют систему межклетников, наполненных воздухом. Воздух проникает к растущим окончаниям корней и дает возможность расти на переувлаж-ненной почве, при недостатке кислорода.

***2. Рыхлокустовые злаки.*** Занимают промежуточное положение между длиннокорневищными и плотнокустовыми злаками. Побеги развиваются из узлов кущения, расположенных у самой поверхности почвы, но в почве. Побеги растут косо, образуя поэтому рыхлый «куст» или рыхлую дерновину. Дочерние побеги находятся недалеко друг от друга. Примером их могут быть - овсяница луговая, тимофеевка, ежа сборная, душистый колосок, трясунка, полевица обыкновенная, гребенник. В этой группе еще можно выделить корневищно-рыхлокустовые злаки, имеющие короткое корневище, побеги тогда расположены довольно кучно, на коротких корневищах, как например у лисохвоста лугового.

***3. Плотнокустовые злаки.*** Отличительная их особенность - плотное расположение узлов кущения, находящихся над поверхностью почвы. Побеги образуют «куст» или дернину. Плохая аэрация почв не влияет на их развитие, и они могут развиваться на пересыщенных влагой почвах. Корни этих растений, глубоко проникая в почву, получают воздух по системе межклетников, так же как у болотно-луговых корневищных видов. Примером этих растений служат щучка, полевица собачья, белоус

Такие же группы можно выделить и у осок. Примером длиннокорневищных осок будут осоки острая, вздутая, ранняя. К рыхлокустовым осокам относятся: бледная, лисья, желтая, к плотнокустовым - дернистая, сероватая, омская.

***Луговое разнотравье также делится на 5 групп.***

1. Стержнекорневые растения - корень один, прямой, сверху утолщенный, идет вертикально вниз. Например, щавель конский, одуванчик, клевер луговой, борщевик, василек луговой, тмин, козлобородник луговой.
2. Корневищные растения - хвощи полевой и луговой, звездчатка злаковая.
3. Корнеотпрысковые растения. Образуют на корнях придаточные почки, из которых развиваются надземные побеги, мышиный горошек, молочай лозный, девясил британский, бодяк полевой.
4. Дерновые растения и кистекорневые растения. У кистекорневых растений главный корень заменен пучком придаточных корней, расположенных на очень коротком вертикальном корневище, калужница болотная, купальница, чемерица.
5. Луковичные, клубнелуковичные и клубнекорневые растения, например лук угловатый.

Эти морфологические группы растений могут быть использованы для индикации определенных почвенных условий, а также состояния травостоя лугов.

**7.2 ИНДИКАЦИОННЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ**

Господство длиннокорневищных мезофитных злаков обычно индицирует легкие по механическому составу, хорошо аэрируемые почвы, а также указывает на непродолжительный период заливания полыми водами. На хорошую аэрируемость почв и на достаточно глубокое нахождение уровня грунтовых вод указывают стержнекориевые и стержнеотпрысковые виды разнотравья лугов. Небольшая примесь к злаковому травостою стержнекорневых растений говорит о высокой производительности луга и хорошем качестве сена. Развитие дерновин-ных злаков и осок, а также кистекорневых видов на лугах служит признаком заболачивания лугов, образования торфянистых кислых почв с плохой аэрацией. Эти растения указывают и на неправильное использование лугов, на уплотнение почв лри чрезмерном выпасе.

Сильное разрастание корнеотпрысковых бобовых, например мышиного горошка, может индицировать обеднение луговых почв азотом. На обеднение почв элементами минерального питания может указать обильное развитие на лугах зеленых мхов (туидиума, ритидиадельфуса) и сфагнума (на влажных почвах). «Замоховение» лугов служит признаком вырождения луга. уничтожения его травостоя и постепенного перехода в болото.

Прослеживая индикационные закономерности в пойменных биогеоценрзах, где складываются особо сложные взаимодействия между растительным и почвенным компонентами, необходимо остановиться на индикации почв различных частей поймы. Пойменные ландшафты, отличающиеся большим разнообразием условий почвообразования и развития растительности, подвержены действию двух важных определяющих факторов: ежегодному паводковому затоплению и отложению слоя аллювия, разных по продолжительности и мощности в различных частях поймы. Этим в основном обусловлены строение поймы и развитие своеобразных аллювиальных типов почв и типов лугов в каждой части поймы.

Индикация типов и подтипов аллювиальных почв. Для прирусловий, где паводковые воды стоят недолго и почва быстро просыхает, где отлагается бедный по составу песчаный или легкосуглинистый аллювий, характерны аллювиальные дерновые почвы. Их индицируют фитоценозы с господством краткопоемных корневищных злаков, часто с обилием бобовых и разнотравья - сообщества луговомятликовой и костровой формаций, клеверно-луговомятликовые, клеверно-костровые ассоциации. Если прирусловые валы редко заливаются, то индикаторами этого явления будут фитоценозы с участием растений, невыносяших затопления,- типчака, тонконога изящного, полевицы собачьей. Аллювиальные луговые почвы равнинной центральной поймы, достаточно богатые и увлажняемые не только полыми водами, но и грунтовыми, характеризуются развитием высокопродуктивных крупнозлаковых формаций. Доминантами этих формаций служат достаточно поемновыносливые рыхлодерновинные или корневищно-рыхлодерновинные злаки - лисохвост луговой, овсяница луговая, дающие разнотравно-лисохвостовые, разнотравно-овсяницевые индикаторные ассоциации. На более высоких гривах гривистой и сегментно-гривистой центральной поймы развиты луга высокого уровня, под которыми образуются аллювиальные дерново-луговые суглинистые почвы. Их индикаторами обычно бывают средне-поймовыносливые белополевицевые и пырейные формации. Здесь же, в межгривных понижениях, где обычно застаиваются паводковые воды, формируются лугово-болотные почвы, их индикатором служат формации с доминированием осоки острой или щучки» часто это чистые остроосочники и щучники.

Лугово-болотные почвы развиваются также и в притеррасьях, но обычно в притеррасной части поймы преобладают болотные почвы. Особенно длительный период застойного затопления, близкие к поверхности грунтовые воды, очень слабый аллювиальный процесс обусловливают образование перегнойно-глеевых и торфяно-глеевых болотных почв под плотно-дерновинными осоками и злаками. В качестве верных индикаторов здесь выступают дернистоосоковая, омскоосоковая формации, иногда остроосоковая, но тогда осока острая формирует дерновину. Торфяно-глеевые почвы индицируют такж& осоково-маннцковая, осоково-вейниковая ассоциации.

Индикация типов и подтипов почв может быть проведена не только по растительным формациям и ассоциациям, но и по индикаторным группам растений. Так, для поймы среднего учения р. Оби (Ремезова, Дургарьян, 1976) были выявлены специальные группы растений, которые были приурочены к определенному типу или подтипу аллювиальных почв (табл. 16). Каждая группа состоит из 3-5, иногда 7 видов растений. Чем больше видов имеет индикаторная группа, тем уже ее экологическая амплитуда и тем выше ее индикаторная значимость -Индикатором аллювиальных дерновых почв служит группа из трех видов кустарников: смородина черная, шиповник, дерен белый, там, где нет кустарников, эти почвы индицирует группа-из 4-5 видов травянистых растений: мятлика лугового, костра безостого, клевера лугового, подорожника большого, хвоща полевого. На речных островах дерновые почвы может индицировать группа, состоящая из ежевики, крапивы двудомной и занесенного человеком осота полевого.

Таблица 16

**Связь растительных формаций и групп видов с аллювиальными почвами поймы р. Оби**

|  |  |
| --- | --- |
| Индикаторы  | Индикаты  |
| формации | группы видов | тип и подтип почв |
| Костровая Луговомятликовая, луго-воклеверная  | костер безостый мятлик луговой, клевер луговой, подорожник большой  | дерновые  |
| Пырейная  | пырей ползучий  | дерновые и дерново-луговые  |
| Белополевицевая Подмаренниковая Лугово-овсяницевая Мышиио-горошковая Лисохвостовая  | полевица белая подмаренник северный овсяница луговая чина луговая, горошек мышиный лисохвост луговой, клевер ползучий  | дерново-луговые  |
| Кровохлебковая  | кровохлебка лекарственная  | дерново-луговые и луговые  |
| Таволговая Болотномятликовая  | таволга вязолистная мятлик болотный, вероника длиннолистная  | луговые  |
| Канареечниковая  | канареечник  | луговые, профильно-глеевые  |
| Остроосоковая -Лисьеосоковая, болотно-хвощевая Калужницевая  | осока острая осока лисья, осока острая, калужница лютик болотный, дербенник  |  лугово-болотные |
| Лангсдорфовейниковая, остроосоковая  | вейник Лангсдорфа, осока острая, вейник незамечаемый  | лугово-болотные и болотные  |
| Дернистоосоковая Пузырчатоосоковая Водноосоковая Омскоосоковпя  | осоки: дернистая, пузырчатая, водная, омская; тростянка, хвощ топяной  | болотные  |

Другая группа эумезофитных растений служит индикатором аллювиальных дерново-луговых почв. Она состоит из 5-7 видов растений: овсяницы луговой, чины луговой, горошка мышиного, лисохвоста лугового, клевера ползучего, жгун-корня, подмаренника северного.

Ассоциации с доминированием пырея ползучего и полевицы белой приурочены как к аллювиальным дерновым, так и к дерново-луговым почвам. Поэтому их индикаторное значение меньше и применимо к обоим подтипам почв.

Индикаторную группу аллювиальных луговых под в составляет сочетание двух видов: мятлика болотного и таволги вязо-листной, а луговых профильно-глеевых почв - канареечника и осоки острой.

Группа мезогигрофитов из 5 видов - хвоща болотного, осоки лисьей, калужницы болотной, осоки острой, вейника Лангсдорфа - служит индикатором лугово-болотных почв.

Сочетание осоки дернистой и осоки пузырчатой или разрастание одной осоки дернистой верно индицирует болотные иловато-торфяно-глеевые почвы. Эти же почвы может указывать и осока острая, формирующая крупную дерновину.

**Индикация механического состава аллювиальных почв и подстилающих пород.** Индикация механического состава почв и подстилающих пород имеет значение для указания физических свойств аллювиальных почв - аэрации, температурного и водного режимов, подверженности эрозии и других особенностей. Она способствует познанию генезиса аллювиальных почв, указывая на путь их эволюции - от поселения растительности на песчаном аллювии прирусловий к развитию почв на подстилающих породах легкого механического состава или от зарастания травянистыми гидрофитами старичных пойменных водоемов, что ведет к развитию почв на породах тяжелого механического состава. Нами установлено (Ремезова, Дургарьян, 1976), что для поймы р. Оби в качестве индикаторов тяжелого механического состава почв - суглинистого, но легкого механического состава подстилающего аллювия - песчано-супесчаного можно использовать луговые формации. Так, их указывают формации белополевицевая и болотномятликовая.

Несколько более легкий механический состав почв - легкосуглинистый, но также легкий - песчано-супесчаный и слоистый песчано-суглинистый механический состав подстилающего аллювия индицируют разнотравные формации - подмаренниковая (с *Galium boreale*), верониковая (с *Veronica longifolia*) и крупнозлаковая - канареечниковая.

Лангсдорфовейниковая формация может индицировать песчано-супесчаный состав подстилающих пород, но индикатором механического состава почв быть не может, так как встречается на почвах разного механического состава. Все эти формации косвенно указывают на особенности развития и эволюции пойменных почв, в данном случае эволюция идет от прирусловий рек, от его песчаного аллювия.

Верным индикатором тяжелого механического состава пойменных почв и тяжелого механического состава подстилающих пород - глинистого и суглинистого - служит дернистоосоковая формация. Развитие этой формации может косвенно указывать на второй путь эволюции пойменных почв от зарастания старичных озер.

Остроосоковая формация - верный индикатор наиболее тяжелого механического состава почв - глинистого и тяжело-суглинистого, но не может быть индикатором подстилающих пород, так как в местах ее развития они меняются от глинистых до слоистых песчано-суглинистых

Та блиц а 17

**Индикация механического состава аллювиальных почв и подстилающих пород в пойме р. Оби**

|  |  |
| --- | --- |
|  Индикатор - формации лугов | Индикат |
| Белополевицевая Болотномятликовая  | почвы - глинистые и суглинистые, подстилающие породы - песчано-супесчаные  |
| Верониковая Подмаренникевая Канареечниковая  | почвы - легкосуглинистые и суглинистые подстилающие породы - песчано-супесчаные, слоистые, песчано-суглинистые  |
| Лангсдорфовейниковая  | почвы не индицирует подстилающие породы - песчано-супесчаные  |
| .Дер нистоосоковая  | почвы - глинистые и суглинистые подстилающие породы-глинистые и суглинистые  |
| Остроосоковая  | почвы - глинистые, тяжелосуглинистые подстилающие породы не индицирует  |
| Костровая Луговомятликовая  | почвы - песчаные и супесчаные подстилающие породы не индицируют  |

.

Костровая формация служит индикатором песчаного и супесчаного механического состава почв, легкий механический состав почв указывает также луговомятликовая формация. Подстилающий почвы аллювий о.ни не индицируют (табл. 17).

**Индикация особенностей оглеенности пойменных почв.** Проявление важного признака оглеенности пойменных почв весьма различно. Исследования в пойме р. Оби, где половодье чрезвычайно длительно и может составлять 2-2,5 месяца, обнаружили оглеение, происходящее по всему профилю почвы. Это дало основание выделить профильноглеевые почвы, развитые главным образом на плоских и широких гривах центральной поймы. Индикаторами аллювиальных луговых профильноглее-вых суглинистых почв здесь будут канареечниковая и изящно-осоковая формации. В тех же условиях развитие на плоских гривах центральной лоймы болотномятликовой формации служит указателем слабого оглеения в луговых суглинистых почвах. Индикаторами близкого к поверхности глеевого горизонта служат сообщества с доминированием таволги вязолистной, вербейника обыкновенного, обильное разрастание белозора.

**Индикация питательных элементов в почвах лугов.** Индикация количества питательных элементов в луговых почвах имеет значение для суждения о ценности почв, их плодородии. Содержание питательных элементов важно знать для составления рекомендаций по применению мероприятий по улучшению луговых биогеоценозов. Для получения высокого травостоя лугов с большой его биомассой, для нормального плодоношения луговых видов особенно важно достаточное количество в почках азота, фосфора и калия. Так, для разных типов почв поймы р. Оби были получены данные о содержании этих элементов под различными формациями лугов. Таким образом, по различным луговым формациям можно, до некоторой степени, судить о содержании азота, фосфора и калия в верхних горизонтах пойменных почв. Указателем большего количества азота в горизонтах Ад и а) служит канареечниковая формация, а бо-лотномятликовая, изящноосоковая и дернистоосоковая показывают его небольшое количество и примерно равное содержание. Показателем большего количества фосфора и калия в почвах служит изящноосоковая формация. К наименьшему содержанию фосфора была приурочена болотномятликовая формация, а калия - дернистоосоковая (табл. 18). Эти данные применимы к почвам поймы р. Оби, и их индикационное значение еще требует уточнения.

**Индикация содержания азота в почвах.** От обеспеченности почв азотом зависят состав и продуктивность зеленой массы фитоценозов. Значительные количества азота отлагаются в почвах пойм с наилком. Можно различать «аммонийные» д «нитратные» растения, т. е. виды, синэкологический оптимум которых приурочен к условиям преимущественного обеспечения аммонийным и нитратным азотом. К. А. Куркин подчеркивал, то луговые биогеоценозы обладают саморегулируемой замкнутостью биологического круговорота азота, обусловленной особенностями бактерий-нитрификаторов и трав-нитрофилов. Чем больше образуется в почве нитратов, тем сильнее разрастаются растения-нитрофилы, потребляющие азот и исключающие тем самым возможность вымывания нитратов. В по.чвах лугов широко распространена нитрификация. Однако некоторая часть азота теряется из системы растительность - почва. Причем нитратный азот теряется больше, чем аммонийный, что связано с хорошей растворимостью нитратов, их вымываемостью и денитрификацией.

Показателем достаточного количества азота на лугах служит разрастание таких растений-нитрофилов, как гусиная лапчатка, пырей ползучий, борщевик, птичья гречишка, купырь лесной, крестовник, гравилат речной. Значительное участие бобовых в травостое - клеверов и других - также указывает на обогащение почв азотом. Кроме того, они указывают и его повышенное содержание в надземных частях растущих с ними злаков. Однако слишком обильное развитое на лугах бобовых при небольшом участии в травостое злаков индицирует обедненность почв азотом. О недостатке азота в почвах также свидетельствует большое количество растений-нитрофобов, таких, как виды люпина, клевер темноцветный, дрок красильный.

Чрезмерное содержание нитратов в почвах вредно для растений и индицируется по отмиранию («выгоранию») травостоя. Например, на пастбищах в местах экскрементов скота.

Таблица 18

**Индикация содержания азота, фосфора и калия в почвах поймы р. Оби**

|  |  |
| --- | --- |
| Индикаторы | Индикаты |
| формация лугов | горизонт почвы | N | Р2О5 | К2О |
|  |  | мг на 100 г почвы |
|  |  |
| Болотномятликовая | Ad | 3 | 5-5,8 | 4,0-7,5 | 36,0 |
|  | Al | 4 | 2-5,2 | 6,0-7,5 | 18,0 |
| Изящноосоковая | Adi | 3 | 6-6,8 | 12,5-6,2 |  |  45,0-23,3 |
| Канареечниковая | Ad | 5 | 4-7,2 | 6,0-8,7 |  | 20,4-37,0 |
|  | Ai | 6 | 1-6,5 | 7,5-15,0 |  | 11,4-32,1 |
| Дернистоосоковая | Ad | 3,2 | 5,5-6,2 |  | 8,0-10,5 |
|  | Ai | 4,0 | 7,5 |  | 10,5-12,5 |

**Индикация содержания фосфора и калия в почвах.** После азота фосфор самый дефицитный из необходимых для растений элементов лугов. Злаки получают больше не только азота, но и фосфора, когда растут вместе с бобовыми. Фосфор .необходим для нормального плодоношения растений, закладки и созревания плодов и семян. Низкий рост бобовых и отсутствие плодоношения растений индицируют недостаток фосфора в почвах.

Калий обычно бывает в достаточном количестве, но часто в плохоусвояемых соединениях. Мало обеспечены калием песчаные почвы. Хорошее развитие картофеля и свеклы ("калийных" растений) указывает на достаточное его количество в почве.

**Индикация содержания кальция в почвах.** Кальций находится в почве в виде главным образом углекислого кальция, в виде солей фосфорной, кремневой и органических кислот. Его источники - минералы почвы: доломит, кальций, гипс и материнские породы (мел, мергель, карбонатная морена), богатые известью «жесткие» грунтовые воды. При содержании более 3% кальция почвы считаются богатыми кальцием и имеют щелочную реакцию. Растениями кальций усваивается в виде двууглекислого кальция.

Глубокоукореняющиеся растения служат накопителями кальция. Кальций накапливают и бобовые. Он необходим растениям для нейтрализации вредных кислот при внутриклеточном обмене веществ, входит как элемент пищи растений. Недостаток кальция - причина кислотности почв, а избыток - щелочности. Богатство и разнообразный состав флоры индицируют ландшафты с известковыми почвами. Растения-кальциефилы - некоторые орхидные (венерин башмачок), анемона, степная астра, костер береговой, люцерна желтая - служат индикаторами богатых кальцием почв. Растения, избегающие кальциевых почв (кальциефобы), сфагновые мхи, кукушкин лен, вереск, белоус, щавелек, люпины индицируют кислые, бедные кальцием почвы. Имеются так называемые «безразличные» растения, которые индикаторами содержания кальция быть не могут, это пупавка красильная и некоторые другие.

Можно говорить не только о конкретном содержании в почвах элементов питания растений, но давать и их общую оценку по присутствию видов определенных экологических групп - показателей плодородия почв. Так, растения-олиготрофы будут указывать бедные элементами питания почвы. Группу олиготрофов составляют главным образом растения, имеющие на корнях микоризу,- белоус, ситник нитевидный, кошачья лапка, душистый колосок, вейник наземный, овсяница овечья, ястребинка волосистая, клевер пашенный, сивец луговой, щавелек, дивала и др. Развитие на лугах полупаразитов - погремков, очанок, зубчаток - также служит индикатором обеднения почв питательными веществами. Растения-мезотрофы приурочены к почвам среднего богатства элементами питания. Об этих почвах можно судить по развитию таких растений, как полевица обыкновенная, овсяница луговая, лисохвост луговой, мятлик болотный, тмин, девясил британский, калужница, купальница, донник белый и лекарственный, клевер средний, бедренец-камнеломка, василек шероховатый, вероника длинно-листная, колокольчик скученный и др. Почвы с большим содержанием элементов питания индицируют растения-мегатрофы или эвтрофы. К ним относятся: лютик болотный, василист-ник водосборолистный, таволга вязолистная, осока лисья, чина луговая и лесная. Некоторые растения безразличны к содержанию элементов питания в почвах и могут расти на почвах и бедных и богатых. В эту группу эвритрофов входят: лютик едкий, лютик ползучий, лапчатка серебристая, горошек мышиный, гречишка птичья, пастушья сумка, льнянка обыкновенная, тысячелистник обыкновенный, мятлик луговой, скерда кровельная, черноголовка, ежа сборная, трясунка средняя. Эти растения в качестве индикаторов использованы быть не могут.

**Индикация кислотности почв.** Тесно связаны с содержанием питательных элементов в луговых почвах особенности их кислотности. По отношению растений к степени кислотности почв (рН) составлены четкие группы, показывающие приуроченность отдельных видов к определенным значениям рН. Самые кислые почвы при рН 3,0-4,5 указывает группа крайних ацидофилов. В нее входят белоус, скерда тупоконечная, ситник тощий, щучка, луговик извилистый, марьянник луговой, а также развивающиеся на вырождающихся лугах зеленые и сфагновые мхи. Также кислые почвы, но с рН 4,5-6,0 и до 6,5 можно определить по развитию умеренных ацидофилов - калужницы болотной, лютиков ядовитого и жгучего, белозора болотного, фиалки собачьей, сердечника лугового, пырея собачьего, полевицы тонкой, осоки пузырчатой, вейников ланцетного и наземного. Несильнокислые почвы с рН 5,0-6,7, иногда до 7,2 указывают слабые ацидофилы, такие, как василистник светлый и простой, бутень душистый, вероника длиннолистная, осока ранняя, а из кустарников - смородина черная. К группе ацидофил-нейтральных эвритрофов, растущих при рН от 4,5 до 7,0, иногда 7,5, можно отнести чину луговую, смолку обыкновенную, душицу обыкновенную, нивяник, василек шероховатый, осоку заячью.

Особую группу составляют растения околонейтральных почв, хорошо развивающиеся при рН 6,0-7,3,- лисохвост луговой, клевера горный и луговой, астрагал датский, мыльнянка лекарственная, аистник, синеголовник, борщевик сибирский, змееголовник, горчак ястребинколистный, мятлик сплюснутый. Нейтробазифилы указывают значения рН 6,7-7,8, иногда до 8,5. Это такие виды, как люцерна серповидная, пупавка красильная, мать-и-мачеха, типчак, тимьян Маршалла.

Слабые щелочные почвы с рН 6,7-8,5 и более служат местообитанием базифильных растений. Растений этой группы очень мало в средней полосе, они обычны в южных степях, полупустынях и пустынях, это растения засоленных почв: кермеки, камфоросма, астра солончаковая, солерос, сарсазан, прутняк.

Имеются виды, безразличные к кислотности почв,- эври-топы, живущие на разных местообитаниях с почвами при рН 3,0-7,7; 5-9,5; 4-8,0. Эти виды как индикаторы не используют: береза, сосна, лютик ползучий, земляника, горошек мышиный, осока лисья, звездчатка злаколистная, вьюнок полевой, мята полевая, тысячелистник, ястребинка зонтичная. Таким бразом, кислые почвы можно опознать по массовому развитию белоуса, колоска душистого, щучки, осоки дернистой, щавелька, а нейтральные - по ассоциациям с господством лисохвоста лугового.

Амплитуды значений рН у различных видов разные. Узкие пределы рН имеет, например, лисохвост луговой, а клевера луговой и горный живут в пределах значительно больших - это растения нейтральных почв. Среди группы ацидофилов осока пузырчатая имеет очень узкую амплитуду, как и вейник ланцетный, в то время как белоус и вейник наземный - достаточно широкую.

**7.3 ИНДИКАЦИЯ ГЛУБИНЫ ГРУНТОВЫХ ВОД В ПОЙМАХ РЕК**

Установление связи глубины грунтовых вод с растительными формациями лугов или с отдельными группами видов имеет значение для уточнения классификации и свойств пойменных почв, для выявления их генезиса, а также для уточнения рекомендаций по мелиоративным мероприятиям, улучшению луговых угодий. Для поймы р. Оби была определена связь растительных формаций и глубины грунтовых вод в середине вегетации (Ремезова и др., 1976). Развитие костровой формации и лугово-мятликовой служит указателем залегания грунтовых вод на глубине 150 см и больше. Пырейная формация индицирует уровень грунтовых вод 100-150 см (иногда глубже). Белополевицевая формация, а также луговоовсяницевая и мышиногорошковая индицируют грунтовые воды на глубине 100-150 см. Эти формации образуют настоящие эумезофит-ные луга. Канареечннковая формация и болотнохвощевая, относимые к болотистым лугам, указывают грунтовые воды на глубине 50-100 см, а лисьеосоковая, остроосоковая и лангс-дорфовейниковая, также относимые к болотистым лугам, янди-цируют грунтовые воды на глубине 10-50 см. Верным индикатором поверхностных грунтовых вод (0-10 см) служат пузырчатоосоковая и дернистоосоковая формации торфянистых лугов (табл. 19).

Для индикации глубины грунтовых вод можно использовать сочетание отдельных видов луговых растений - индикаторные группы. Согласно этим же градациям глубины грунтовых вод выделено пять индикаторных групп растений (табл. 20). На долтопоемных лугах широко распространенные кровохлебка лекарственная и лисохвост луговой в качестве индикаторов глубины залегания грунтовых вод использованы быть не могут, так как занимают места с различным уровнем грунтовых вод. Таким образом, каждая группа из 3-5 видов растений указывает определенную глубину грунтовых вод. В каждой группе имеется переходный вид к следующей группе, который может служить индикатором большего диапазона глубины нахождения грунтовых вод. Например, мятлик луговой может быть включен в первую и вторую группы, мятлик болотный - во вторую и третью, хвощ болотный - в третью и четвертую, калужница болотная - в четвертую и пятую группы. Использовать один вид растения в качестве гидроиндикатора можно только в случае его массового развития, т. е. доминанта ассоциации

Таблица 19

**Индикация глубины грунтовых вод в пойме р. Оби по растительным формациям, см**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Индикаторы | Индикаты - | глубина грунтовых вод  |
| Растительные формации |  |  |
| Костровая Луговомятликовая  |  150 и больше  |
| Пырейная Белополевицевая Луговоовсяннцевая Мышиногорошковая  |   | 100-150  |
| Канареечниковая Болотмохвощевая  |   | 50-100  |
| Лисьеосоковая Остроосоковая Лангсдорфовейниковая  |   | 10-50  |
| Пузырчатоосоковая Дернистоосоковая  |   | 0-10  |

Таблица 20

**Индикаторные группы растений - указатели глубины грунтовых вод в пойме р. Оби, см**

**(по Ремезовей и др., 1976)**

|  |  |
| --- | --- |
| Индикаторы - группы видов | Индикаты - глубина грунтовых вод |
| Костер безостыйКлевер луговойПодорожник большойПырей ползучий | больше 150 |
| Мятлик луговой | 100-больше 150 |
| Полевица белаяОвсяница луговаяГорошек мышиный Чина луговая | 100-150 |
| Мятлик болотный | 50-150 |
| Таволга вязолистнаяКанареечник Чина болотная | 50-100 |
| Хвощ болотный | 10-100 |
| Осока лисьяОсока острая Вейник Лангсдорфа | 10-50 |
| Калужница болотная | 0-50 |
| Осока дернистаяОсока пузырчатая | 0-10 |

**ГЛАВА 8. ИНДИКАЦИОННЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ В ЗАРАСТАЮЩИХ ВОДОЕМАХ И НА БОЛОТАХ**

Геоботанические исследования в зарастающих водоемах и на болотах развиты довольно широко. Истоки индикационных идей применительно к ним следует искать в труде В. Н. Сукачева (1926), доказавшего что растительный покров в зарастающих водоемах слагается рядами фитоценозов, отражающих постепенную смену экологических условий. Многие из этих рядов впоследствии также переходят в системы фитоценозов, указывающих на различные стадии развития болот и на свойства образующихся скоплений органического вещества - .сапропелей и торфа.

Поэтому целесообразно рассматривать индикационные закономерности зарастающих водоемов и болот совместно. Болота имеют наиболее широлое распространение в лесной зоне умеренного климата. Особенно много их в пределах лесотундры и северной тайги, но встречаются болота в разных зонах, вплоть до тропической. Болота создают своеобразный ъи.п ландшафта, включенный в определенную зону, однако зональные климатические особенности накладывают отпечаток на характер формирования болота и на его растительность. До сих пор нет единой точки зрения о том, как рассматривать болота. Большинство 'исследователей придерживаются ландшафтно-географического взгляда на болота - Р. И. Аболин (1914), В. Н. Сукачев (1926), Ю. Д. Цинзерлинг (1929), В. Я, Кац (1941), Ё. А. Галкина (1955), Н. И. Пьявченко (1945, 1963). Н. И. Пьявченко (1963) дает такое определение понятия болота: «Болото есть географический ландшафт, закономерно возникающий и развивающийся под влиянием взаимодействия фата-оров среды и растительности, которое определяется постоянной или периодической избыточной влажностью и проявляется в гидрофильности растительного покрова, болотном типе почвообразовательного процесса и накоплении торфа».

Другая группа ученых разделяет ботаническую точку зрения - А. Ф. Флеров, В. В^Ал&хян, Е. М. Брадис. Они считают болота своеобразным типом растительности, для которого характерно господство специфических видов растений, главным образом гелофитов, приспособленных к условиям обильного увлажнения и недостатку кислорода в почвенном субстрате.

Единой классификации болот пока не разработано. Общеизвестна классификация болот К. Вебера. Согласно этой классификации болота разделяют на ***низинные***, сохранившие связь с грунтовыми водами и чаще всего располагающиеся в понижениях и на низменностях, ***верховые***, существующие исключительно за счет атмосферного питания, и ***переходные***, представляющие собой различные стадии превращения низинного болота в верховое.

Н. И. Пьявченко подчеркивает, что тип болота - это не что иное, как современная стадия его развития. Он также считает, что болота и торфяные залежи нужно классифицироватьраздельно. Для индикационной геоботаники существенна применяемая в настоящее время эколого-фитоценотическая классификация болот. Она подразделяет болота по признаку богатства питания на ***низинные***, ***верховые*** и ***переходные***, а по степени увлажнения - слабо-средне- и сильноувлажненные, давая по этим градациям размещение фитоценозов (табл. 21).

Е. А. Галкиной (1955) в основу классификации болот положены особенности их происхождения в определенных геоморфологических условиях. Так, она обосабливает болотные мезоландшафты замкнутых логов, сточных и проточных котловин, подножий склонов, речных плесов, мелких озер, дельтовые и пойменные ландшафты болот, развивающиеся при заболачивании суходолов. К. Е. Иванов (1957) делит болотные массивы на две большие группы: болота водоразделов и болота речных долин. С ботанической точки зрения можно говорить о болотах лесных, травяных и моховых. В природе наблюдается постепенный переход болот в другие типы растительности - торфянистые и болотистые луга (по А. П. Шенникову) и леса. Следует различать понятия «заболоченный лес» и «болотный лес». Заболоченный лес - это начальная стадия, смена леса болотом. А болотный лес - это лесная стадия развития болота, для которой характерен мощный торфяной горизонт почвы или торфяники.

Для верховых болот обычны особые экологические формы сесны. Дальше всего к центру болота встречается сильно угнетенная карликовая форма сосны *Pinus sylvestris f. pumila*, ствол ее изогнут и полупогружен в сфагновый ковер, высота ее всего 0,5-1 м. Несколько ближе к периферии растет сосна высотой 2-3 м - это две другие формы: *Р. sylvestris f. Willkommii* и *Р. sylvestris f. Litwinovoii*, у первой замшелые ветви опщены до самого низа, а у второй подняты на высоту 0,7-1 м. По самому краю болота, где есть грунтовое питание, часто образуют полосу густые, но тонкомерные сосняки. Сосна в них 15-17 м высотой и прямым, но тонким, всего 8-10 см в диаметре, стволом. Это сосна болотной формы Р. sylvestris f. uliginosa. При улучшении или ухудшении условий питания и аэрации эти формы могут переходить одна в другую.

Так как болота часто постепенно переходят в другие типы растительности, а (при картировании в особенности) нужно установить границу болота, то используют в качестве определяющего технический признак - различие в мощности торфа. По решению Всесоюзной конференции 1934 г. по болотному кадастру к болотам относятся участки со слоем торфа не менее 30 см в неосушенном состоянии.

Таблица 21

**Классификация болот и болотных фитоценозов(по Тюреминову)**

Как зарастающие водоемы, так и болота довольно значительно варьируют в зависимости от окружающих зональных ландшафтов. Поэтому индикационные закономерности в них подвержены определенным изменениям. Это вызывает необходимость создавать для различных регионов обособленные индикационные схемы.

**8.1 ИНДИКАЦИОННЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ПРИ ЗАРАСТАНИИ ВОДОЕМОВ**

При зарастании водоемов и образовании при этом болот растительность может выть индикатором степени заболачивания водоема, определении его глубины по поясам растительности, а в южных районах - степени минерализации воды, особенностей ее повышения.

До сих пор актуальна схема зарастания водоемов, данная В. Н. Сукачевым (1926). Пояс (В. П. Сукачев называл пояса «зонами») глубже 5 м занимают различные микрофиты, т. е. споровые водоросли, главным образом сине-зеленые и зеленые, а также диатомовые водоросли, которые дают отложения в виде сапропеля. Глубину 4-5 м обозначают растения-макрофиты с плавающими и погруженными листьями; кувшинки, кубышка, рдесты, харовые водоросли, роголистник. Под ними образуется сапропелевый торф. Пояс камышей и тростников указывает глуби.ну не более 2-3 м и образование камышового и тростникового торфа. Прибрежная часть, где глубина воды не превышает 1 м, занята осоками, которым сопутствует разнотравье - частуха, стрелолист, горец земноводный, хвощ топяной, лютики, здесь образуется осоковый торф.

По мере заполнения водоема сапропелем все дальше продвигается к центру зона камыша и тростника, причем тростник служит индикатором имеющейся проточной воды или недавно ставшей застойной. Таким образом, постепенно происходят зарастание и заторфовывание водоемов и развитие болота, начавшееся с озерной стадии. Индикатором другого типа зарастания водоема и образования торфа сверху, процесса, приводящего к развитию болота, служит нарастание сплавины. Сплавина чаще создается в водоемах с крутыми берегами. Ее образование начинается с переплетения корневищ и корней болотных растений: сабельника, вахты трехлистной, осок, которые потом зарастают сфагновыми или гипновыми мхами. Сплавина постепенно увеличивается в толщину, а отмершие растительные остатки падают на дно и заполняют водоем. Наибольшие площади болот, однако, возникли в результате заболачивания суши, главным образом лесов, в гумидных областях.

В аридных областях актуально ориентировочное распознавание возрастания минерализации воды при зарастании и обсыханин водоемов. Это может быть легко обнаружено при азро-визуальных наблюдениях и при дешифрировании аэрофотоснимков с использованием геоботанических индикаторов. А. Б. Бахиев (1979) обнаружил, что для зарастающих пресноводных старичных озер в низовьях Амударьи характерен экологический ряд, в котором центральные части водоемов заняты зарослями рогоза, а периферические - тростником. Рогоз обычно указывает на стоячие воды, а тростник - на медленно текущие. При осолонении водоема наблюдаются угнетение и частичное отмирание рогоза и появление среди тростниковых зарослей пятен с сочными галофитами - солеросом, сарсазаном и др.

Эти изменения на аэрофотоснимке заметны по осветлению умного фототона рогозовых зарослей в центре водоема и по появлению на окраинах водоема мозаичного рисунка, создаваемого чередованием тростниковых зарослей и солончаковых участков. В полупустынях пресные водоемы окружены густыми тростниковыми зарослями и разнотравными лугами, а соленые - кольцами солончаков. Это также легко различимо при дешифрировании.

**8.2 ИНДИКАЦИОННЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ НА БОЛОТАХ**

Геоботаническая индикация на болотах наиболее часто применяется для определения типа питания, стадий развития болота, выявления гидрологической системы болот, определения условий возникновения болот, оценки болотных массивов в хозяйственно-производственном отношении и для определения гидрохимических особенностей болотных вод.

Для разделения болот по типам питания - грунтовое, атмосферное и переходное - растительный покров до настоящего времени изучен еще недостаточно. Однако его можно использовать как индикатор. Растительный покров болот грунтового питания характеризуется господством березняков, черноольшаников, ельников, ивняков, зарослей осок, коврами зеленых мхов, сообществами влаголюбивых злаков и крупного разнотравья. Часто болото постепенно переходит в участки влажных лугов. Болота грунтового питания обычно располагаются в логах, в долинах рек и у родников. Такие болота могут возникать при заболачивании вырубок или гарей.

Болота атмосферного питания характеризуются преобладанием специфических олиготрофных растительных сообществ, приспособленных к жизни на субстратах, крайне бедных минеральными соединениями. Для верховых болот типично развитие ковров сфагновых мхов, сообществ с господством кустарничков - клюквы, багульника, подбела, голубики, распространение особых болотных форм сосны, разрастание пушицы, шейхцерии болотной, мелкой осоки болотной.

Своеобразен рельеф болот, образованный чередованием извилистых гряд и кочек и развитых между ними увлажненных понижений - мочажин. Распределение растительных сообществ имеет мозаичный характер вследствие тяготения одних фито-ценозов к грядам и кочкам, а других - к мочажинам. Болотный массив в целом имеет пологовыпуклые очертания, и его центральные части находятся выше периферийных. Многие болота грунтового питания в ходе развития эволюционируют в массивы, питающиеся атмосферными осадками. Промежуточными звеньями этой эволюции служат переходные болота, в которых сочетаются черты и низинных и верховых болот. По соотношению площадей, характерных для верховых и низинных болот, можно ориентировочно определить, насколько полно осуществлен переход болота к атмосферному питанию. Например, для болот Северо-Запада европейской части СССР индикатором окончательной смены грунтового питания атмосферным служит развитие сплошного покрова сфагновых мхов. На кочках верховых болот обычно растут сфагнумы бурый и средний, а в понижениях - сфагнумы узколистный, балтийский и др.

Существуют определенные виды растений - индикаторы определенного типа болота. Так, для верховых болот характерны следующие виды-индикаторы: вересковые кустарнички- багульник, подбел, Кассандра, клюква, голубика, вереск. Эти растения можно увидеть и на переходных болотах. На северных верховых болотах встречаются еще карликовая березка, водяника. Одноколосковая пушица влагалищная характерна для верховых болот. Морошка, насекомоядные растения - росянки круглолистная и длиннолистная, осока топяная, очерет-пик, шейхцерия болотная - это все индикаторы верховых болот.

Для низинных болот характерны растения-индикаторы из древесных пород - ольха черная, береза пушистая, ель, сосна (последние реже), в средней и южной полосе - ясень обыкновенный, дающий болотную форму, а в Сибири - кедр. Из деревьев второй величины следует назвать березу приземистую, обычно индицирующую жесткие ключевые воды. Среди кустарников индикаторами служат различные виды ив - серая, пятитычинковая, розмаринолистная, черничная и др. Следует упомянуть еще крушину, а для Западной Сибири - жимолость голубую. Очень разнообразен травяной покров низинных болот. Это прежде всего дерновинные осоки - дернистая, своеобразная, омская, в Сибири - осока вилюйская. Эти осоки индицируют не только богатое питание, но и переменный режим увлажнения. Очень распространены и длиннокорневищные осоки - пузырчатая и бутыльчатая. На пойменных болотах лесной зоны большие площади занимает осока острая, а в степной - осокая прямая. Из злаков характерны прежде всего тростник и различные виды вейников - ланцетный, вытянутый, Лантсдорфа. В Сибири часто встречается злак тростянка.

На безлесных низинных болотах растут три вида пушицы. Это пушица узколистная, широколистная, тонкая, имеющие по нескольку колосков, а в Сибири и на Дальнем Востоке - пушица рыжеватая. Встречается также пухонос альпийский. Достоверными индикаторами низинных болот служат хвощи - топяной с жесткими стеблями обычно без веточек и болотный с полым стеблем. В ольховых топях индикатором перегнойных иловато-глеевых почв служит папоротник болотный. Из разнотравья индикаторами будут: белокрыльник, ирис болотный, а также некоторые зонтичные - горичник болотный и ядовитый нех. Для низинных болот обычны также зеленые (гипновые) мхи.

На переходных болотах можно встретить те же виды, что и на низинных и .верховых болотах. Из древесных пород здесь характерны сосна и береза пушистая, а в Сибири - кедр и лиственницы сибирская и даурская. Встречается изредка ива. Типичным индикатором переходных болот служит пухонос дернистый. В моховом покрове встречаются гипновые и сфагновые мхи.

Имеются разногласия, что, собственно, индицируют олиготрофные, мезотрофные и эвтрофные виды. Некоторые исследователи расценивают их как показатели валового химического состава торфа, другие - как показатели активного богатства почв, зависящего от присутствия наиболее подвижных форм различных соединений. Значимость индикаторов - указателей атмосферного и грунтового питания, а также степени олиготрофности болот подвержена сильным колебаниям в разных географических типах болот, и индикация приобретает региональный характер. Особенно следует отметить неприменимость индикационных схем. разработанных для болот лесной зоны в тундровых ландшафтах, где деление торфов на низинные, переходные и верховые неосуществимо.

**Индикация гидрологических систем болот.** Гидрологическую систему болотного массива образует совокупность путей движения водных потоков, мигрирующих в толще торфа. Наиболее полное и сложное развитие получает гидрологическая система в болотах атмосферного питания. Основными элементами этой системы являются линии отекания, различные типы топей (т. е. избыточно увлажненных участков), озерки. Среди юпей различают фильтрациоиные (проточные) и застойные. 1У выпуклых торфяников обозначается еще особый элемент - лагг, представляющий обводненную окраину болота, принимающую в себя сток с более повышенных центральных его частей. Гидрологическая система болота и в особенности топи и лагг подчеркивается развитием болотного крупнотравья (болотный ирис, белокрыльник и др.) и некоторых видов сфагновых мхов. На аэрофотоснимках болот атмосферного питания обычно хорошо виден концентрический рисунок, создаваемый чередованием гряд и мочажин, а на его фоне заметны топи и наиболее крупные линии отекания в виде криволинейных полос, секущих рельеф болота и обладающих более темным фототоном, чем окружающие их пространства. По окраине торфяника прослеживается темное кольцо (иногда прерывистое или незамкнутое), изображающее лагг.

Большое значение имеет геоботаническая индикация условий возникновения болотных массивов. Она базируется на идеях выдающихся советских болотоведов Е. А. Галкиной и К Е. Иванова. Развивая их концепции, В. Н. Кирюшкин разработал морфогенетическую классификацию, используя которую можно по внешним особенностям болотного массива (в особенности по его очертаниям) и по морфологии линий сте-кания определить характер впадины, в которой возникло болото. Некоторые элементы этой классификации, имеющие индикационное значение, приведены в табл. 22.

Растительный покров лагга позволяет ориентировочно оценить вероятную интенсивность влияния выпуклых торфяников на гидрологические условия окружающих незаболоченных территорий. Это обусловлено ролью латга как контактной полосы между болотом и прилежащими к нему пространствами. Именно через лагг идет миграция болотных вод за пределы торфяника. И. В. Кузьмина и Л. А. Шевченко предложили для Нечерноземъя типологию лаггов с указанием индикационного значения их. Они выделяют следующие типы лаггов.

1. Топяной лагг с зарослями осок, белокрыльника и болотных кустарников и со значительными участками открытой водной поверхности. Он характерен для резковыпуклых малооблесенных торфяников и указывает на интенсивный сток болотной воды за границу болота. Поэтому он обычно окаймлен полосой сырых лугов. Часто является местом истока речек, несущих воду болот на незаболоченные площади. Индицирует наиболее резкое гидрологическое и гидрохимическое влияние торфяника на контактирующий с ним район.

2. Мохово-травяной лагг. Сходен с предыдущим, но площадь открытых топей меньше. Полоса сырых лугов по периферии лагга узкая, прерывистая. Индицирует умеренный сток болотных вод и не служит истоком речек.

3. Травяной и облесенный лагги. Эти два типа индицируют крайнее ослабление стока с болота. В облесенных лаггах почти вся стекающая вода расходуется покрывающей его растительностью. Открытые топи отсутствуют. Полосы влажных лугов или нет, или она выражена фрагментарно. Торфяники, окруженные подобными лаггами, почти не воздействуют на гидрологическую обстановку незаболоченных площадей. Многие из перечисленных выше типов лаггов хорошо различимы на аэрофотоснимках. Топяной лагг имеет вид широкой темно-серой полосы с многочисленными интенсивно темными, почти черными, округлыми и овальными пятнами, образуемыми открытой поверхностью воды. Отсутствие этих пятен позволяет опознать мохово-травяной лагг. Облесенный лагг дешифрируется по кронам древесных пород. Травяные лагги дешифрируются с трудом.

Таблица 22

**Элементы индикационных взаимосвязей и морфогенетической классификации болотных урочищ (по Кирюшкину)**

|  |  |
| --- | --- |
| Характер впадины | Индикаторы |
| очертания впадины | форма сетки линий отекания |
| Замкнутые бессточные впадины | замкнутые: форма или овальная округлая | радиально-сходящаяся (на ранних стадиях развития массива) и ради­аль­но расходящаяся (при дости­жении болотом выпуклой формы) |
| Карстовые воронки | замкнутые: форма округлая, размеры обычно небольшие | радиально-сходящаяся |
| Впадины на пологих склонах | открытые (допускающие свобод­ный сток); форма .прямоугольная вытянутая | равномерно-параллельная, реже кри­во­линейно-сходящаяся |
| Сточные впадины | полузамкнутая, открытая в нижней узкой части | криволинейно-сходящаяся в направ­ле­нии нижней узкой части впадины |
| Впадины логов  | открытые (допускающие сток): форма лентовидная | криволинейно-сходящаяся или рав­но­мерно-параллельная |
| Старицы | открытые (допускающие сток); форма серповидная | равномерно-параллельная или кри­волинейно-сходящаяся, серповидная |
| Межгривовые западины | открытые, допускающие сток: форма полосная, вытянутая вдоль русла реки | криволинейно-сходящаяся |

**Индикация гидрохимических свойств болотных вод.** Растительные индикаторы используются для оценки некоторых гидрохимических свойств болотных вод. Наиболее отчетливо они указывают на изменение окисляемости (т. е. суммарного содержания органических веществ, растворенных в воде). Индикаторами вод с наивысшей окисляемостью являются сообщества болот атмосферного питания (ковры сфагновых мхов, пу-шицевые и багульниковые фитоценозы). Для низинных болот типичны низкие значения окисляемости. Исключение представляют лишь ольховые и ивняковые болота, где окисляемость почти так же велика, как и в верховых болотах.

**ГЛАВА 9 ИНДИКАЦИОННЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ В СТЕПЯХ**

Степи, представляющие собой пространства преимущественно равнинные и характеризующиеся господством ксерофильных и мезоксерофильных травянистых растений, имеют ряд особенностей, придающих индикационным геоботаническим исследованиям в них специфические черты, различающиеся в разных так-сонах степей. Основные классы их, развитые в степной зоне СССР,-луговые степи, настоящие степи и опустыненные (сухие) степи. Общей для них является ограниченность применения геоботанической индикации в силу того, что значительная часть степей распахана и естественный растительный покров здесь не сохранился. Распаханность степей и нарушенность их человеком возрастают с севера на юг и с северо-запада на юго-восток. Так, луговые разнотравные степи европейской части СССР (рис. 8), характеризующиеся присутствием мезоксерофильных злаков и красочного разнотравья, распаханы настолько сильно, что геоботаническая индикация в них практически нецелесообразна. Лежащие южнее настоящие степи (рис. 9) сохранились значительно лучше. Однако к западу от Волги нарушенность их человеком еще очень сильна, и геоботанические индикаторы почв, горных пород и грунтовых вод имеют второстепенное значение, а ведущая роль в индикации принадлежит различным формам рельефа. В Заволжье и еще более в Зауралье в опустыненных степях сохранность естественных растительных сообществ довольно велика, и использование геоботанических индикаторов в них возможно.

рис. 8. Покров луговой степи – индикатор типичных черноземов: 1 – осока низкая, 2 – ковыль перистый, 3 – язвенник многолистный, 4 – типчак, 5 – шалфей луговой, 6 – лен, 7 – таволга шестилепестная, 8 – гладиолус, 9 – верноика седая, 10 – клевер горный, 11 – костер береговой, 12 – клубника зеленая, 13 – лютик многоцветковый, 14 – верноика колосистая.

рис. 9. Покров разнотравно-типчаково-ковыльной степи – индикатор обыкновенных черноземов: 1 – ковыль узколистный, 2 – шалфей поникший, 3 – типчак, 4 – подорожник степной, 5 – ковыль волосатик, 6 – тонконог, 7 – вероника седая.

рис. 10. Покров сухой типчаково-ковыльной степи – индикатор темно-каштановых почв: 1 – ковыль Лессинга, 2 – типчак, 3 – грудница мохнатая, 4 – гвоздика узколистная, 5 – лапчатка кустарниковая, 6 – полынь белая.

Другой особенностью степных ландшафтов, влияющей на применимость геоботанической индикации, является господство в степях травянистых растений. Это затрудняет распознавание растительных сообществ на аэрофотоснимках и заставляет переходить к комплексной ландшафтной индикации, используя в качестве индикаторов закономерные сочетания форм рельефа и фитоценозов. Наконец, типичная для степей четко видимая смена многих аспектов, особенно типичная для луговых степей, препятствует возможности применения аэровизуальных наблюдений (обзора местности с самолета), так как одно и то же сообщество в течение вегетационного периода много раз меняет свой внешний облик. Поэтому в степях большое значение приобретают наземные маршрутные геоботанические исследования, при которых возможен точный учет изменения богатого флористического состава степных сообществ в разных экологических условиях. Особенно необходим он в условиях настоящих дер-новинно-злаковых степей. Сухие же опустыненные степи значительно беднее видами, и ведущая роль в формировании их внешнего облика принадлежит сравнительно немногим доминантам (рис. 10). Некоторым препятствием для гидроиндикации в степях оказываются благоприятные условия увлажнения в некоторых их типах. В луговых степях и северных вариантах настоящих дерновинно-злаковых степей растения почти не испытывают недостатка влаги, и поэтому физиономические контрасты сухих и увлажненных участков выражены очень слабо.

**9.1 ИНДИКАЦИЯ ПОЧВ И ГОРНЫХ ПОРОД В СТЕПЯХ**

Вследствие значительной нарушенности естественного растительного покрова степей различными формами воздействия человека (в одних участках - распашка, в других - покос, выпас) и разнообразия; почвенного покрова степей использование геоботанических индикаторов для целей почвенной и геологической съемок имеет резко выраженный региональный характер, и для каждого обособленного района приходится составлять отдельную индикационую схему. Однако для некоторых крупных регионов известны попытки составления генерализованных индикационных схем. Они могут иметь значение лишь при мелкомасштабных исследованиях. Пример подобной обобщенной схемы дан Л. Я. Курочкиной для степной зоны Казахстана (табл. .23; приведена с некоторыми изменениями и сокращениями).

Значительно чаще составляются дифференцированные схемы для отдельных районов. Пример такой схемы для степей Орско-го Зауралья, составленной по данным И. С. Ильиной, приведен в табл. 24.

Растительные индикаторы отчетливо указывают на появление среди степи участков засоленных почв. Так, для типчаково-ковылковых долинных степей бассейна р. Маныч Д. Я. Зацепина указывает следующие индикаторы засоленных почв (табл. 25).

Литоиндикационные геоботанические исследования распространены главным образом в каменистых степях, где растительность тесно связана с подстилающими почву породами. Здесь часто наблюдается явление так называемой литогенной комплексности. Е. А. Востокова, впервые описавшая это явление, называет так образование растительных комплексов в связи с фрагментарным, пятнистым распределением каких-либо литоло-гических разностей, контрастных по своим свойствам. Так, ею были описаны участки ковыльной степи с кустарниками, расположенные в виде островков среди солянковых сообществ, сформированных на солонцах, подстилаемых соленоснымя глинами. Оказалось, что эти фрагменты степи связаны с последними маломощными остатками свиты незасоленных песков, почти уничтоженной денудацией. Обнаружить их было возможно только по своеобразию покрывавшей их растительности.

Таблица 23

**Главнейшие почвы степной зоны Казахстана и соответствующая им растительность**

|  |  |
| --- | --- |
| Индикаторы | Индикаты |
| Богаторазнотравные сообщества с ковылем красноватым и горичником русским | черноземы южные |
| Сообщества с господством ковыля красноватого и типчака с разнотравьем | черноземы южные карбонатные, тяжело­суглинистые |
| Сухие степи с типчаком, ковылем-волосатиком, ковылем красноватым | черноземы южные солонцеватые смытые |
| Сообщества с господством грудницы опушен­ной, остреца, типчака и сообщества с господст­вом полыни черной, типчака и ковыля-волосатика | солонцы |
| Сообщества с господством биюргуна солончакового и черной полыни | солончаковые солонцы  |
| Степи с грудницей опушенной, полынью холодной, ковылем-волосатиком | малоразвитые почвы мелкосопочника |
| Степи с ковылем Лессинга при участии ковыля-волосатика | темно-каштановые несолонцеватые почвы, тяжело­суглинистые и несуглинистые, не вскипающие |
| Степи с господством ковыля Лессинга, типчака, грудницы татарской | темно-каштановые карбонатные, тяжелосуглинистые почвы |
| Степи с типчаком, ковылем-волосатиком, полынком и полынью Шренкя | темно-каштановые карбонатные глинистые почвы |
| Сообщества с господством тростника южного, остреца, пырея ползучего | луговые и лугово-каштановые (засоленные и незасоленные) |

Таблица 24

**Связь некоторых растительных сообществ с почвами в Орском Зауралье**

|  |  |
| --- | --- |
| Индикаторы | Индикаты |
| Степи с ковылем Лессипга и кипчаком | темно-каштановые суглинистые и супесчаные почвы водоразделов и приречных равнин |
| Галофитные варианты ковыльно-типчако-вых степей с участием грудницы опушенной, полыни нитратной и кохии простертой | темно-каштановые сильно-солонцеватые эродированные почвы озерно-аллювиальных равнин |
| Петрофитные варианты ковыльно-типчако-вых степей с участием спиреи зверобое-листной и различных тимьянов | темно-каштановые маломощные щеб-нисгые почвы расчлененных подо-разделов |
| Псаммофитные варианты ковыльно-типча-ковых степей с участием молочая Сегьера и качима высочайшего | темно-каштановые супесчаные почвы озерных равнин и речных террас |
| Мезофитные варианты степей с участием костра безостого, пыреев и разнотравья | темно-каштановые западинные почвы в низинах и ложбинах стока |

Таблица 25

**Связь растительности с засоленными почвами в долине р. Маныч**

|  |  |
| --- | --- |
| Индикаторы | Индикаты |
| Сообщества с господством петросимонии усеченной | солончаки - солонцы |
| Сообщества с господством кермека Гмелина и полыни солончаковой | луговые солонцы |
| Сообщества с господством камфоросмы монделийской | корковые солончаковатые солонцы |
| Сообщества с господством кохии простертой | средние степные остаточно-слабосолончаковатые солонцы |
| Сообщества с господством ромашника тысячниколистного | несолончаковые средние степные солонцы |

Исследования в Казахстане, Забайкалье и в Хакасии показывают, что при геоботанической индикации горных пород в каменнистых степях следует использовать не отдельные сообщества, а эколого-генетические ряды их, возникающие на одной и той же породе по мере разрушения ее выветриванием, т. е. подходить к индикации с позиций представления о поле породы. Так, при сравнении эколого-генетические ряды на двух территориально близких участках каменистой степи в Хакассии, один из которых был развит на конгломератах свиты эффузивов, а другой - на известняках, оказалось, что ряды сообществ на них существенно различны. На выходах конгломератов господствовали курчавка колючая, карагана блестящая, полынь холодная, эфедра односемянная, сопровождаемые разнообразным разнотравьем, а на выходах известняков господствовал лишь исключительно пырей коленчатый. Через ряд промежуточных звеньев растительность конгломератов на северных склонах (наиболее богатых мелкоземом и лучше увлажняемых) достигла стадии ковыльной степи с большим количеством разных кустарников '(карагана блестящая, спиреи средняя и зверобоелистная, кизильник черноплодный), тогда как на известняках в аналогичных условиях возникала монотонная ковыльная степь с ирисом русским. Таким образом, хотя заключительные звенья серии имели определенное сходство (ковыльная степь), но могли j быть хорошо различимы, что позволяло использовать их для литоиндикации.

В рассмотренном ранее Орском Зауралье петрофитная растительность каменистых степей на гранитах характеризуется значительным участием ковылей красноватого и узколистного, лапчатки сероватой и полыни Маршалла. В Центрально-Казахстанском мелкосопочнике в степном типе растительности выделены степная растительность глинистых плакорных равнин с господством формаций ковылей Лессинта и сарептского и пет-рофитно-степная растительность мелкосопочника. В последней различаются: петрофнтный вариант растительности на некарбонатных эффузивных породах (порфиры и порфириты), псаммо-петрофитный – на песчаниках и кальцефитно-петрофитный – на известняках. В качестве доминантов наиболее распространенных сообществ в первом варианте перечисляются ковыль-волосатик, полыни сублессингиановая и холодная, спирея зверобоелистная, во втором - ковыль-волосатик, полынь Маршалла, лапчатка сероватая, спирея зверобоелистная, в третьем - ковыль сарептский, скабиоза исетская, астрагал таврический, терескен, вьюнок кустарниковый. Как видно из приведенных данных, существует значительное число доминантов, позволяющих дифференцировать поля разных горных пород, хотя существуют и некоторые общие господствующие виды.

Наблюдения над степной растительностью помогают установлению границ свит, близких литологически, но имеющих разный генезис (Викторов, 1955). В степях Актюбинского Приуралья в непосредственной близости друг с другом распространены альбские континентальные пески и морские прибрежно-водные пески сеномана. Прослеживание границ их обычными методами геологической съемки затруднительно. Однако различия в растительном покрове оказались существенными. На песках альба развита песчаная разнотравная степь с ковылем песчаным, смолевкой волжской, тысячелистником Гербера, полынью песчаной. Для песков сеномана, пылеватых и несколько засоленных, типично присутствие терескена, полыни белоземельной, кохии простертой, ромашника. Злаки представлены ковылем-волосатиком и мятликом луковичным. Коэффициент общности сводных флористических списков для песков разного генезиса составляет 26,4%, тогда как для разных участков на песках генетически однородных он колеблется от 61 до 64%.

Таблица 26

**Некоторые черты связи растительности с ландшафтами Тургайской столовой страны**

|  |  |
| --- | --- |
| Индикаторы | Индикаты |
| Сообщества с господством ковыля песчаного при согосподстве овсяницы Беккера, тонконога сизого и псаммофитного разнотравья | красочные песчаные степи на рыхлых супесях и крупнозернистых песках |
| Сообщества с господством ковыля Лессинга при согосподстве типчака, тонконога стройного, ферулы татарской, грудницы |  сухие степи на суглинках и глинах |
| Сообщества с господством ковыля сарепт-ского, житняка сибирского, полыни Лер-ха, полыни белоземелыюй; согосподствуют весенние эфемеры и эфемероиды; характерны ромашник и напочвенные лишайники | опустыненные степи на тяжелых супесях |
| Сочетание мелких участков опустыненных степей с небольшими многочисленными фрагментами сообществ полыни черной, биюргуна, кокпека, однолетних галофитов | микрокомплексные полупустыни на глинах, суглинках и супесях, частично засоленных (по дну Тургайской депрессии) |

Равнинный рельеф степей и значительная освоенность их человеком затрудняют прослеживание в них границ зон и под-зон. В качестве важного признака, сильно облегчающего и уточняющего работы при этом, находят применение геоботанические индикаторы. В пределах Тургайской столовой страны были выполнены работы по составлению ландшафтно-биогеографи-ческой карты, отражающей границы различных зональных и субзональных типов степей. В основном использовались геоботанические индикаторы, а в комплексе с ними - и орнитологические (встречаемость разных видов птиц). Работы охватили не только степную зону, но и сопредельные с ней полупустыни и пустыни. Основные геоботанические индикационные элементы легенды к составленной карте указаны в табл. 26. Они могут служить примером индикации границ крупных ландшафтных единиц в степях.

**9.2 ИНДИКАЦИЯ ГРУНТОВЫХ ВОД В СТЕПЯХ**

Геоботаническая гидроиндикация применяется в степях довольно широко. Особенно эффективна она в опустыненных степях и в южных вариантах настоящих степей- Наиболее распространенным гидроиндикатором в степях являются лиманы и лиманообразные понижения, занятые различными типами лугов. Это обширные, но неглубокие депрессии (глубиной от 0,5 до 3,0 м относительно окружающей их степи). Крупные и отчетливо выраженные низины обычно называются лиманами, мелкие же и имеющие расплывчатые контуры зовутся лимано-образными понижениями. Наиболее важной чертой лиманов и лиманообразных понижений является их растительность. Однако ее тесная сопряженность с определенной формой рельефа заставляет считать лиманы не чисто геоботаническими, а комплексными ландшафтными индикаторами.

Среди лиманов выделяются следующие, хорошо различимые физиономические типы, имеющие гидроиндикационное значение: заболоченные ломаны, луговые лиманы, солончаковато-луговые лиманы, остепненные лиманы (среди последних преобладают не столько лиманы, сколько мелкие лиманообразные понижения). Воды под лиманами лежат на глубине от 1 до 12 м, но интервалы их залегания и степень минерализации в разных типах лиманов различны. По мнению большинства исследователей, под лиманами располагаются изолированные скопления грунтовых вод и верховодок. Заболоченные лиманы обычно довольно глубоко врезаны и имеют кочковатое дно. В растительном покрове господствуют различные осоки и крупные влаголюбивые растения-тростник, камыш, рогоз, сусак, образующие густые заросли в центре лимана. Весной в лимане образуется ряд мелких озерков, а иногда он весь бывает затоплен. Во влажные годы заболоченные лиманы превращаются в сплошные неглубокие озера. Лиманы этого типа обладают большей частью значительной водосборной площадью. На небольшой глубине под лиманом залегает глинистый водоупорный слой, который способствует застаиванию воды. Вода стоит почти при поверхности или вскрывается на глубине не более 1-2 м. Практическое гидроиндикационное значение заболоченных лиманов невелико, так как залегающие в них линзы сильно расходуются на транспирацию влаголюбивой растительностью, а также легко испаряются, чему способствует их неглубокое залегание. Поэтому запасы воды в них очень малы. Однако эти лиманы очень удобны в качестве участков для поверхностного накопления влаги атмосферных осадков, так как гли-нисгый водоупор препятствует их просачиванию.

Наиболее важны в индикационном отношении настоящие луговые лиманы, расположенные в понижениях, под которыми формируются локальные скопления пресных или слабосолоноватых вод-подлиманные линзы. Дно луговых лиманов ровное или обладает своеобразным «медальонным» микрорельефом (ячеистые лиманы). Наиболее распространенное растительное сообщество-пырейные луга с участием фреатофитов: кровохлебки лекарственной, солодки, полыни раскидистой. Размер лиманов подвержен значительным колебаниям. Характер распределения растений позволяет проследить колебания размеров подлиманной линзы в зависимости от влажности года. Минимальная площадь линзы (до которой она сокращается в наиболее сухие годы) обозначается сомкнутым луговым травостоем при преобладании фреатофитов; границы растекания линзы в более влажные годы обозначаются лугами с более разреженным растительным покровом и редким участием фреатофитов. Этот тип лиманов имеет наибольшее значение для водоснабжения пастбищ, как обладающий наилучшими водами (табл. 27). При осолонении линзы (вследствие слабого пополнения ее или усиленного расходования на испарение) луговые лиманы эволюционируют в солончаково-луговые с солоноватыми и солеными водами.

Солончаково-луговые лиманы характеризуются комплексным растительным покровом, образованным чередованием луговых участков и участков солончаков, занятых галофитами. Последние располагаются особенно часто на микробугорках по дну лимана и образуют кольцо по его бровке. Почва на всех элементах микрорельефа покрыта выцветами солей. Из солончаковых растений особенно часты виды кермеков и солерос. Оба вида хорошо различимы при аэровизуальных наблюдениях: первый - по своим фиолетовым зонтикообразным соцветиям, второй-по характерной пурпурной окраске, принимаемой им осенью. Поэтому солончаково-луговые лиманы хорошо опознаются с воздуха. Остепненные лиманы обычно неглубоки, мелки и характеризуются проникновением в лиман растений с окружающих равнин (главным образом полыней). Воды лежат на значительной глубине (3-15 м), минерализация их 1-4 г/л. Однако, имея малое гидроиндикационное значение, они представляют интерес как индикаторы выщелоченности почв. Так, в остепненных лиманах в районе среднего течения р. Урал под группой ассоциаций полыни австрийской с участием полыни Лерха, солодки и красочного лугового разнотравья содержание растворимых солей в ряде разрезов до 2 м глубиной колебалось от 0,04 до 0,13%.

Таблица 27

**Анализ проб воды из луговых лиманов в Тургайской столовой стране**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Растительный покров лимана | Глубина залега­ния грунтовых вод (м) | Минерализация (г/л) |
| Пырейный луг | 4,4 | 0,62 |
| Пырейный луг с осокой | 8,0 | 1,93 |
| Разнотравно-пырейный луг | 2,5 | 0,52 |
| Луг с влаголюбивым крупнотравьем | 5,6 | 0,38 |
| Осоковый луг | 3,9 | 0,31 |
| Пырейно-солодковый луг | 6,9 | 0,54 |

Разные типы лиманов существенно различны по признакам дешифрирования. Заболоченные лиманы имеют мозаичный рисунок, состоящий из интенсивно темных, почти черных пятен (заросли тростника, сусака, камыша), чередующихся с более светлыми-серыми (луговый травостой из пырея или остреца). Луговые лиманы в тех случаях, когда находящаяся под ними линза стабильна, имеет ровный темный фототон, без всякой пятнистости. Если же линза ежегодно меняет свою площадь в зависимости от влажности года, то на аэрофотоснимке лимана обнаруживается ряд концентрических поясов. Центральная часть лимана обычно бывает занята участком, имеющим наиболее темный фототон. Он отвечает минимальной площади линзы, до которой она сокращается в наиболее засушливые годы. Вокруг этого участка (он иногда бывает несколько смещен от-

носительно центра лимана) располагается ряд поясов, обозначающих площади, до которых увеличивается подлиманная линза в годы с разной степенью влажности. Солончаково-луговые лиманы хорошо заметны на аэрофотоснимке по прерывистой белой кайме, создаваемой солевыми выцветами на бровке лимана. В центральной его части обычно также заметна неравномерная светлая точечность, создаваемая засоленными бугорками и группами галофитов на них. Часто на аэрофотоизображении солончаково-лугового лимана бывает заметна интенсивно темная полоса, окружающая лиман или вытянутая вдоль одного из бортов. Так изображаются сообщества фреатофитов (главным образом солодки и полыни раскидистой), развивающиеся на тех участках, где слабоминерализованные воды, фильтрующиеся в лиман с окружающих водоразделов, еще не смешались с солеными водами лимана. Колодцы, сооруженные в таких полосах, дают пресную воду даже на окраинах засоленных лиманов.

Остепненные лиманы дешифрируются плохо. Причиной этого служит проникновение в лиманы этого типа большого количества растений из ковыльных и полынных сообществ окружающих водоразделов. Вследствие этого контраст фототона лимана и окружающей степи невелик. Кроме того, остепнению обычно подвергаются наименее глубокие понижения, где не происходит такого накопления влаги, которое могло бы обусловить появление настоящего лугового травостоя. Фототон остепненных лиманов светло-серый; на крупномасштабных снимках заметна темная зернистость, порождаемая группами фреатофитов и особенно заметная при съемке, производимой летом. Чем гуще и заметнее эта точечность, тем больше оснований предполагать близкое залегание вод под понижением. Минерализация воды не может быть оценена по аэрофотоснимку даже ориентировочно, поскольку галофиты в остепненных лиманах встречаются очень редко, вытесняясь оттуда более сильными в конкуретном отношении видами-шолынями и ковылями.

Лиманы и лиманообразные понижения описывались в разных ландшафтах под различными названиями. В Казахстане их часто называют «бидаек» или «шопты-коль» («травяное озеро», имея в виду частое временное превращение лиманного луга в озеро). Под этими названиями лиманы неоднократно описывались и в пределах полупустыни. Типы лиманов здесь те же, что и в степях, но заболоченные лиманы очень редки, и преобладающим типом являются солончаково-луговые лиманы. Для них в области полупустыни характерно превращение центральной, наиболее пониженной части лимана в солончак, на котором господствуют ажрек (прибрежница), бескильницы, франкения и часто появляется солерос. Солончаковые луга располагаются в виде пояса между бортом лимана и солончаком, лежащим в его центре. В песчаных массивах, лежащих среди степей, часто отмечается наличие скоплений верховодки под котловинами выдувания. Происхождение ее, очевидно, смешанное, и в образовании принимают участие и процессы инфильтрации осадков, и конденсации водяного пара в толще песка. В песках Среднего Дона такие скопления верховодки на серых, обогащенных мелкоземом, заросших песках обозначаются определенным рядом сообществ; при расположении зеркала верховодки на глубине около 2 м в котловинах развиваются березовые колки, при глубинах залегания верховодки от 2 до 4 м-группы осины, а если верховодка залегает на глубине порядка 4-6 м, то она обозначается небольшими дубовыми рощами. Встречаются понижения с концентрической комплексностью, где береза занимает наиболее глубокие их части, осина -склоны, а дуб - бровку низины.

В Приобских степях и в степях Северного Казахстана встречаются мелкие замкнутые котловины просадочного происхождения с локальными скоплениями грунтовых вод, залегающими на глубинах S-4 м. Минерализация их незначительна. Они легко опознаются по березовым колкам, окаймляющим их край, и по сырым лугам (часто с присутствием тростниковых зарослей), занимающим наиболее пониженную центральную часть.

**9.3 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕОБОТАНИЧЕСКОЙ ИНДИКАЦИИ ПРИ СОСТАВЛЕНИИ КАРТ ВОССТАНОВЛЕННОГО РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА СТЕПЕЙ**

Значительная часть степей распахана. Естественные ландшафты их при этом испытали глубокие изменения, которые особенно коснулись растительного покрова. Однако при инвентаризации сельскохозяйственных угодий представляет интерес не только их современное состояние, но и потенциальные перспективы. А для этого необходимо определить, является ли то или шюе сообщество первичным коренным пли производным, возникшим в силу аитропогенных воздействий. Наиболее важно это для кормовых угодий, где восстановление естественного растительного покрова на месте сбитых участков имеет большое практическое значение. Поэтому для степной зоны актуально составление карты восстановленного растительного покрова.

Основы составления восстановленных геоботанических карт разработаны В. В. Алехиным (1934). Исследования Б. Н. Горбачева и О. С. Горожаякиной в Ростовской области показали, что при этом с успехом могут быть использованы индикационные закономерности. В качестве индикаторов при этом используются отдельные виды, поскольку естественные сообщества уничтожны. В качестве индикаторов рекомендуется отбирать виды, «отражающие наиболее глубокие, интимные связи с природными условиями, но устойчивые к различным видам хозяйственных воздействий, а поэтому встречающиеся как в коренных ценозах, так и во всех (или по крайней мере во многих) производных от них растительных группировках антропогенного происхождения» («Принципы и методы геоботанического картографирования», 1962). Такие виды авторы называют верными не столько ценозу, сколько местообитанию. По наличию набора видов-индикаторов, по соотношению их и по размещению их по элементам микро- и нанорельефа определялся характер первичного растительного покрова каждого данного участка при любом его хозяйственном состоянии - на сбоях, залежах и на пашне. Выявлению индикаторов предшествуют значительный объем работ по определению сопряженности индикаторов с типами и подтипами тючв и степени устойчивости их к хозяйственным воздействиям. Индикатом при всех этих операциях в конечном счете являются коренные типы степей. В Ростовской области, для которой были проведены эти работы, выделяются разнотравно-дерновиннозлаковая, дерновиннозлаковая, полын-но-дерновиннозлаковая степи. Основные группы индикаторов этих вариантов степей разделяются на несколько групп. Некоторые из них указаны ниже.

1. Мезофильные степные виды, индицирующие разнотравно-дерновинную степь на черноземах: бобовник (миндаль карликовый), девясил германский, кермек широколистный, василек скабиозовидный, частец прямой.

2. Ксерофильные пустынностепные виды, индицирующие дер-новиннозлаковую и полынно-дерновиннозлаковую степи: полынь Лерха, ромашник, грудница шерстистая, кохия простертая, кермек сарептский.

Для индикации использовались и сорняки. В разнотравно-дерновиннозлаковой степи распространены вязель, осот розовый, чина клубненосная, полынь горькая, которые встречаются здесь на плакорных пространствах. В более ксерофитных вариантах степей эти виды отмечены только в микропонижениях. Вполне четко распознавались при индикации солонцы, на которых при любых формах освоения сохранялись в незначительном обилии полынь черная и камфоросма монспелийская. Неоднократно наблюдалось, что большинство индикаторов наиболее чувствительно к почвенным условиям на границе своего экологического ареала. Так, полынь австрийская широко распространена и на черноземах, и на темно-каштановых почвах, но на каштановых строго приурочена только к некоторым менее солонцеватым разновидностям, которые могут быть определены с помощью этого индикатора.

**ГЛАВА 10 ИНДИКАЦИОННЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ В ПУСТЫНЯХ И ПОЛУПУСТЫНЯХ**

Геоботанические индикационные исследования в пустынях и полупустынях развиты очень широко. Возникновение индикационной геоботаники как особой отрасли знаний в значительной мере связано с изучением аридных регионов (Викторов, 1955; Востокова, 1962). Истоки индикационных идей применительно к ним следует искать в трудах Б. А. Келлера (Келлер, 1923; Димо, Келлер, 1907) Е. П. Коровина (1934), Д. Н. Кашкарова (1933), В. А. Дубянского (1928), Н. В. Павлова (1931), М. П. Петрова (1973). В настоящее время вопросы индикации в пустынях и полупустынях наиболее разработаны в трудах С. В. Викторова (1973, 1976), Б. В. Виноградова (1966), Е. А. Востоковой (1980), Г. С. Каленова (1973). Проблемы геоботаиической индикации засоления исследуют Н. И. Акжигито-ва и Д. Д. Вышивкин.

Пустыни и полупустыни настолько значительны по занимаемой ими площади и столь типологически разнообразны, что рассматривать вопросы геоботанической индикации в них, не подразделяя их на более мелкие типы и подтипы, невозможно. Поэтому мы кратко остановимся на их типологии. В настоящей главе мы рассматриваем равнинные области, включающие в себя как типичные пустыни, так и переходные ландшафты, в которых пустыни сочетаются с элементами сухих степей, обозначаемые обычно как полупустыня (а в более засушливых своих вариантах-как северные пустыни). Используя существующие классификации пустынь и внося в них некоторые дополнения, вызванные спецификой индикационных исследований, мы выделяем следующие основные, значительно генерализованные типологические единицы:

1) песчаные пустыни,

2) супесчано-глинистые пустыни древних аллювиалыю-дельтовых равнин,

3) суглинистые, щебнисто-суглинистые и глинистые пустыни останцовых плато,

4) щебнистые лёссовые и суглинистые пустыни предгорных равнин,

5) солончаковые пустыни бесточных впадин и морских побережий,

6) меловые пустыни возвышенностей и волнистых равнин с неглубоким залеганием мелов и мелоподобных мергелей,

7) полупустыни и северные варианты пустынь (сочетания различных типов пустынь с фрагментами степных ландшафтов).

Мы не выделяем в качестве отдельного типа такырную пустыню, потому что она почти не образует сплошных массивов, создавая включения почти во все остальные типы пустынь. Индикационные закономерности в каждом типе пустынь своеобразны, но объединяющей их чертой является очень резкая зависимость распределения растительного покрова от экологических условий, порождаемая недостатком влаги, значительными колебаниями температур и специфическими свойствами пустынных субстратов: засоленностью (наиболее выраженной в солончаковых пустынях, но часто отмечаемой и в других типах) и подвижностью (в песчаных пустынях).

Растительный покров пустынь довольно разрежен, но его роль в облике местности и его аэрофотоизображении велика. В пустыне более, чем в других зонах, наблюдается пестрое чередование фитофизиономичных и орофизиономичных микроландшафтов. Так, на фоне барханных массивов, почти лишенных растительности, резко выделяются сообщества фреатофитов по котловинам выдувания с близкими подземными водами, на фоне открытых солончаков - заросли галофитов. Растительность часто обусловливает аккумуляцию эолового материала, создавая фитогенные формы рельефа. Наконец, следует указать, что широкое распространение в пустынях приобретают си-нузии напочвенных мхов и лишайников, сильно влияющие на фототон -аэрофотоизображения; например, скопления черного мха (тортули пустынной) на фоне песков создают на аэрофотоснимке хорошо видимые темные участки, обозначающие значительную многолетнюю закрепленность песков. Поэтому, несмотря на видимую орофизиономичность многих пустынных ландшафтов, геоботаническая индикация экологических условий в них эффективна вследствие высокой дешифрируемости фитоценозов пустынь (Харин, 1975; Каленов, 1973).

**10.1 ИНДИКАЦИЯ ПОЧВ И ГОРНЫХ ПОРОД В ПУСТЫНЯХ**

В типичных южных пустынях почвенный покров тесно связан с подстилающими его породами. Мощность почв часто незначительна, и переходы ее в нижележащие горизонты постепенны. Поэтому в пустынях индикация почв обычно неотделима от литоиндикации, и их целесообразно рассматривать совместно. В полупустынях, а отчасти и в северных пустынях почвенный покров развит значительно мощнее, и там индикация почв приобретает более самостоятельное значение. В приведенной выше классификации типов пустынь заметна зависимость их от литологических условий. На это указывают даже сами названия-песчаная, супесчано-суглинистая, щебнистая, меловая, солончаковая и др. Это свойство обусловлено подавленностью почвообразования в пустынях, и маломощностью почв, и значительной вследствие этого обнаженностью пород. Поэтому сами типы пустынь приобретают литоиндикационног значение, и дешифрирование их уже само по себе дает некоторую ориентировочную информацию о комплексе инженерно-геологических условий. Связь типов пустынь с почвенно-литологическими условиями их изучена в ряде случаев так полто, что могут быть указаны возможности их индикационной интерпретации. Например, для равнинной части Туркмении различные типы пустынь, выделяемые в соответствии с нашей классификацией (табл. 28), могут быть индикаторами при мелкомасштабном инженерно-геологическом картировании.

Таблица 28

**Ландшафтно-индикационная схема для оценки инженерно-геологических условий равнинной части Туркмении**

|  |  |
| --- | --- |
| Индикаторы | Индикаты |
| Щебнисто-галеччиковая предгорная пустыня с господством полыни туркменской и низкорослых кустарников  | нижне- и верхнечетвертичные про-лювиальные галечниковые отложения |
| Гипсово-щебнистая предгорная пустыня (орофизиономичная, с разреженной гипсофильной растительностью)  | континентальные отложения неогена предгорий Копетдага (конгломераты, песчаники, глины) |
| Лёссовая эфемеровая пустыня (с редкими бессточными солончаковыми впадинами). Формация мятлика, осочки, псоралеи, ми-мозки; заросли гигантских зонтичных (ферула, дорема Эчисона) | континентальные верхненеогеновые и четвертичные отложения полового, местами пролювиального генезиса (лёссы) Бадхыза и Карабиля |
| Песчаная пустыня в ее наиболее типичном выражении с господством псаммофильных деревьев и кустарников и коврами травянистых эфемеров и эфемероидов. Господствуют формации белого саксаула, эфедры шишконосной, кандымов (джузгунов) | нижнечетвертичные аллювиальные отложения каракумской толщи Центральных Каракумов (пески мелкозернистые, тонкозернистые или разнозернистые с прослоями суглинков) |
| Супесчано-суглинистая пустыня с господством черносаксаульников, сообществ солянки восточной, белоземельнополынников | верхне четвертичные аллювиальные отложения староречий Дпрьялыка и Даудана и Сарыкамышской дельты Амударьи |
| Комплекс типичной песчаной, солончаковой и супесчано-суглинистой пустынь. Сочетание черносаксауловых рощ на такыровидных поверхностях, зарослей солянки Рихтера на песках и поташника каспийского на солончаках | верхнечетвертичные озерные отложения Сарыкамышского бассейна (в настоящее время испытывающие вторичное затопление) |
| Комплекс песчаной пустыни с глинистой пустыней останцовых возвышенностей, покрытых реомюрией амударьинской, черным саксаулом, боялычем | континентальные отложения неогена Заунгузских Каракумов (пески, песчаники, глины) |
| Тугаи и джангили с массивами солончаков и освоенных земель. Господствуют формации лоха, туранги, тамариксов | современные аллювиальные отложения пойменной и тугайной террасы Амударьи (супеси, суглинки, пески) |
| Щебнисто-суглинистая пустыня (местами с участками каменистой пустыни) полынно-солянковая. Преобладают формации биюргуна солончакового, полыни белоземель-ной, ежовника усеченного, нанофитона ежевидного | неогеновые толщи сармата, тортона (известняки, мергели) Красноводского плато и Устюрта |

В пределах отдельных типов пустынь растительные индикаторы могут быть использованы при решении задач, специфичных для того или иного типа. В песчаных пустынях геоботаническая индикация наиболее эффективна для определения механических разностей -песков и для оценки степени их закреплен-яости. Об этом свидетельствуют закономерности, выявленные Г. С. Каленовым (1973) для низменных Каракумов. Здесь системы барханов с глубокими котловинами выдувания при отсутствии травяного покрова, с равномерными, но рассеянными экземплярами песчаной акации и крупными дерновинами песколюбивого злака седина указывают на наличие мощной толщи незакрепленных, рыхлых, сыпучих, хорошо аэрируемых, незасоленных, легкоподвижных песков. Системы гряд с глубокими межгрядовыми понижениями с густым ковром песчаной осоки и более или менее равномерно и часто распределенными эк-. земплярами белого саксаула и джузгунов характерны для закрепленных или полузакрепленных песков и мелких супесей, с поверхности рыхлых, незасоленных, но с глубины 2-3 м значительно уплотненных и слабозасоленрчх. Своеобразно сочетание среднебугристых, мелкобугристых, реже мелкобугристо-грядовых песков с ровными щебнистыми г ;.верхностями, часто ограниченными невысокими уступами. На песках густая (но не сомкнутая) заросль невысоких неравномерно ветвящихся кустарников - боялыча и реомюрии амударьинской. На щебнистых поверхностях растительный покров образован главным образом коврами лишайников. В котловинах выдувания среди песков также часты мохово-лишайниковые покровы. Этот комплексный индикатор свойствен гипсоносным пескам, подстилаемым гипсоносными суглинками, глинами или плотными, часто ожелез-ненными песчаниками. Индикатор типичен для Заунгузских Каракумов.

На южной окраине Низменных Каракумов часты замкнутые понижения с солончаками, почти лишенными растительности (депизы); последняя сохранилась лишь небольшими пятнами по очень сглаженным, едва заметным оста'нцовым повышенным участкам и представлена тамариксом солончаковым, редким низкорослым черным саксаулом, угнетенным тростником. Эти понижения обозначают переслаивание сильно засоленных глин, алевритов, суглинков, супесей и заиленных песков при близком залегании рассолов (с содержанием солей 30-50 г/л). С повышением минерализации отмечается возрастание разреженности солелюбивых растений и фитогенных микробугорков. На аэрофотоснимках отчетливо заметен специфический густой и равномерный крап, создаваемый бугорками на светлом фоне солончака. Наиболее типично выражен этот индикатор по границе Низменных Каракумов и предгорной равнины Копетдага. Равнины с такыровидными поверхностями и малозаметнойприземистой растительностью из пустынных полукустарников и редкого низкорослого черного саксаула в сочетании с маломощными мелкобугристыми песками являются индикаторами древ-недельтовых отложений, образованных переслаиванием глин, суглинков и пылеватых песков. Встречающиеся среди песков понижения с густыми черносаксауловыми рощами и лесами- общеизвестный индикатор грунтовых вод различной минерализации, залегающих не глубже 25-30 м. Наконец, тугайно-со-лончаково-луговые комплексы в котловинах выдувания и меж-грядовьц-понижениях песков (с различными видами тамарик-сов, тростником, солодкой, карелинией каспийской, парнолистником амударьинским) обозначают понижения с засоленными заиленными песками, подвергающимися боковой фильтрации вод из близлежащих каналов. Эти комплексы встречаются и у самоизливающихся скважин.

Для супесчано-суглинистых пустынь древних аллювиальных равнин характерно однообразие растительности, представленной постоянным чередованием черносаксауловых лесов, рощ и редин (т. е. разреженных сообществ саксаула), такыров, лишенных растительности, и такыровидных поверхностей с немногими мелкими травянистыми галофитами. Оно несколько ограничивает возможности индикации. Однако здесь можно вести индикационное дешифрирование грунтов разного гранулометри-ческого состава, с большой точностью используя количественные методы анализа аэрофоторисунка, создаваемого черносак-саульниками. В ландшафте последних различаются два крупных обобщенных варианта: сомкнутые черносаксаульники, создающие леса или рощи, и черносаксауловые редины. Они хорошо различимы на крупномасштабных аэрофотоснимках по густоте крапа, отдельные точечные элементы которого отвечают кронам экземпляров саксаула. Производя на аэрофотоснимке измерение расстояний между элементами крапа (причем измеряются расстояния от какой-либо одной кроны до всех, с которыми ее можно соединить прямыми, не пересекающими прочих крон; такая операция повторяется, пока не будет получено 50- 100 измерений), можно с использованием полученного материала построить кривые распределения. На оси координат откладываются при этом классы расстояний, а на оси абсцисс-число измерений в каждом классе. Этим способом можно разделять площади с господством в верхней пятиметровой части разреза песков и супесей или суглинков и глин, не прибегая к бурению, так как вторым свойственны редины, характеризующиеся удлиненными многовершинными кривыми, а первым-одновершинными кривыми с максимумом в наивысших классах густоты, типичными для лесов и рощ. Часто черносаксаульники окаймляют в виде извилистых контуров древние, в настоящее время высохшие русла, типичные для древнеаллювиальных равнин. В щебнисто-суглинистых и глинистых пустынях останцовых плато (Устюрт, Шагырай) повсеместное развитие биюргуновых кочкарников (часто с коврами черных и желтых лишайников на поверхности почвы) является признаком, достоверно указывающим на наличие типичных, сильно засоленных (с содержанием солей от 1 до 3%) глинистых грунтов-.глин и суглинков с серо-бурыми почвами. Ковер лишайников индицирует высокую приповерхностную гипсоносность почвы. Полынные равнины с господством полыней белоземельной и кемрудской (местами с участием ковылей каспийского, Рихтера, Гогенаккера) являются индикаторами менее засоленных суглинистых и глинистых пород и выщелоченных почв с засолением не выше 0,5%.

В предгорных пустынях геоботаническая индикация используется главным образом для прослеживания путей геохимических потоков, движущихся от возвышенностей Средней Азии и Казахстана к Туранской и Прикаспийской низменностям. Пото-кцуэти следует, очевидно, представлять слагающимися из грунтовых потоков подземных вод, движущихся почвенных растворов и масс пролювиального материала. При этом идет известная дифференциация потока в зависимости от растворимости и подвижности солей и от характера переноса материала, имеющего разные механические характеристики. В результате возникает определенная поясность как механического состава, так и засоления почв, которая отражается в распределении растительного покрова следующим образом (табл. 29).

В пределах отдельных групп сообществ растительность дает возможность оценить засоление более точно. Так, сообщество каргана развивается при засолении 0,5-3,7%, причем хлориды и сульфатны представлены в паритетном соотношении; тетыро-вое сообщество типично для сульфатно-натриевого засоления в интервале 0,7-3,0%; сообщество солянки восточной указывает на преобладание сульфатов кальция при общем содержании солей 06-2,0%.

В солончаковых пустынях общеизвестно тяготение формации сарсазана и солероса к хлоридному засолению, а формаций поташников, реомюрии кустарниковой, кермека полукустарникового, камфоросмы монпелийской - к сульфатному засолению. Однако наиболее надежными индикаторами господства хлоридов являются лишь так называемые куртинные сарсазанники (где сарсазан образует большие плоские, прижатые к субстрату куртины или круговины). Там же, где сарсазан образует приподнимающиеся кустики, около которых формируются микробугорки типичной эоловой формы (образуя микроландшафт бугристого сарсазанника), засоление крайне непостоянно, с частым чередованием преобладания в разных горизонтах одного и того же разреза то хлоридов натрия, то сульфатов кальция. Упомянутые физиономические варианты сарсазана не имеют систематического значения и, очевидно, являются формами роста, с помощью которых сарсазан приспособился в одном случае к вязкому влажному хлоридному субстрату, а в другом - к условиям пухлого сульфатного солончака.

Таблица 29

**Распределение растительных сообществ и почв на подгорной равнине Копетдага**

|  |  |
| --- | --- |
| Индикаторы | Индикаты |
| Формация полыни туркменской с пет-рофитами на расчлененных предгорьях  | скопления грубообломочного материала и галечники с примитивными скелетными почвами  |
| Ассоциация полыни туркменской с мятликом в слаборасчлененных предгорьях  | светлые маломощные сероземы на щеб-нисто-галечниковых отложениях  |
| Эфемерово-плаково-мятликовая формация  | светлые супесчано-суглинистые сероземы на лёссовидных суглинках  |
| Галохарисово-мятликовая группа ассоциаций  | такыровидные сероземы на засоленных суглинках  |
| Мятликово-каргановая группа ассоциаций в комплексе с тетыровой  | солончаковатые такыры на засоленных суглинках. Засоление 0,5-3,5%  |
| Комплекс сарсазановых и карабарако-вых сообществ  | солончаки, подстилаемые тяжелыми суглинками и глинами. Засоление более 5%  |

В меловых пустынях геоботаническая индикация служит для оценки степени разрушенности мелов и мелоподобных мергелей выветриванием. Постепенное сгущение растительности указывает на увеличение мощности выветрелого слоя. Характер подобной индикации может пояснить табл. 30.

Большинство из перечисленных индикаторов хорошо дешифрируется на аэрофотоснимках среднего и крупного масштаба. Так, черносаксаульники выделяются на аэрофотоснимках в виде интенсивно-темных контуров с отчетливой зернистостью. Контуры эти или вытянуты и извилисты (саксаульники у староречий), или округлы и овальны (саксаульники замкнутых депрессий). Белосаксаульники дают более редкий (по сравнению с черно-саксаульниками) и более мелкий равномерный крап, для которого характерно развитие его на грядах или на буграх, так что здесь для дешифрирования необходимо совместное использование геоботанических и геоморфологических признаков. Сочетание биюргунников, серополынников, белоземельнополынников дешифрируется по характерному мозаичному аэрофоторисунку, заметному отчетливо лишь на крупномасштабных аэрофотоснимках. Солончаки распознаются по интенсивно светлому, почти белому фототону, а сарсазанники создают темную точечность, сгущающуюся к периферии солончаковых впадин и часто сливающуюся по самому их краю в сплошную кайму. Тугаи и джангили создают на мелкомасштабных аэрофотоснимках монотонные темные контуры, а при увеличении масштаба обнаруживают густую, почти сливающуюся зернистость, создаваемую кронами деревьев и кустарников. Для меловых пустынь дешифрирование мало эффективно, так как растения мелов очень мелки, и по аэрофотоснимку можно лишь ориентировочно оценить степень ее сомкнутости, так как она резко контрастирует со светлым фототоном мелов. На крупномасштабных снимках удается заметить на мелах линейную исчерченность, создаваемую узкими полосами растений по трещинам, и по этому признаку оценить трещиноватость.

Таблица 30

**Индикационное значение густоты растительного покрова на мелах к мелоподобных мергелях**

**(Западный Казахстан)**

|  |  |
| --- | --- |
| Характер распределения и сомкнутости растений | Степень развития выветривания и почвообразования |
| Субстрат обнаженный, равномерно светлый; видна темная линейная исчерченность, зависящая от цепочек экземпляров ежовкика .мелового |  сплошной выветрелый слой и почва отсутствуют; есть скопления мелкозема в трещинах |
| Субстрат светлый с равномерным мелким темным крапом и просматриваемой через крап линейной исчерченностью; господствует ежов-ник меловой | существует слой породы, разрушенной выветриванием, мощностью не более 10 см, не сплошной и неравномерный |
|  Крап густой, частый, местами сливающийся в сплошные темные пятна; кроме ежовника часты клоповник Мейера, левкой пахучий, камфоросма монпелийская | выветриванием охвачена толща породы до 30-50 см; начинают формироваться маломощные пленочные почвы |
|  Порода сплошь покрыта ковром растений и проглядывает из-под него лишь местами (темный фон со светлыми пятнами); большой набор видов, характерный для мелов; господствует полынь соляиковидная | выветриванием и почвообразованием охвачена толща пород около 100 см. |

**10.2 ИНДИКАЦИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД В ПУСТЫНЯХ**

Геоботаническая индикация подземных вод (гидроиндикация) в пустынях применяется очень широко. Истоки гидроиндикационных исследований в пустынях следует искать в работах как географов (П. С. Паллас, Э. Эверсман), так и гидрогеологов (О. К. Ланге, Ф. П. Саваренский, В. А. Приклонский). В настоящее время вопросы гидроиндикации в аридных регионах наиболее интенсивно исследовались И. Н. Бейдеман, С. В. Викторовым, Б. В. Виноградовым, Е. А. Востоковой.

В аридной гидроиндикации существуют в настоящее время четыре основных направления:

1) индикация местных вод,

2) индикация обводненных разломов,

3) индикация грунтовых потоков,

4) индикация фильтрации около самоизливающихся скважин.

Первое имеет более Широкое распространение, остальные только начинают формироваться.

Под местными водами известный исследователь пустынь В. Н. Кунин (1959) подразумевал различные локальные скопления подземных вод, не образующих единого регионального водоносного горизонта, а располагающихся обособленно и, большей частью, на умеренной глубине. Генезис этих скоплений разнообразен, но обычно зависит от сочетания факторов, имеющих ограниченное распространение на том или ином участке и строго с ним связанных. Практическое значение местных вод очень велико, поскольку в силу их неглубокого залегания человек в процессе хозяйственной деятельности встречается с ними постоянно. Они оказываются незаменимым источником водоснабжения пастбищ в полупустынях и пустынях. Сопряженность местных вод с определенными ландшафтами настолько велика, что, по мнению известного гидрогеолога А. М. Овчинникова (1955), они «настолько тесно связаны с растительным покровом и почвами, что скорее являются объектом изучения почвоведов и грунтоведов, чем гидрогеологов».

Изолированные скопления неглубокозалегающих подземных вод часто именуются линзами. Наиболее распространенными типами их являются подпесчаные, подтакырные, каньонные, приканальньи". В качестве индикаторов подпесчаных линз выступают физиономически различные части массива песков:

сильно расчлененные незакрепленные пески индицируют область питания линзы, полузакрепленные пески с фреатофитами в котловинах выдувания - область транзита линзовых вод, а густые сомкнутые заросли фреатофитов на дне котловин выдувания, так называемые «чуроты» (часто с участием древесных и кустарниковых видов, создающих компактные рощи), - область разгрузки линзы. Последняя чаще всего бывает приурочена к окраине песчаного массива на границе его с суглинистыми равнинами. Зона разгрузки часто окаймляется полосой солончаков, где выклинившиеся воды линзы испаряются, обогащая почву солями. Индикаторами этой полосы служат сарсазанники. Однако при этом еще не вполне определена тенденция эволюции минерализации линзы, так как не ясно, как отделить линзы с более или менее стабильным низким содержанием солей от линз, постепенно осолоняющихся.

Исследование большого количества песчаных массивов в Прикаспии и Приаралье показывает, что средством эффективного прогнозирования изменения минерализации вод в линзах является описание эколого-генетических рядов фитоценозов. Для линз с устойчивой низкой минерализацией характерен ряд, имеющий очень простую структуру и заключающий в себе всего два элемента: развеянные барханные пески с пионерами-псаммофитами (селин, песчаная акация) и котловину выдувания с характерным микроландшафтом «чурота», т. е. с зарослями фреатофитного крупнотравья (тростник, чий, солодка) и группами деревьев-фреатофитов (тополь, ива, лох). При повышении минерализации структура ряда усложняется. В наиболее пониженных частях чуротов первоначально обособляются лужайки солончаковых злаков (главным образом прибреж-ницы), а среди гликофильных фреатофитов появляются однолетние солелюбивые растения (однолетние галофиты) с неглубокой корневой системой, указывающие на засоление поверхностных горизонтов почвы (где соленакопление проявляется наиболее рано). Типичными их представителями являются гла-укс морской, солерос и однолетние сведы.

При дальнейшем усилении минерализации в наиболее пониженных частях котловины выдувания формируются группировки галофильных фреатофитов с глубокой корневой системой. Среди них часты и кустарники (селитрянка, дереза туркменская и русская) и полукустарники (сарсазан, поташник, соляноколосник). Появление этих растений свидетельствует о практически необратимом засолении линзы. Если соленакопление продолжается и линза находится в условиях незначительного оттока и слабого водообмена, то минерализация ее вод повышается и все большее количество солей начинает вноситься в почву, механический состав которой, утяжеляясь под влиянием органических остатков густой сомкнутой растительности чуротов '"благоприятствует соленакоплению. Это обусловливает эволюцию наиболее пониженных частей чуротов первоначально в бугристый, а потом в мокрый солончак - «сор».

Часто все перечисленные сообщества непосредственно контактируют друг с другом; иногда барханы с пионерами-псаммофитами могут лежать в стороне (если линза смещена относительно места своего возникновения), и тогда между барханами и чуротом лежит область транзита, занятая закрепленными песками. При наиболее значительном засолении линзы в центре располагается солончак, лишенный растительности, вокруг него - пояс бугристых сарсазанников, а далее, ближе к периферии - кольцо солончаковых лужаек, подступающее почти к подножию барханов, окружающих весь поясной комплекс. Надо, однако, отметить, что индикация процесса осолонения линзы может быть наиболее четкой, если линза располагается внутри песчаного массива и областью ее разгрузки являются чуроты, лежащие в котловинах среди барханов. Если разгрузка линзы происходит на окраине песчаного массива, то отделение заселяющихся линз от имеющих стабильную минерализацию затруднительно. Все вышесказанное заставляет проявлять крайнюю осторожность при закреплении песков. Прежде чем провести работы по закреплению барханного массива, следует выяснить, не является ли он областью питания какой-либо практически важной подпесчаной линзы. В противном случае можно нанести существенный урон делу водоснабжения отгонных пастбищ.

При индикации подпесчаных линз трудно объяснимым представлялось довольно частое появление группировок влаголюбивых видов не в котловинах выдувания между барханами, а на склонах последних, на довольно значительной высоте над дном котловины. Кажется маловероятным, чтобы корни этих растений могли пронизать многометровую толщу незакрепленного песка и достичь водонасыщенного грунта ниже уровня дна межбарханного понижения. Исследования Е. А. Востоковой показали, что заросли влаголюбов на склонах бархана являются показателями существовавшей здесь некогда котловины выдувания и лежавшей под ней линзы; оби представляют собой реликт растительности, заселявшей котловину. Перевеваемый песок, накапливаясь в течение многих лет около густого сомкнутого высокого травостоя, постепенно захороняет его; там, где была котловина выдувания, формируется бархан. Таким образом, есть все основания для того, чтобы искать воду у подножия тех барханов, на склонах которых существуют заросли фреатофитов.

Некоторые своеобразные особенности обнаруживают линзы песчаных приморских кос, имеющие определенное значение в водоснабжении поселков и посевов на морских побережьях. По исследованиям Н. П. Назаровой на берегах Азовского моря линза обычно связана с наиболее повышенной частью (гребнем) косы и несколько вытянута вдоль нее в виде узкой прерывистой полосы. Эта полоса обозначается обычно густыми зарослями солодки и клубнекамыша.

Картографирование индикаторов подпесчаных линз легко осуществляется с помощью аэрометодов. И при аэровизуальных наблюдениях и на аэрофотоснимках как барханные массивы с псаммофильными злаками, так и депрессии с фреатофитами видны очень четко. Для аэрофотоизображения первых характерны специфические формы барханного рельефа и ветровая рябь; для вторых - создаваемая ими четкая темная (почти черная) пятнистость; каждое пятно резко отграничено от окружающего фона и внутри себя является совершенно бесструктурным, равномерно темным. Появление однолетних галофитов обнаруживается лучше всего при осенних аэровизуальных наблюдениях по специфической темно-пурпуровой или оранжевой окраске их.

Методика индикации подтакырных линз изучена пока незначительно. Такыры представляют собой плоские тяжелосуглинистые или глинистые поверхности, часто совсем лишенные растительного покрова или с очень разреженной растительностью и обычно с характерной полигональной трещиноватостью. Большинство такыров располагается не обособленно, а ассоциировано в такырные системы. Под ними следует понимать группы такыров, связанных друг с другом узкими извилистыми такырными полосами и окруженных общей водосборной поверхностью. Существование такырных систем наиболее выражено в пустынях, лежащих на останцовых плато, и в супесчано-суглинистых пустынях древнеаллювиальных равнин. Поиски такырных линз в пустынях целесообразно начинать с анализа структуры такырных систем. Обычно в центре системы располагается крупный такыр, который принимает в себя сток с большого числа периферических такыров, расположенных на более высоких гипсометрических уровнях. Такие центральные такыры часто именуются «такырами отстаивания», так как на них преобладает именно этот процесс, тогда как окружающие их такыры, направляющие сюда свой сток, определяются как «такыры транзита».

Под такырами отстаивания чаще всего и формируются линзы подземных вод. Однако не все такыры отстаивания служат очагами их образования. Присутствие линзы определяется по особенностям контактной полосы, в которой такыр соприкасается с окружающей территорией, и по некоторым чертам поверхности такыра. Признаком присутствия линзы служит небольшой уступ, окружающий такыр, прорезанный рядом мелких промоин, свидетельствующих об активном стоке, а также и растительный покров контактной полосы. Наличие здесь глубококорневых фреатофитов типа верблюжьей колючки, итцегека, тамариксов говорит о угроятности присутствия линзы под такыром, также как и развитие вокруг такыра густой, отчетливо выраженной эрозионной сети. В элементах ее также обычно растут фреатофиты.

Гидроиндикационное значение имеют различные формы микро- и нанорельефа и растительности на поверхности такыра. На поверхности многих такыров отмечается присутствие водорослевых налетов. Анализ небольшого числа аэрофотоснимков, на которых эти налеты удается заметить, позволяет предполагать, что они наиболее густы над той частью такыра, где располагается линза, что, возможно, связано с более благоприятным увлажнением, объясняемым диффузией водяного пара к поверхности по трещинам такырного суглинка. Существуют предположения, что под влиянием водорослевых налетов такыр-ная корка может разрыхляться, разрушаться и образовавшийся материал, аккумулируясь около растений, случайно занесенных на такыр, может создать систему сперва мелких, потом более крупных бугорков, рассеянных по такыру. Механизм их формирования разъяснен И. И. Гранитовым, назвавшим этот процесс естественной фитомелиорацией такыров. Следовательно, образование беспорядочно рассеянных разнообразных фитоген-ных бугорков на такырах, очевидно, стоит в связи с влиянием подтакырных линз и является их индикатором. Особенно отчетливы эти связи на центральных такырах отстаивания.

Различия в гипсометрических уровнях центрального такыра и периферических элементов такырной системы невелики, и поэтому не всегда легко определить направление стока внутри нее. Между тем при поисках линз это имеет большое значение. Для решения этого вопроса также могут быть использованы определенные индикаторы - так называемые растительные дуги. Они имеют вид невысоких (около 0,5 м) валиков, заросших растениями и дугообразно пересекающих такыр от одного борта до другого. Обычно такыр оказывается пересечен серией таких дуг, причем выпуклая часть дугообразного валика указывает направление стока. Подобные структуры глинистых поверхностей описаны у нас и за рубежом и получили название «вали-ковых такыров». Возникновение их объясняют тем, что весенние осадки заставляют набухать такырную корку, она приобретает характер жидкой текучей массы и медленно движется в направлении общего стока. Движение это более замедленно у бортов такыра и ускоренно на его открытой поверхности. В процессе течения разжиженная масса образует волнообразные складки, которые остаются на ее поверхности и после схода осадков и обсыхания. Каждый из таких валиков превращается в миниатюрный экран, задерживающий семена растений, переносимые ветром по такыру. Поэтому на валике быстро появляется растительность; ее присутствие еще более способствует росту валика, так как она увеличивает его экранирующую роль. Наиболее частыми образователями растительных дуг в пустынях являются солянка восточная, боялыч, различные полыни.

С такырами связана и другая важная задача индикации. По инициативе известного исследователя пустынь В. Н. Кунина в щебнисто-суглинистых пустынях (Устюрт) были предприняты работы по искусственному формированию подтакырных линз. Путем направленных взрывов сооружается поглощающий котлован, с помощью которого сток с такыра направляется 'па заданную глубину и накапливается на ней. При проведении подобных работ исключительно большое значение приобретает изучение путей стока в такырных системах, так как только таким путем можно выбрать оптимальное положение котлована, эта задача удовлетворительно решается детальным дешифрированием растительных дуг. Однако возникает еще и проблема оценки такыра как объекта для подобных работ. Рыхлая толща такырных отложений на Устюрте подстилается на небольшой глубине известняками. При сильной трещиноватости последних создается опасность быстрой фильтрации аккумулированных вод на значительные глубины и практической потери их для водоснабжения. Ландшафтные индикаторы позволяют ориентировочно оценить трещиноватость материнской породы и глубину ее залегания. Там, где подстилающая такыр толща сильно трещиновата, поверхность его заселяется разреженно, но равномерно рассеянными экземплярами крупных кустарников, корни которых проникают глубоко по трещинам. Такие такыры непригодны для искусственного формирования линз. Появление на поверхности такыра приземистых полукустарниковых гипсофитов (ежовника усеченного, нанофитона ежевид-ного) свидетельствует о малой мощности рыхлой толщи и близком залегании огипсованных известняков. Такие условия уже более приемлемы для сооружения котлована. Оптимальными же являются обширные открытые такыры, практически лишенные высших растений и несущие только водорослево-лишайниковые налеты. Здесь мы встречаемся с мощной толщей такырных отложений, подстилаемых плотным нетрещиноватым известняковым фундаментом.

На крупномасштабном аэрофотоизображении местности обычно удается распознать локальные сгущения растительности - водорослевые налеты и единичные растения, проникшие на такыр. В песчаной пустыне повышенная вегетативная мощность кустарников по окраинам такыров, содержащих подта-кырные линзы, обычно заметна в виде отчетливого темлого крапа, создаваемого крупными, пышно развитыми их экземплярами. Кайма фреатофитов вокруг аналогичных такыров в каменистых пустынях заметна в виде узкой темной полосы, а вре-занность такыров воспринимается стереоскопически. Валиковый нанорельеф создает отчетливую поперечную дугообразную исчерченность, хорошо видимую даже на снимках среднего масштаба.

Малоисследованным типом линз подземных вод в пустынях являются тe, которые сформированы в скоплениях коллювия на обрывистых склонах пустынных скалистых плато. Их иногда называют «каньонными», так как они образуются за счет инфильтрации осадков и конденсации водяного пара на дне глубоких, узких, каньонообразных ущелий, прорезающих обрывы плато. На бортах таких ущелий наблюдаются крупнообломочные осыпи, по которым развиты заросли чия, тростника, дерезы русской и сведы мелколистной. Массовое появление этих фреатофитов на скоплениях обломков позволяет предположить, что уже в них отчасти начинается тот процесс накопления влаги, которой приводит к формированию линзы. Большая часть дна ущелий покрыта также чиевниками. В наиболее глубоких ущельях развиты своеобразные поясные комплексы. Центральную часть комплекса занимает ассоциация тростника. Нанорельеф этой части понижения обычно кочковатый. Кочки покрыты группировками галофитов. Центральную часть, имеющую 20-50 м в диаметре, окружает пояс зарослей тамарикса с участием тростника, лиан (ломонос восточный, ластовень). Физиономически этот пояс напоминает тугаи (долинные леса рек Средней Азии), так как тамарикс достигает высоты 3 м, очень густ и хорошо возобновляется. Засыхание тамариксов и зарослей чия, а также увеличение обилия галофитов указывает на истощение линзы и ее засоление.

Приканальные линзы формируются главным образом за счет боковой фильтрации воды из канала или же за счет влияния канала на гидрогеологические условия окружающей территории. Существуют два наиболее типичных случая геоботаниче-ской индикации вод, фильтрующихся из канала. Один из них имеет место, когда канал проложен по медленно фильтрующим грунтам (суглинки, тяжелые супеси) и лишь на ограниченных отрезках пересекает настоящие пески. Такое сочетание условий встречается на древних аллювиально-дельтовых равнинах староречий. Представителями этих ландшафтов в СССР являются Кунядарьинская равнина (область староречий Амударьи) и Жанадарьинская равнина (область староречий Сырдарьи). Здесь пески имеют малую мощность и подстилаются более тяжелыми аллювиальными отложениями. Только древние русла оказываются заполненными песком, захоронившим их на более или менее значительную глубину.

Пока трасса канала проходит по подстилающим породам, фильтрационные потери очень малы и практически не воздействуют на растительность. Но как только канал пересекает захороненное песком древнее русло, возникает усиленная фильтрация, быстро приводящая к возникновению приканальной линзы грунтовых вод, вплотную прилегающей к трассе канала. Процесс формирования этой линзы обозначается следующим рядом сообществ: 1) на участках, захваченных фильтрацией в течение ближайшего года. "нет изменений в флористическом составе, но все пустынные кустарники и деревья - джузгун, белый саксаул, ^черный саксаул - обильно плодоносят и обнаруживают пышное вегетативное развитие; 2) на участках, захваченных фильтрацией в течение двух-трех лет, формируются сообщества верблюжьей колючки, тростника, карелннии каспийской, располагающиеся главным образом в отрицательных элементах рельефа; 3) на участках, захваченных фильтрацией более трех лет, формируется тамариксовый тугай (т. е. густые заросли различных видов рода *Tamarix*) с участием колючего кустарника чингиля, единичных деревьев лоха, ивы, тополя, с влаголюбивым разнотравьем (тростник, верблюжья колючка, каре-линия, солодка и др.), не редки лианы - ломонос, ластовепь. Исследования, проведенные в тугаях речных долин, показывают, что частая встречаемость лоха характерна для менее засоленных участков тугая, тополя - для среднезасоленных, господство тамариксов свидетельствует о тенденции к росту засоления.

Формирование приканальных линз в ряде случаев является желательным. Поэтому целесообразно вести дешифрирование древних русел, захороненных песком, и направлять трассы каналов так, чтобы пересечь их.

Иные ландшафты обозначают собой фильтрацию, захватившую большую площадь и происходящую почти неограниченно, что случается, когда канал проходит на значительном протяжении по мощному песчаному массиву. Начальные стадии процесса здесь сходны с описанными выше. Но уже после трех (иногда пяти) лет распространения фильтрации на участок по всем отрицательным элементам рельефа песков начинается формирование фильтрационных озер, зарастающих тростником и окруженных тамариксовым тугаем, аналогичным описанному для приканальных линз. В наиболее удаленных от канала частях территории, где воды фильтрационных озер пополняются не так равномерно, они могут быть сильно израсходованы на трансни-рацию тростниковыми и тамариксовыми зарослями, что вызовет локальное повышение их минерализации. Тогда здесь возникают солончаковые тугаи, т. е. тамариксовые заросли с участием галофитов: соляноколосников, поташников, которые при прогрессирующем засолении сменяются настоящими солончаками с типичными для них видами (сарсазан, солерос). Таким образом, ряд сообществ, индицирующих формирование обширных фильтрационных полей около каналов, таков; участки массового плодоношения и повышенной вегетативной мощности пустынных псаммофитов→фильтрационные озера с тростником в окружении тугаев→солончаковые тугаи→солончаки с сочными галофитами. Человек может успешно воспрепятствовать этому процессу, задержав его на второй стадии путем посадок деревьев около озер.

Фильтрационные озера и возникающие на их месте солончаковые тугаи и солончаки дешифрируются с большой четкостью на аэрофотоснимках любых масштабов.

Гидроиндикация обводненных разломов пока изучена очень слабо. Линии разломов, по которым поднимаются глубинные напорные воды, Тлогут иметь большое значение для водоснабжения при отсутствии других его источников. В качестве индикаторов их используются главным образом различные сообщества фреатофитов, отличающиеся линейной ориентировкой (обычно-вдоль разлома), и цепи крупных фитогенных бугров, называемых чоколаками (чукалаками). Чоколаки образуются около кустов некоторых фреатофитов, обладающих способностью усиливать свой рост по мере засыпания их рыхлым материалом. В пустыне это свойственно преимущественно тамариксам, селитрянке Шобера, а также, отчасти, черному саксаулу (его наиболее крупным древовидным формам). Способность к образованию чоколаков проявляется у этих растений, когда они находятся в наиболее благоприятных условиях увлажнения - при значительной близости грунтовых вод к поверхности. Поэтому беспорядочно рассеянные чоколаки могут возникнуть в самых различных местообитаниях, если субстрат рыхл, а грунтовые воды залегают на небольшой глубине. Но образование четких цепей чоколаков свойственно лишь обводненным разломам.

Линейно ориентированные сообщества фреатофитов и цепочки чоколаков очень хорошо видны на аэрофотоснимках. Характер растительности позволяет определить степень минерализации вод. Если воды мало минерализованы, то по центральной осевой части полосы влаголюбивой растительности располагаются гликофиты (лох, чингиль, сомкнутые заросли высоких тростников), а по периферии формируется кайма галофитов (солерос, сарсазан, прибрежница); при высокой минерализации вся полоса влаголюбивой растительности образована галофцтами, и она покрывает также и склоны чоколаков.

Индикация грунтовых потоков изучена Е. А. Востоковой для супесчано-суглинистых пустынь древних аллювиальных равнин (Жанадарья, Кунядарья). Грунтовые воды фильтруются обычно в толще отложений, выполняющих дно старых русел. Такие обводненные русла характеризуются полосами густых черносакса-уловых рощ, окаймляющих их борта. По дну русел часты заросли тамариксов и верблюжьей колючки.

Гидроиндикации грунтовых потоков уделяется особое внимание в предгорных пустынях. Объектом индикации являлись воды пролювиальных шлейфов. В СССР такие исследования были произведены на предгорных равнинах Мангышлакского Каратау и в предгорьях, обрамляющих Ферганскую долину. Результаты показали, что гипсометрически более высокая часть конусов выноса, где идет просачивание вод вглубь, обозначается сообществами ксерофильных омброфитов (чаще всего эфемеров) и зарослями ксерофильных кустарников (боялыч, солянка восточная). Фреатофиты распространены по периферии конусов выноса - в области выклинивания грунтового потока. Наличие здесь фреатофитов (пальчатника, ситников) отмечается даже в том случае, если территория покрыта посевами. Грунтовым потокам, фильтрующимся в толщах овражного аллювия, выполняющего дно русел временных водотоков на предгорных равнинах, посвящено некоторое количество зарубежных работ. Вади (русла временных водотоков) в пустыне Негев, обладающие благоприятными условиями увлажнения, поддерживаемыми наличием грунтовых потоков, опознаются путем косвенной индикации по сомкнутым зарослям акаций. Имеются данные о растительности Сахары, по которым можно построить следующую гидроиндикационную схему (табл. 31).

В Западном Ираке русла временных предгорных водотоков с неглубокозалегающим грунтовым потоком распознаются по сочетанию болот с рогозом узколистным, тростником и тополе-во-тамариксовых рощ.

В настоящее время довольно широко и эффективно осуществляется орошение участков пустыни водами артезианских скважин. Однако если вода скважины поступает непосредственно в окружающий ее естественный ландшафт, не используясь на орошение, то она может вызвать локальное засоление. Отмечено несколько вариантов экологических рядов сообществ, являющихся индикаторами этого процесса в зависимости от того, в каком типе пустыни он будет развиваться. Наиболее изучены ряды, формирующиеся на такыровидных поверхностях древних аллювиальных равнин. Исходным членом ряда являются узкие полосы солончаковых лугов, формирующихся по краю озера, в которое превращается такыр, затопленный разлившимися по нему водами скважины. Господствует здесь соле-любивый стелющийся злак прибрежница (ажрек). Однако по мере удаления от берега озера ажрековые лужайки сменяются сначала группировками гликофильных (преснолюбивых) фреатофитов (итцегек, тамарикс развесистый), а потом типичных галофитов (соляноколосник, сарсазан). Этот ряд отражает по степенное засоление вод и почв вокруг озера, сформировавшегося у скважины за счет пропитывания такырной толщи водой и постепенного выноса солей на поверхность в силу испарения и капиллярного поднятия влаги.

Таблица 31

**Связь растительности с гидрогеологическими условиями русел временных водотоков в Сахаре**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Условия увлажнения | в руслах | Растительные индикаторы |
| Русла с уровнем грунт глубже 3 м  | овых вод не  | сомкнутые заросли тамарикса французского по дну русла  |
| Русла с уювнем грунт глубже 5 ^при содержан натрия не более 3 г/л  | овых вод не ии хлористого  | галерейные заросли по бортам русла из тамарикса французского и фарсетии развесистой  |
| Подобные русла, но с хлористого натрия более  | содержанием 3 г/л  | те же индикаторы, но с участием галофитов (лебеда солончаковая, солянка вонючая)  |
| Русла с уровнем грунтов 7м  | ых вод около  | галерейные заросли тамарикса. По дну русла - редкие экземпляры тамарикса членистого  |

Несколько иной ряд формируется там, где воды скважин изливаются в аллювиальные пески, подстилаемые на небольшой глубине глинистой толщей. Здесь на начальных звеньях ряда около скважины бурно разрастаются верблюжья колючка, итцегек, образуя вокруг нее обширное поле. Только на участках, удаленных от скважины, появляются галофиты. Наличие такого ряда с преобладанием гликофитов обозначает участки, оптимальные для растениеводческого освоения песков. Засолению почв здесь препятствует низкая капиллярность песка, а подстилающая его толща глин не позволяет воде просачиваться на значительную глубину. Прл долгом неконтролируемой самоиз-ливе вокруг скважины формируется озеро, окруженное тростниковыми зарослями и тамариксовыми тугаями.

**10.3 ИНДИКАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ОПУСТЫНИВАНИЯ**

В пустынях вследствие хищнического использования природных ресурсов могут протекать процессы опустынивания, т. е. разрушения естественных экосистем пустынь, ведущие к снижению продуктивности пустынных пастбищ, деградации оазисов, лежащих среди пустыни, и общему ухудшению пустынных ландшафтов как среды обитания человека. Чтобы успешно бороться с опустыниванием, следует уметь распознавать его ранние стадии. Для этого используются различные индикаторы, среди которых значительное место принадлежит растительным (Викторов, 1973),

Формы опустынивания разнообразны. Наиболее распространенными из них являются:

1) чрезмерный выпас;

2) техногенное разрушение почв и растительного покрова пустынь;

3) неправильная организация мелиоративных мероприятий, приводящая к засолению.

Изучение индикаторов опустынивания еще только начинается, и пока можно указать лишь немногие из них.

Е. В. Ротшильдом сформулировано представление об индикаторах разных типов усиленного стравливания (скотобоя). Оч различает следующие типы скотобоя: пастбищный (рассеянный), стойбищный (локальный), загонный (наиболее концентрированный). К ним следует добавить еще и приколодезный тип. По степени интенсивности он близок к загонному, но отличается от него присутствием влаголюбивых видов и некоторых типичных фреатофитов, поселяющихся вокруг колодца, так как почва у колодца постоянно увлажнена.

Каждый тип скотобоя характеризуется своими индикаторами. Так, для Устюрта оказалось возможным составить перечень сообществ, которые могут быть использованы для индикации разных типов скотобря. К ним относятся следующие:

1) группа ассоциации полыни-белоземельной и итсигека,

2) заросли итсигека,

3) заросли адраспана,

4) заросли рогоплодника,

5) группировки солянки олиственной,

6) заросли горчака,

7) заросли персидского шиповника,

8) заросли верблюжьей колючки,

9) группировки некоторых однолетних галофитов (свед и солянок).

Из перечисленных сообществ первое тяготеет к территориям с пастбищным скотобоем, рогоплодниковые заросли - к стойбищному типу, группировки галофитов - к загонному, а заросли итсигека, адраспана, персидского шиповника, горчака и верблюжьей колючки - к приколодезному. При этом некоторые из "них оказываются постоянно сопутствующими друг другу; это касается, в частности, зарослей итцегека, адраспана и белоземельнополынников итцегековых. Большинство индикаторов скотобоя относится к азотолюбам.

В песчаных пустынях скотобой приводит к разбиванию песка, гибели закрепляющей его растительности и появлению «язв дефляции», отмечаемых группами пионеров-псаммофитов. Среди последних обычно видны отмершие, полузанесенные песком экземпляры кустарников и полукустарников, произраставших здесь ранее, когда песок был закреплен.

Для пустынь, лежащих между Аралом и Каспием, разработана и система индикаторов нарушения почвенного покрова тех-ногенными воздействиями - движением транспорта, строительными и буровыми работами и другими аналогичными воздействиями. При господстве здесь широкораспространенных комплексов сообществ с доминированием биюргуна и белоземельнопо-лынников намечаются следующие стадии и отвечающие им состояния поверхности почв:

1) угнетение биюргунников и частичное замещение их сообществами однолетних галофитов (при нормальном состоянии полынных участков); поверхность почвы уплотнена движением машин; появляются единичные пятна скоплений пухлой пыли в местах произрастания биюргуна;

2**)** полное выпадение биюргунников при угнетении и изрежива-нии полынников; массовое повсеместное расселение однолетних галофитов; поверхность почвы характеризуется мозаичным чередованием такыровидно-уплотненных и пухлых пылеватых микроучастков;

3) разреженные группировки мелких галофитов (особенно часта «кара-найза» - солянка олнственная); образование сплошного пухлого пылеватого слоя, на котором, в особенности после дождей, легко образуется хрупкая и гладкая корочка с неясным политональным растрескиванием;

4) сбитый участок, лишенный растительности; верхний слой почв подвергся сплошной техногенной деструкции и превратился в бесструктурную пылеватую массу.

Одна из опасных форм техногенных воздействий на природу пустынь - развитие процесса солевой дефляции и импульверизации. Очагами солевой дефляции являются солончаковые массивы, подвергшиеся механическому разрушению. Наиболее легко разрушаются пухлые солончаки, которые при движении по ним автотранспорта (особенно гусеничного) превращаются в бесструктурную сыпучую массу, называемую в пустынях Северной Африки «феш-феш». Ветер легко вздымает облака соляной пыли и уносит ее на большие расстояния. При сильных длительных ветрах возникают соляные бури. Так происходит солевая дефляция. Унесенные ветром частицы солей рано или поздно оседают на поверхность почвы. Этот процесс называется солевой импульверизацией. Осевшая соль или механически смешивается с поверхностным слоем почвы (например, в незакрепленных песках), или растворяется атмосферными осадками и вмы-вается в почву, заселяя ее верхние горизонты.

Описанные процессы представляют большую угрозу как для пустынных пастбищ, так и для культурных земель. Для непосредственного изучения их следует иметь очень густую сеть наблюдательных постов. Так как в пустыне это осуществить трудно, то для прослеживания путей эоловых солевых потоков в качестве вспомогательного приема может быть использована индикация. Возможность ее возникает вследствие того, что импульверизация поверхностных горизонтов почв солями сказывается на их растительном покрове, создавая условия для возрастания обилия галофитов. Наиболее надежными индикаторами являются травянистые галофиты, часто однолетние, с неглубококорневой системой, располагающейся в приповерхност-ных почвенных горизонтах, где солевая импульверизация проявляется особенно четко. Для выявления площади импульвери-зации производят многокилометровое профилирование с постоянным учетом обилия галофитов на пробных площадках, выбираемых через небольшие промежутки (от 100 до 500 м в зависимости от длины профиля). Площадки описываются преимущественно в тех сообществах, которые в обычном своем состоянии лишены галофитов, и последние проникают в них только под влиянием импульверизации почвы солями. Выявляя площади с преобладанием разных степеней обилия галофитов (при учете также и их встречаемости), удается ориентировочно наметить контуры участков, в разной степени подвергшихся импульверизации.

Наиболее полно методика индикации эолового выноса солей была применена в пустыне Устюрт, где много бессточных впадин, дно которых занято солончаками. Учет присутствия гале-фитов производился в формации белоземельной полыни, развитой на почвах, выщелоченных с поверхности; в флористических описках сообществ, относящихся к этой формации, обилие га-лофитов обычно ничтожно. Вокруг каждой впадины существует узкий кольцевой ореол ближнего ветрового рассеяния солей и, кроме того, еще ряд полос дальнего выноса солей (до 150- 200 км), вытянутых в направлении господствующих ветров. Возникновение же ближнего ореола, очевидно, связано с местными вихрями, выносящими соль из впадины непосредственно .на ее борта. Подобная методика индикации эоловых солевых потоков применима лишь на равнинных территориях, где нет возвышенностей, экранирующих поток и препятствующих его развитию.

При неправильной организации поливов в оазисах, лежащих в зоне пустынь, развивается засоление, вызываемое капиллярным поднятием и испарением почвенных растворов. Этот процесс может быть определен по изменению состава сорняков в посевах. Б. В. Федоровым (1964) выявлены для Голодной степи индикаторы, указывающие на количество солей в почве. Итоги его исследований (с некоторыми сокращениями) приведены в табл. 32.

Довольно близкие данные об индикаторах засоления приводит Н. И. Акжигитова для Ферганы, так что, очевидно, приведенные показатели можно экстраполировать на ряд районов. Если против засоления не принимается мер, то среди посевов появляются пятна солончаков с поташником олиственным, -ка-рабараком и другими крайними галофитами.

**10.4 ИНДИКАЦИОННЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ В ПОЛУПУСТЫНЯХ**

Индикационные закономерности в полупустынях имеют много общего с тем, что было сообщено выше для пустынь. Однако в полупустынях (а также и в наиболее северных вариантах пустынь) в растительном покрове проявляется своеобразная структурная особенность - комплексность, придающая индикационным исследованиям некоторые специфические черты. Комплексом называется повторяющееся чередование участков нескольким ассоциаций, неоднократно сменяющих друг друга в пространстве. Обычно при этом участки разных ассоциаций связаны с определенными элементами микрорельефа полупустыни и сопряжены с почвами. Таким образом, в комплексах растительность в сочетании с микрорельефом приобретает зна чение индикатора почв. Полупустынные комплексы были впервые описаны Н. А. Димо и Б. А. Келлером (1907) в Нижнем Поволжье. Строение комплексов было таково, что фон создавала типчаково-ромашниковая формация на плоских водораздельных участках с глинистыми слабозасоленными светлоокрашенными почвами; в этот фон были вкраплены понижения с корково-столбчатыми солонцами, обозначаемыми чернополын-ной формацией, и западины с темноцветными почвами, богатыми органическим веществом, обозначаемые ковыльной степью. Физиономический контраст сообществ был очень велик. Используя эту особенность строения почвенного покрова, С. К. Чаянов предложил вести почвенные съемки в полупустыне с применением растительных индикаторов. Геоботаническая индикация при картографировании почв в полупустыне распространена сейчас очень широко (Афанасьева, 1965).

Таблица 32

**Связь растений с засолением почв в Голодной степи**

|  |  |
| --- | --- |
| Индикаторы (наиболее частые виды сорняков)  | Индикаты (содержание плотного остатка, %) |
| Пальчатник, донник белый, цикорий, эриантус ра-венский, дурнишник  | 0,43-0,8 |
| Карелиния каспийская, лебеда татарская  | 0,8-1,2 |
| Различные виды кермеков, парнолистник амударьин-ский, бескильницы  | около 1,2 |
| Сведа .разнолистная, петросимония усеченная  | 1,6-2,0 |
| Климакоптера толстая, ажрек, солерос  | 2,0-2,5 |
|  |  |

Под комплексами понимают обычно такое чередование участков ассоциаций, в котором разные элементы комплекса со временем, в процессе эволюции почв, могут переходить друг в друга. От комплексов отличают комбинации, в которых такой переход невозможен (так, примером комбинации могут служить мелкие участки песчаных наносов с псаммофитами на фоне глинистого такыра). Различение комплексов и комбинаций с индикационной точки зрения полезно потому, что комплексы могут быть использованы как индикаторы разных этапов процесса образования и развития почв, а комбинации указывают на стойкие различия элементов почвенного покрова, не связанных какими-либо переходами и взаимными превращениями. Н. В. Павлов (1931) предлагал выделять циклические комплексы, элементы которых способны неоднократно переходить друг в друга в зависимости ют эволюции природных условий. Примером их служат комплексы белоземельнополынных и биюргуновых сообществ в центральном Казахстане. При многолетних колебаниях климата то в сторону относительного возрастания аридности, то смягчения ее члены этих комплексов подвергаются обратимым изменениям; при усыхании расширяется площадь биюргун-ников, при увлажнении - площадь полынников. Следы этих изменений в структуре комплекса можно заметить по присутствию остатков отмерших биюргунников в белоземельнополынниках или соответственно по угнетенным фрагментам полынников в биюргуновой формации. Циклические комплексы имеют большое значение как индикаторы территорий с нестабильной экологической обстановкой, склонной к периодическим изменениям.

В качестве индикаторов местных вод в полупустынях широко распространены лиманы и лиманообразные понижения, о которых сообщалось ранее при рассмотрении гидроиндикации в степях. Растительность этих понижений в полупустыне значительно беднее, чем в степных лиманах. Преобладающим видом ' является пырей ползучий. Воды под лиманами залегают не глубже 5 м. По наблюдениям в Тургайской ложбине, минерализация воды под пырейниками с участием солодки и осок не выше 1 г/л и очень редко возрастает до 2 г/л. Под солончаковыми пырейными лугами с солеросом, кермеком Гмелина, керме-ком каспийским минерализация воды не ниже 3 г/л. В песчаных массивах, лежащих среди полупустыни, широко распространены чуроты, аналогичные тем, какие были описаны для пустынь, но флористически более богатые. Многие из чуротов с наиболее благоприятными условиями увлажнения используются для создания искусственных сосновых рощ.

**ГЛАВА 11 ИНДИКАЦИОННЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ В ГОРАХ**

Геоботанические индикационные исследования в горах пока распространены мало. Причиной этого является орофизионо-мичность многих горных ландшафтов, т. е. преобладающее фи-зиономическое значение в них форм рельефа. Поэтому сейчас в горах индикационная геоморфология имеет большее значение, чем индикационная геоботаника. Однако, по мере того как исследования в горах будут становиться более детальными и крупномасштабными, геоботаннческая индикация приобретет более важную роль.

Одной из важных индикационных закономерностей в горных ландшафтах является специфичность индикационных связей в каждом высотном поясе. Это положение особенно четко заметно на примере индикации горных пород. Исследования М. В. Культиасова в Западном Тянь-Шане, М. Г. Попова в Тянь-Шане и О. А. Осиповой в Восточном Саяне показали, что одна и та же горная порода в сходных условиях экспозиции, но в разных высотных поясах может характеризоваться господством специфических, несходных друг с другом, растительных сообществ. Так, по наблюдениям О. А. Осиповой, в сходных условиях экспозиции на песчаниках жайминской свиты в высокогорном поясе распространена ерниковая тундра с редкими экземплярами кедра и ковром голубики и лишайников из родов *Cladonia* и *Alectoria*, на той же породе в верхнем средне-горном поясе господствует кедровый лес с подлеском из жимолости и ковром зеленых мхов. На диоритах в первом из указанных поясов преобладает лесотундра с рододендроном золотистым, водяникой и баданом, а во втором - березово-лиственничный лес с густым травостоем из вейника лесного.

Таким образом, если попытаться составить единую индикационную схему даже для одного макросклона Восточного Саяна без учета поясной структуры горных ландшафтов, то результаты будут противоречивы и неопределенны, так как одна и та же порода будет определяться по различным индикаторам. Если же составлять отдельную индикационную схему применительно к каждому из поясов, то различия в растительном покрове на разных породах становятся вполне отчетливыми. Так, в том же районе на двух соседних участках не далее 1 км друг от друга в высокогорном поясе на известняках была развита тундра с рододендроном золотистым, ивами и различными осо-ками, а на гранитах - лесотундра с пышным сомкнутым разнотравьем при участии бобовых; часты были папоротники. Указанные закономерности требуют того, чтобы индикационные исследования в горах начинались не ранее, чем установлены границы отдельных высотных поясов. Если они неизвестны, то необходимо установить их, используя аэрофотоматериалы и аэровизуальные наблюдения.

Однако кроме изменчивости экологических условий, подчиняющейся высотной поясности, в горах существуют локальные изменения, вызванные иными причинами и в особенности сменой различных горных пород и влиянием экзогенных процессов. Система выбора ключевых участков должна учесть и эти явления. В связи с этим нужно выбирать в горах два типа ключевых участков, а именно участки общего и специального назначения. Первые выбираются в каждом из высотных поясов, располагаясь цепью от его верхней границы до нижней. В совокупности они образуют систему, пересекающую макросклон горного массива от вершины до подножия, параллельно основному направлению стока. Участки эти должны быть равновелики, ориентированы в виде полос вдоль склона и располагаться на одной линии, являясь как бы фрагментами огромного профиля через весь макросклон. Ключевые участки специального назначения выбираются для учета локальных экологических условий на тех площадях, где предварительное дешифрирование вскрыло наибольшую сложность аэрофотоизображения и где можно предполагать наличие отклонений от общих высотнопоясных закономерностей. Размеры этих участков сильно варьируют, а расположение их не зависит от ориентировки поясов.

Огромное влияние на распределение растительных сообществ в горах оказывает экспозиция склонов. Поэтому при выборе ключевых участков в горах особенно значительное внимание уделяется именно ей. Необходимо, чтобы индикационное значение каждого сообщества было изучено в условиях склонов всех тех экспозиций, в которых оно встречается. Все указанные причины заставляют значительно увеличивать число ключевых участков в горах и несколько осложняют индикационные исследования как при выявлении индикаторов, так и при съемке.

Для горных ландшафтов также характерна исключительно тесная связь растительного покрова с рельефом, формы и расчлененность которого часто оказываются ведущими факторами в размещении фитоценозов. Поэтому в горах особенно четко выражены геоморфологически обусловленные ряды сообществ; и здесь особенно большое значение приобретает детальное профилирование как метод исследования. Даже при определении площадей ключевых участков целесообразно придавать им очертания удлиненных прямоугольных полос типа трансект, так что они превращаются в укрупненный профиль, проложенный вкрест рельефа. Тесная связь растительности и рельефа обусловливает и другую особенность индикации в горах, а именно приобретение ею не чисто геоботанического, а комплексного характера. Разделение геоботанических и геоморфологических индикаторов оказывается очень трудным, и они используются обычно совместно. Таким образом, индикаторами в горах становятся большей частью эктоярусы отдельных микроландшафтов или элементарных ландшафтов.

Наконец, следует отметить известную сложность применения аэрометодов в горах. Горные аэрофотоснимки в силу резкой расчлененности рельефа испытывают значительное искажение, что затрудняет дешифрирование и требует тех или иных их преобразований и уточнений. Условия полетов на малых высотах в горах не безопасны, и это осложняет проведение аэровизуальных наблюдений. Тем не менее, несмотря на все препятствия, использование аэрометодов при индикационных исследованиях в горах необходимо, так как без них наименее доступные участки высокогорий останутся неисследованными.

**11.1 ИНДИКАЦИЯ ПОЧВ В ГОРАХ**

Существует значительное количество работ, рассматривающих связь растительных сообществ с почвами гор. Однако в большинстве случаев эти работы касаются лишь одного или двух поясов, и в них не прослежена связь почв и растительности по всем поясам. Кроме того, большая часть этих исследований не имела индикационного характера и связи почв и растительности не анализировались с помощью методов индикации, не определялась достоверность индикации и т. д. Одним из немногих специальных исследований возможности геоботанической индикации почв в горах является работа Ф. Д. Алахвердиева. Им последовательно изучено методом ключевых участков индикационное значение растительности во всех поясах гор в бассейне рек Курах и Гюльгерычая (Дагестан) в целях использования индикации при ориентировочном полевом выделении почвенных контуров в ходе картографирования почв в труднодоступных частях гор (табл. 33).

В табл. 33 и индикаторы и индикаты понимаются очень ге-нерализованно; характеристика растительности нередко имеет чисто физиоломический характер, без подробного анализа флористического состава. Все это позволяет использовать эти данные главным образом для рекогносцировки или для съемки средних или мелких масштабов. Положительной чертой такого обобщенного подхода является выделение таких индикаторов, которые безошибочно дешифрируются на аэрофотоснимке.

**11. 2 ИНДИКАЦИЯ ГОРНЫХ ПОРОД**

Геоботаническая индикация горных пород применяется очень широко при инженерно-геологических съемках в горах. В качестве индикаторов используются преимущественно те сообщества, в которых господствуют деревья, кустарники, полукустарники, корневая система проникает на значительную глубину - до материнской почвообра­зу­ю­щей породы и даже глубже. При индикации пород, почти незамаскированных почвенным покровом, большое значение приобретают лишайники и мхи.

Таблица 3$

**Индикационная схема для ориентировочного полевого выделения почвенных контуров в бассейне рек Курах и Гюльгерычай (Дагестан)**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Высотные пояса (подтипы ландшафта) | Индикаторы | Индикаты |
|  Степной | низкоосоково-типчаковые степи | типичные каштановые почвы |
| стройнопырейно-полынно-типчаковые степи | светло-каштановые почвы с повышенной скелетностью и содержанием гумуса менее 3% |
| дубовое мелколесье в сочетании с зарослями держи-дерева | коричневые типичные и выщелоченные почвы |
| Лесостепной | дубовое мелколесье  | горно-лесные бурые почвы |
| заросли держи-дерева | горные коричневые (преимущественно среднемощные) почвы |
| полынно-ковыльно-типчаковые степи  | горно-степные маломощные почвы |
| полынно-стройнопырейные степи | горно-степные почвы (оценка мощности невозможна) |
| родниковые болота с господством щучки, тростника и различных осок | луговые почвы в состоянии постепенного заболачивания |
| Субальпийский | низкоосоковые пестроовсяничные луга с богатым разнотравьем | горно-луговые черноземовидные среднемощные почвы |
| низкоосоково-пестроовсяничные луга с бедным разнотравьем | горно-луговые типичные средне-мощные почвы |
| осоково-пестроовсяничные луга | горно-луговые типичные почвы |
| вейниково-пестр оовсяничные луга | горно-луговые почвы |
| Альпийский | луга с господством кобрезии персидской | горно-степные маломощные слаборазвитые почвы |
| белоусоные кочкарники и ковры альпийских высокогорных видов | скопления щебня, заболачивающиеся под влиянием застоя влаги |

Истоки литоиндикационных исследований в горах следует искать в работе А. Н. Краснова о растительности Восточного Тянь-Шадя, и в сериях исследований Н. Н. Альбова о флоре известняков Кавказа, и М. Г. Попова о растительности Южного Туркестана. Однако эти ученые не ставили перед собой специальных индикационных задач. Современное развитие литоинди-кации в горных ландшафтах связано с исследованиями С. В. Викторова, П. Л. Горчаковского, Е. В. Сохадзе и Р. П. Тарасова. В индикации горных пород аюжно различить два уровня детальности исследований: ориентировочную региональную индикацию по господству определенных жизненных форм и детальную локальную индикацию по сообществам или индикаторным группам видов. Первая основана на преобладании на некоторых группах горных пород представителей определенных жизненных форм. В данном случае жизненные формы понимаются довольно широко и преимущественно физионо-мически. Например, для плотных карбонатных пород (известняков, мраморов) большей части гор юга Средней Азии характерно господство ксерофильных деревьев (арча, фисташка, каркас), различных жестколистных кустарников: миндаль бухарский и колючейший, вишня карликовая, кизильник и жимолость Альтмана, крушина Палласа, крушина Синтениса (Викторов, 1955) и эфедры хвощевидной. На гипсоносных породах, представленных пестроцветной толщей песчаников и глин, развиваются сообщества с господством сочных травянистых полукустарниковых и, реже, кустарниковых галофитов и гипсофи-тов: климакоптер (шерстистой, толстой и др.), ежовников (усеченного, шерстистоногого и др.), парнолистников (бухарского, туркменского, портулакового, крупнокрылого), реомюрии кустарниковой и др. Сочетание этих видов настолько своеобразно, что известный исследователь Средней Азии М. Г. Попов (1940) описал его под названием «флоры пестроцветных толщ (красно-песчаниковых низкогорий)». С незначительными изменениями господство этих форм на известняках и гипсоносных породах прослеживается от Копетдага, Малого и Большого Балхана, через останцовые горы пустыни Кызылкум до Мангышлака. Некоторые черты описанной связи прослежены А. Л. Тахтаджаном и за пределами Средней Азии, на пестроцветах Закавказья. Таким образом, данные индикаторы довольно устойчивы.

В нижних поясах гор и предгорьях постоянными индикаторами суглинков являются сообщества опушенных полукустарников, главным образом полыни из подрода Seriphldium. Там, где механический состав облегчается до супесей л песков, это отмечается массовым развитием злаков (преимущественно ко-вылей).

Однако такие общие литоиндикационные закономерности имеют значение лишь при составлении мелкомасштабных обзорных карт и при дешифрировании сильно уменьшенных репродукций фотосхем. Для полноценной литоиндикации необходимо выявление геоботанических индикаторов в ранге ассоциаций или групп ассоциаций. Это сделано для многих районов СССР, но составленные индикационные схемы имеют узкорегиональный характер, и даже краткий обзор их всех не представляется возможным. Чтобы дать представление о степени детальности расчленения растительного покрова в таких схемах, в табл. 34 приведены данные, полученные С. В. Викторовым (1955) для меловых гор Чир-Кала (Казахстан). Составленная им индикационная схема включает в себя сведения как по индикации пород, так и почв.

Р. П. Тарасовым разработана очень детальная схема для индикации различных пород в хребте Малый Балхан (Туркмения), а Е. В. Сохадзе - для известняковых гор Грузии.

Обнажения пород в горах часто бывают замаскированы ко-рами выветривания, затрудняющими распознавание их. В этих случаях можно использовать в качестве индикаторов некоторые индикаторные группы видов, поселяющиеся на выветрелой поверхности породы. Для Среднего Урала (табл. 35) некоторые из подобных индикаторов выявлены П. Л. Горчаковским (1969).

Таблица 34

**Литоиндпкационная схема гор Чир-Кала**

|  |  |
| --- | --- |
| Индикаторы | Индикаты |
| Заросли карликового саксаула Лемана  | ожелезненные песчаники, перекрытые маломощным ортоэлювием  |
| Степь с житняком сибирским, ковылем каспийским, кохией простертой  | ожелезненные скелетные примитивные песчаные почвы, подстилаемые продуктами выветривания песчаников  |
| Заросли ежовника мелового  | мел и мелоподобные мергели, слабо» затронутые выветриванием  |
| Ассоциации с господством клоповника Мей-ера, левкоя пахучего, полыни солянковид-ной, скабиозы исетской, смолевки полукустарниковой, льнянки меловой  | невыработанные почвы на мелах, подстилаемых толщей мелоподобных мергелей, мелов и иногда карбонатных опоковидных глин  |
| Мозаичные сочетания -синузий поташника Шренка, каспийского, климакоптеры толстой и шерстистой, солянки многолистной, кермека полукустарникового, камфоросмы монпелийской  | пухлые солончаки, подстилаемые гипсоносными глинами  |

**11.3 ИНДИКАЦИЯ ПРОЯВЛЕНИЙ ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ**

В горах интенсивно развиваются различные геодинамические процессы, зависящие как от экзогенных, так и от эндогенных причин: горные породы разрушаются выветриванием, подвергаются трещиноватости, перемещаются под влиянием осыпных, обвальных, оползневых и селевых процессов. Исследованием этих явлений занимается инженерная геодинамика. Одним из вспомогательных методов в этои науке служит геоботаническая индикация.

Степень разрушения плотных пород выветриванием на ранних стадиях процесса можно ориентировочно оценить по густоте и сомкнутости моховых и лишайниковых ковров на поверхности породы. Это имеет определенное значение для прогнозирования обвалов.

Таблица 35

**Индикаторные группы видов на горных породах Среднего Урала**

|  |  |
| --- | --- |
| Индикаторные группы видов | Индикаты |
| Лук торчащий, гвоздика разноцветная, порезник сибирский  | амфиболиты и гнейсы  |
| Пузырник ломкий, щитовник Роберта, костенец зеленый и постепенный, сладкокорень обыкновенный, ракитник русский, кизильник черноплодный, дрок красильный  | змеевики  |
| Пырей отогнутоостый, тимофеевка степная, лапаатка распростертая, прострел желтеющий, подмаренник настоящий, астрагал датский, душица обыкновенная, очиток едкий и пурпурный  | сланцы  |

Подготовка обвалов обычно заключается в возникновении сети мелких трещин в той части скального массива, которая ослаблена внешними воздействиями. По наблюдениям А. В. Садова (1978), в Чаткальском хребте и Заилий-ском Алатау трещиноватость способствует возникновению скоплений мелкозема, каждое из которых, впитывая влагу и подвергаясь процессам замерзания и оттаивания, действует как клин, способствующий еще большему ослаблению породы. Скопления мелкозема в трещинах быстро заселяются мхами и лишайниками, и поэтому в тех местах, где налеты их гуще, сгущаются и трещины.

Среднее расстояние между талломами мхов и лишайников на участках максимальной трещиноватости в Чаткале колебалось около 10 см, так что мохово-лишайниковый ковер воспринимался на аэрофотоснимке как единое интенсивно темное пятно на фоне более светлой породы. По этому признаку можно выделить участки с мелкой, но густой трещиноватостью (эти участки в будущем явятся местами образования крупных трещин, по которым будет происходить отделение блоков породы от скального массива), т. е. распознать очаги будущих обвалов. Появление крупных трещин обозначается полосами зарослей жестколистных кустарников. При максимальном развитии они заметны и на аэрофотоснимке, но более надежно распознаются при наземных или аэровизуальных наблюдениях. Раскапывая трещины и измеряя их ширину, М. Батурова определила, что последняя пропорциональна поперечнику полосы кустарников, вытянутой по трещине. Поэтому по геоботаническим признакам можно оценить ширину трещины, не вскрывая ее.

В горах широко распространены процессы смыва почв. Пониженная проходимость горных ландшафтов затрудняет обнаружение и учет смытых площадей. Поэтому при определении их полезно применение растительных индикаторов. По исследованиям Ф. Д. Алахвердиева, в Дагестане каждый высотный пояс обладает специфическим набором показателей смытых почв. В степном поясе ими являются степи с господством бородача при значительном участии кустарников и заросли дер-жи-дерева, в которых присутствуют ноэа, кохия простертая, каперсы. В лесостепном поясе на смятых участках развиваются заросли подушковидных растений (главным образом различные виды эспарцетов) и прижатых к субстрату жестколистных кустарников и полукустарников из группы нагорных ксерофитов. В субальпийском -поясе признаком смытости служит засоренность лугов тимьяном Маршалла и фрагментами сообществ нагорных ксерофитов; при полной смытости развиваются почти чистые тимьянники. В альпийском поясе растительность на смытых участках отсутствует. Участки породы, естественно обнаженные, на которых почвенный покров и не сформирован, покрыты лишайниками и мхами. Там же, где идет постоянный смыв, лишайниковые и моховые налеты развиться не могут. По их отсутствию можно отличать первично обнаженные участки от вторичных, смытых. Большинство перечисленных индикаторов смыва хорошо заметно не только при наземных исследованиях, но и на аэрофотоснимках (заросли держи-дерева и подушковидных растений) или при аэровизуальных наблюдениях (бородачевые степи, тимьянники), что повышает их ценность при съемках.

Геоботанические индикаторы позволяют определить некоторые черты ранних стадий развития оползневых процессов, в частности образования так называемых оползней-блоков, т. е. смещения обособленных масс глинистых пород. Места, по которым будет происходить отделение оползня-блока от склона, по наблюдениям А. В. Садова в Кодрах (Молдавия), Чаткальском и Кураминскоя хребтах (Узбекистан), обозначаются прямолинейными или изогнутыми полосами сообществ с господством влаголюбивых видов. В Молдавии здесь господствуют тростник, ситники, пырей ползучий, ситняг, осоки, частуха; в Средней Азии - лох, тамариксы, тростник, солодка, верблюжья колючка, додарция восточная. Полосы эти хорошо заметны на аэрофотоснимках, так как фототон, создаваемый фреатофитами, значительно темнее, чем фототон склона. Фреатофиты появляются на обводненных контактах литологических разностей глинистых пород. Именно по этим переувлажненным неустойчивым частям склонов обычно и происходит отрыв оползневых блоков. Характер растительного покрова позволяет определить предрасположенность склона к оползневым процессам. В Западном Тянь-Шане показателями условий, благоприятствующих образованию оползней, являются злаково-богаторазнотравные луга с ежой сборной, ясенцом, группами боярышника и алычи, создающие ландшафт нагорной боярышниковой полусаванны. Здесь развиты мощные почвы, подстилаемые толщей рыхлых влажных суглинков, создающих большую нагрузку на склон и легко смещающихся. Эти сообщества типичны для теневых склонов. Сухие мелкозлаковые степи с зарослями жестколистных кустарников и группами арчевого стланика указывают на площади, где развитие оползневых процессов практически исключено.

Ценность всех перечисленных индикаторов заключается в том, что они позволяют хотя бы отчасти прогнозировать вероятность оползней. Если участки сообществ фреатофитов не образуют отчетливых поперечных полос, а имеют неправильные очертания, вытянутые <низ по склону, то они являются индикаторами так называемых оплывин - поверхностных смещений небольшого масштаба, возникающих в силу местного перехода переувлажненного грунта в текучее состояние. Растительность позволяет вести и ретроиндикацию оползневого процесса, т. е. определять места отрыва тел оползня через значительное число лет после завершения смещения блоков. Индикаторами старых снивелированных оползней являются висячие болота, лежащие в средней части склона, имеющие характерные трапециевидные очертания (хорошо заметные на аэрофотоснимке) и характеризующиеся господством тростника, камыша, череды, дербенника, вейника наземного. Болота эти возникают за телом оползня в силу торможения им стока.

Одним из наиболее грозных геодинамических явлений в горах оказываются сели. Определение очагов их возникновения имеет большое практическое знач&ние. Индикаторами антропо-генного селеобразования, связанного с уничтожением человеком естественной растительности, препятствующей формированию грязекаменных потоков, могут служить некоторые сообщества. К ним относятся реликтовые редколесья, по которым оказывается возможным проследить контуры исчезнувших лесов, и засоренные сбитые луга, заменившие горно-луговые формации.

**ГЛАВА 12**

**ИНДИКАЦИЯ ИЗБЫТОЧНОГО СОДЕРЖАНИЯ ОТДЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ И ИХ СОЕДИНЕНИЙ В ПОЧВАХ, ГОРНЫХ ПОРОДАХ И ВОДАХ**

Одним из направлений индикационных геоботанических исследований является определение присутствия в окружающей среде различных элементов ^ и их соединений. Индикаторами здесь служат отдельные виды растений, внутривидовые формы и тераты. Растительные сообщества хотя и применяются в качестве индикаторов, но' имеют второстепенное значение. Поэтому индикация может быть в этом случае названа ботанической.

Истоки ботанической индикации элементов и их соединений связаны с поисками полезных ископаемых и в особенности руд. В средние века существовало много примитивных представлений о том, что определенные растения могут указывать на присутствие золота, серебра, меди, алмазов. Эти представления были основаны на народных поверьях или на случайных наблюдениях рудознатцев и горнодобытчиков. Из этих разобщенных сведений постепенно отбирались более достоверные. Так, немецкий исследователь горного дела Агрикола (Бауэр) в XVI в. указывал в своем труде, что над рудными жилами трава низкая и нездоровая, деревья имеют голубоватую, свинцово-серую или очень темную окраску листьев, корневые системы и стволы их ослаблены и лес легко подвергается ветровалу. Близкие по характеру наблюдения принадлежат М. В. Ломоносову. В 1763 г. он писал: «На горах, в которых руда и другие минералы родятся, растущие деревья бывают обыкновенно нездоровы... трава, над жилами растущая, бывает мельче и бледнее».

В XIX и в начале XX в. появляется значительное количество отечественных и зарубежных работ, касающихся ботанической индикации полезных ископаемых. Главнейшие итоги этих работ до 1929 г. обобщены в сводке Линстова (Linstow, 1929), более поздние исследования, а также современная методика поисков полезных ископаемых по растениям охарактеризованы Н. Г. Несветайловой (1970).

Кроме поисков полезных ископаемых ботаническая индикация элементов и их соединений находит применение в сельском хозяйстве при оценке обеспеченности почв и культурных растений элементами питания, при выявлении процессов загрязнения окружающей среды отходами производства. Развитие ботанической индикации элементов и их соединений тесно связано с биогеохимией - наукой, изучающей закономерности миграции элементов в биосфере и созданной работами В. И. Вернадского, А. П. Виноградова и их школы. Биогеохимические закономерности служат той теоретической основой, с помощью которой могут быть объяснены связи различных групп растительных организмов с определенными геохимическими условиями. Природные комплексы, возникающие вследствие своеобразия этих условий, исследуются геохимией ландшафтов, являющейся одним из разделов физической географии. Ботаническая индикация возникла в области контакта биологии, геологии, геохимии и физической географии.

Переходя к описанию методики исследований, следует отметить одну важную ее особенность, а именно очень ограниченную применимость аэрометодов при ботанической индикации избыточного содержания определенных элементов н их соединений. Используемый здесь индикаторы (главным образом отдельные виды, внутривидовые формы, тераты), а тем более мелкие морфологические уклонения от нормального строения неразличимы на аэрофотоснимках самого крупного масштаба (за исключением некоторых древесных пород и кустарников). Поэтому аэрофотоматериалы могут быть использованы лишь для общего ознакомления с природными условиями территории и для составления плана размещения изучаемых участков. Основное начение приобретают детальные наземные ботанические исследования.

Важным условием успеха ботанических индикационных исследований является применение их на таких территориях, где присутствие избыточного содержания искомых соединений заранее определено по геологическим предпосылкам. Так, постановка работ по ботанической индикации нефтяных битумов в районе, нефтегазоносность которого исключается всеми геологическими данными, бесполезна. В условиях же структур потенциально нефтегазоносных (например, соляных куполов) такие исследования могут дать полезный эффект. Поэтому первым этапом исследований является основательное знакомство с геологией района, с перспективами присутствия здесь определенных веществ, с вероятными путями миграции дх в ландшафтах, с размещением источников загрязнения. Этот этап осуществляется путем проработки литературных данных, ознакомления с ранее составленными геологическими и геохимическими картами, а. также получения консультаций у геологов, изучавших данный район. В итоге этого предварительного этапа должно быть четко сформулировано, какие соединения могут служить индиката-ми и где находятся площади с наиболее вероятным их присутствием.

В ботанической индикации следует различать, как и в прочих разделах индикационной геоботаники, методику выявления индикаторов и методику их применения. Как та, так и другая имеют ряд отличий от прочих индикационных исследований. Кроме того, и между собой они существенно различны и требуют специального описания.

Методика выявления ботанических индикаторов элементов и их соединений довольно разнообразна. В целом она основана на сравнительном анализе флоры, а также морфологических особенностей отдельных видов в пределах ореола рассеяния определенного вещества и за его пределами. Для первоначальной общий ориентировки в индикационных закономерностях часто прибегают к сравнению ботанических характеристик площадей месторождений полезного ископаемого и прилежащих к ним участков. Этот способ очень неточен, так как ботанические особенности сравниваемых территорий могут зависеть не только от геохимических условий, но и от иных экологических факторов. Более точен способ пар эталонов. Парой эталонов называются в этом случае два участка, сходные по комплексу экологических условий (рельеф, экспозиция, почвы, подстилающие породы, увлажнение, растительных покров и др.), но резко контрастные по наличию индиката: на одном из участков он присутствует в значительных концентрациях, на другом - полностью отсутствует. Примером могут служить случаи, когда сравниваются экологически сходные участки, один из которых характеризуется высокой медной минерализацией, а другой - полным отсутствием соединений меди, или один богат нефтяными битумами, а на другом их нет. П^ра эталонных участков представляет собой, таким образом, сходные площади, в пределах одной из которых на общий однородный экологический фон накладывается повышенное содержание какого-то вещества (Не-светайлова, 1970). Эталон, характеризующийся присутствием индиката, называется позитивным, другой - негативным.

Описание пары эталонов имеет определенные особенности. Во-первых, необходимо, чтобы различия эталонов по присутствию индикатов были подтверждены аналитически, путем точных количественных определений. Это достигается или отбором и анализом соответствующих проб почв, горных пород и грунтовых вод, или выбором эталонов, для которых такие определения сделаны заблаговременно. Описание эталонов включает в себя возможно более подробный флористический список с выявлением присутствия и обилия не только видов, но и мелких внутривидовых форм. Для этого должны быть применены методы биосистематики - науки, изучающей мелкие систематические единицы, обособляющиеся внутри видов и часто характеризующиеся очень тонкими морфологическими различиями. Регистрируются присутствие, обилие и встречаемость тератов. т. е. аномальных, патологически измененных экземпляров, и производится их гербаризация. Подробно учитываются для каждого вида и внутривидовой формы фенофаза, мощность вегетативного развития, средняя высота и жизненность. В частности, для фенофазы обычно приводятся две оценки: господствующая и менее частая. Описываются окраска вегетативных и генеративных органов и все, даже незначительные, морфологические отклонения от среднего нормального состояния их. При обнаружении отклонений на позитивном эталоне необходим сбор материала для анатомического исследования как особей, отклоняющихся от нормы, так и нормальных контрольных экземпляров того же вида с негативного эталона. Таким образом, исследование пар эталонов требует очень глубоких ботанических знаний.

Для выявления ботанических индикаторов необходимо исследование значительного числа пар эталонов, чтобы результаты можно было подвергнуть статистической обработке. Поэтому целесообразно не выбирать случайные пары, а, производя общую геоботаническую рекогносцировку территории, наметить заранее достаточное число пар и составить схему их расположения. При доставлении такого плана полезно использовать аэрофотоматериалы, чтобы разместить пары эталонов равномерно в различных растительных сообществах и обеспечить каждое достаточным их количеством.

Полезным дополнением к выявлению ботанических индикаторов является отбор проб для биогеохимических исследований. Для этого производ6ится с определенной единообразной частотой (т. е. через равные промежутки) сбор образцов различных видов растений для озоления и последующего анализа (обычно применяются спектральные методы). Анализы целесообразно построить так, чтобы иметь дифференцированные данные для различных органов одного и того же вида, так как накопление индиката в них различно. Например, для многих древесных пород оптимальные результаты дает озоление коры. Биогеохимические методы часто позволяют выявить виды-концентраторы, т. е. виды, способные к накоплению определенных элементов в тканях, а также связать это накопление с морфологическими аномалиями. Следует заметить, что методы, связанные с озо-лением, применимы только при изучении неорганических инди-катов. Органические индикаты (например, нефтяные битумы) не могут быть изучены этим способом, так как при озолении они разрушаются. Для их определения существуют специальные би-туминологические методы (люминесцентный и др.).

Индикация загрязнения окружающей среды газообразными, парообразными и дымообразными отходами различных производств по лишайникам составляет содержание лихоиндикации. Лихоиндикация основана на повышенной чувствительности ряда лишайников к загрязнению воздуха.

**РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА**

Акжигитова Н. И. Галофильная растительность Средней Азии **и ее** индикационные свойства. Ташкент, 1982.

Алахвердиев Ф. Д. Основы теории и методики ландшафтно-индикацион-ных исследований аридных областей. Грозный, 1985.

Викторов С. В. Использование геоботанического метода при геологических и гидрогеологических исследованиях. М., 1955.

Викторов С. В., В о стоков а Е. А., Вышивки и Д. Д. Введение в индикационную геоботанику. М., 1962.

Виноградов Б. В. Растительные индикаторы и их использование при I изучении природных ресурсов. **М.,** 1964. -\] Востокова Е. А., Шавырина А. В., Ларичева С. Г. Справочник по растениям-индикаторам грунтовых вод и почвогрунтов для южных пустынь СССР. М., 1962.

Добровольский Г. В. Почвы речных пойм центра Русской равнины-М., 1969.

Иванов К. Е. Основы гидрологии болот лесной зоны и расчеты водного режима болотных массивов. Л., 1957.

Ландшафтные индикаторы инженерно-геокриологических условий севера Западной Сибири и их дешифровочные признаки. М., 1974.

Ларин И. В. Определение почв и сельскохозяйственных угодий по растительному покрову. М., 1953.

Миркин Б. М. Теоретические основы современной фитоценологии. М.,. 1985.

Несветайлова Н. Г. Поиски руд по растениям. М., 1970.

РаменскийЛ.Г.и др. Экологическая оценка кормовых угодий по растительному покрову. М., 1956.

Справочник-определитель литологического состава поверхностных отложений и глубины залегания подземных вод / Под ред. Н. Г. Верейского^ Е. А. Востоковой. М., 1963.

Федоров Б. В. Определение степени засоления почвы по растительному покрову. Ташкент, 1964.

**УКАЗАТЕЛЬ НАЗВАНИИ РАСТЕНИИ**

Адраспан (гармала) - Peganum harmala L. 142

Аистник цикутный - Erodium cicutarium (L) L'Her. 100

Акация песчаная (сюзен) - Ammodendron connollyi Bge. 127, 140

Алыча (слива растопыренная) - Primus divaricata Led. 151, 155

Андромеда (болотный мирт) - Chamaedaphne calyculata (L.) Moench. 58, 80, 83, 85

Анемона (ветреница) - р. Anemone L. 99

Астра солончаковая - Aster tripolium L. 100

Астра степная - Aster amelloides Bess. 99

Астрагал датский - Astragalus danicus Retz. 100, 153

Астрагал таврический - Astragalus tauricus Retz. 117

Аулакомниум болотный - Aulacomnium palustre (Hedw) Schwgr. 65

Багульник болотный - Ledum palustre L. 58, 66, 73, 80, 83, 84, 85

Бадан толстолистный - Bergenia crassifolia (L.) Fritsch. 147

Бассия очитковая - Bassia sedoides Asch. 162

Бедренец-камнеломка - Pimpinella saxifraga L. 99

Белозор болотный - Parnassia palustris L. 97, 100

Белокрыльник болотный - Calla palustris L. 109

Белоус торчащий - Nardus stricta L. 83, 84, 90, 91, 99, 100, 101

Береза каяндера - Betula kajanderi 57

Береза повислая - Betula pendula Roth. 73, 85, 100, 122

Береза пушистая - Betula pubescens Ehrh. 73, 85, 100, 122

Березка карликовая (ерник) - Betula папа L. 58, 65, 66, 108

Бересклет бородавчатый - Euonymus verrucosa Scop. 85

Бересклет европейский - Euonymus europaea L. 85

Бескильница расставленная - Puccineilia distans (L.) Par!. 121, 145

Бессмертник однолетний - Xeranthemum annuum L. 73

Биюргун солончаковый - Anabasis salsa (С. A. M.) Benth, 115, 130

Бор развесистый - Milium effusum L. 84

Бородач кровеостанавливающий - Andropogon ischaemum L. 154

Борщевик сибирский (медвежья дудка) - Heracleum sibiricum L. 86, 91, 98, 100

Боярышник - Crataegus curvisepale Lindm. 155

Брусника - Vaccinium vitis-idaea L. 58, 66 73, 77, 78, 80, 83, 84

Бузина обыкновенная - Sambucus racemosa L. 85

Бутень ароматный - Chaerophyllum aromaticum L. 100

Василек луговой - Centaurea jacea L. 91

Василек шероховатый - Centaurea scabiosa L. 99, 100, 123

Василистник водосборолистный - Thalictrum aquilegifolium L. 99

Василистник простой - Thalictrum simplex L. 100

Василистник светлый - Thalictrum lucidum L. 100

Вейник Лангсдорфа - Calamagrostis langsdorfii (Link) Trin. 94, 95, 102, 109

Вейник ланцетный - Calamagrostis lanceolata (L.) Roth. 100, 101

Вейник наземный - Calamagrostis epigeios (L.) Roth. 99, 100, 101

Вейник незамечаемый - Calamagrostis neglecta (Ehrh) P. В. 94

Венерин башмачок - Cypripedium calceolus L. 99

Вербейник обыкновенный - Lysimachia vulgaris L. 97 161

Вереск обыкновенный - Calluna vulgaris (L.) Hull. 78, 80, 83, 84, 99

Вероника альпийская - Veronica alpina L. 66

Вероника длиннолистная - Veronica longiiolia L. 94, 95, 99, 100

Вероника дубравная - Veronica chamaedris L. 83

Ветреница лютиковая - Anemone ranunculoides L. 83, 84

Водяника черная - Empetrum nigrum L. 84, 108, 147

Вяз настоящий - Uiir.us laevis Pall. 85

Вязель пестрый - Coronilla varia L. '123

Вьюнок кустарниковый - Convolvulus fruticosus Pall. 117

Вьюнок полевой - Convolvulus arvensis L. 100

Галохарис - Halocharis hispida ^(C. A. M.) Bge 129

Гвоздика разноцветная - Dianthus versicolor Fisch. 153

Гилокомиум - Hylocomium proiiferum (L.) Lindb. 65, 83, 84, 85

Глаукс морской (млечник) - Glaux maritima L. 133 ;

Голубика - Vaccinium uliginosum L. 58, 73, 80, 108, 147

Горошек мышиный - Vicia cracca L. 85, 92, 94, 95, 100, 102

Горчак остр'ый - Acroptilon picris С. А. Меу. 100, 142

Гравилат городской - Geum urbanum L. 85

Гравилат прибрежный - Geum rivale L. 85, 98

Гребенник обыкновенный - Cynosurus cristatus L. 91

Горец живородящий - Polygonum viviparum L, 65

Грудница татарская - Linosyris tatarica Novop. 115

Грудница шерстистая - Linosyris villosa D. С. 113

Грушанка круглолистная - Pyrola rotundifolia L. 76, 83

Девясил британский - Inula britannica L. 92, 99

Девясил германский - Inula germanica L. 123

Дербенник лволистный - Lythrum salicaria L. 94

Дереза русская - Lycium ruthenicum Murr. 133, 137

Дереза туркменская - Lycium turcomanicum Mill. 133

Держи-дерево - Paliurus spina Christ; Mill. 150

Дивала однолетняя - Scleranthus annuus L. 99

Дикранум волнистый - Dicranum undulatum Br. eur. 84

Додарцня восточная - Dodarcia orientalis L. 155

Донник белый - Meiilotus albus Medic. 99, 145

Донник лекарственный - Meiilotus officinalis Desr. 99

Дорема Этчинсона - Dorema aetchinsonii Eug. Коп. 126

Дрок красильный - Genista tinctoria L. 98, 153

Дуб черешчатый - Quercus robur L. 68, 82

Дурнишник - Xanthium strumarium L. 145

Душица обыкновенная - Origanum vulgare L. 83, 100, 153

Ежа сборная - Dactylis glomerata L. 91, 100, 155

Ежевика - Rubus caesius L. 95

Ежовник безлистный (итцегек) - Ahabasis aphylla L. 141, 142 :

Ежовннк меловой - Anabasis cretacea Pail. 131, 152

Ежовник усеченный - Anabasis depressa Eug. Kor. 126, 137, 151

Ежовник шерстистоногий - Anabasis eriopoda (Schrenk.) Benth. 151

Ель европейская - Picea abies (L.) Karst. 68, 69

Ель сибирская - Picea obovata Lebed. 57

Жгун-корень сомнительный - Cnidium dubium (Schkupr.) Theli. 95

Жимолость - p. Lonicera L. 108, 147

Жимолость Альтмана - Lonicera altmannii Rgl. et Schmaih. 151

Житняк сибирский (пырей) - Agropyrum sibiricum (Willd.) P. B. 152

Звездчатка дубравная - Stellaria nemorum L. 84

Звездчатка злаковидная - Stellaria graminea L. 100

Звездчатка ланцетолистная - Stellaria holostea L. 73, 78, 80

Зеленчук желтый - Lamiastrum galeobdolon (L.) Ehrend. et Palatsch. 77, 80, 62

Земляника лесная - Fragaria vesca L. 83, 85, 100

Змееголовник Руиша - Dracocephalum ruyschiana L. 100

Зубровка душистая - Hierochloe odorata (L.) Beauv. 91

Зубчатка красная - Odontites rubra (Baumg.) Pers. 99

Ива древовидная - Salix arbuscula L. 133, 138

Ива козья - Salix caprea L. 85

Ива розмаринолистная - Salix rosmarinifolia L. 85, 108

Иван-чай узколистный - Chamaenerion angustifolium L. 83

Ирис болотный (касатик желтый) - Iris pseudacorus L. 109

Калужница болотная - Caltha palustris L. 73, 92, 94, 95, 99, 100

Камфоросма монпелийская - Camphorosma monspeliacum L. 100, 116, 131

Камыш озерный - Scirpus lacustris L. 10, 106, 120

Канареечник (двукисточник тростниковидный) - Digraphis arundinaeea (L.) Trin. (Phalaroides arundinaeea (L.) Rausch.) 90, 94, 95

Кандым (каллигонум) - Calligonum aphyllum (Pall.) Gurke 127

Каперсы колючие - Capparis spinosa L. 154

Карабарак (соляноколосник каспийский) - Halostachys caspica (Pall) С. А. М. 24, 129, 133, 139, 141

Карган (солянка древовидная) - Salsola dendroides Pall. 129

Карелиния каспийская - Karelinia caspica (Pall.) Less. 128, 138

Каркас гладковагый - Celtis glabrata Stev. 151

Кассандра (хамедафна обыкновенная) - Chamaedaphne calyculata (L.) Moench. 58, 80, 85, 108

Кассиопе четырехрядная - Cassiope tetragona L. 58

Качим высочайший - Gypsophila altissima L. 115

Кедр сибирский - Pinus sibirica Mayr. 108, 109, 147

Кермек Гмелина - Limonium gmelinii (Willd.) Ktze. 116

Кермек каспийский - Limonium caspium Hams. 120

Кермек полукустарниковый - Limonium suffruticosum Mill. 130, 152

Кермек сарептский - Limonium sareptanum Hams. 123

Кермек широколистный - Limonium latifolium Kuntz-e. 100, 123

Кизильник черноплодный - Cotoneaster melanocarpa Lodd. 150, 151

Кислица обыкновенная - Oxalis acetocella L. 76, 80

Кладония лесная (олений мох) - Cladonia sylvatica (L.) Hoffm. 83

Кладония изящная (олений мох) - Cladonia gracilis (L.) Willd. 73

Кладония альпийская (олений мох) - Cladonia alpestris (L.) Rahb. 73

Клен остролистный (платановидный) - Acer platanoides L. 68, 73

Клевер горный - Trifolium montanum L. 100, 101, 112

Клевер луговой - Trifolium pratense L. 91, 94, 95, 100, 101

Клевер полевой - Trifolium arvense L. 77, 99

Клевер ползучий - Trifolium repens L. 94, 95

Клевер средний - Trifolium medium L. 99 .Клевер темноцветный - Trifolium spadiceum L. 98

Климакоптера толстая - Climacoptera crassa (М. В.) Botsch. 152

Климакоптера шерстистая - Climacoptera lanata (Pall) Botsch. 145, 151, 152

Клоповник Мейера - Lepidium meyeri Claus. 131, 152

Клубника (земляника зеленая) - Fragaria viridis Duch. 85

Клубнекамыш морской - Bulboschoenus maritimus Pall. 134

Клюква обыкновенная - Oxycoccus palustris Pers. 58, 73, 83, 108

Кобрезия персидская - Cobresia pcrsica 150

Ковыль волосатик (тырса) - Stipa capillata L. 103, 115, 117

Ковыль Гогенаккера - Stipa hohenackeriana Trin. 129

Ковыль каспийский - Stipa kaspia C. Koch. 129, 152

Ковыль красноватый - Stipa rubentiformis Smirn. 115

Ковыль перистый - Stipa joannis Cel. 73, 112, 117

Ковыль сарептский - Stipa sareptana Beck. 116, 117

Ковыль Рихтера - Stipa richteriana Kar. et Kir. 129

Ковыль узколистный - Stipa stenophylla Czern.

Козлобородник луговой - Tragapogon pratens L. 91

Колокольчик крапиволистный - Campanula trachelium L. 78, 84

Колокольчик скученный - Campanula glomerata L. 99

Колокольчик широколистный - Campanula iatifolia L. 84

Колосок душистый - Anthoxantum odoratum L. 91, 99, 100

Колючелистник железистый - Acanthophyllum glandulosum Bunge et Boiss. 6

Колючка верблюжья - Alhagi pseudalhagi (M. B.) Desv. 6, 23, 138

Копытень европейский - Asarum europaeum L. 78, 83

Коротконожка перистая - Brachypodium pinnatum P. В. 83

Костенец зеленый - Asplenium viride Huds. 153

Костенец постенный - Asplenium ruta muraria L. 153

Костер безостый - Brornus inermis Leyss. (Bromopsis inermis (Leyss.) Holub.) 91, M, 95, 102, 115

Кохия простерная (прутняк) - Kochia prostrata Schrad. 115, 116

Кошачья лапка - Antennaria dioica (L.) Gaerth. 80, 83, 84, 99

Крапива двудомная - Urtica dioica L. 83, 85, 95

Крестовник равнинный - Senecio campester D. С. 98

Кровохлебка лекарственная - Sanguisorba officinalis L. 86, 94

Крушина ломкая - Frangula ainus Mill. 85, 108

Крушина Палласа - Rhamnus paliasii Fisch. et Mey. 151

Крушина Синтениса - Rhamnus sintenisii Rech. 151

Кубышка желтая (кувшинка) - Nuphar lutea (L.) Smith. 106

Кукушкин лен - Polytrichum commune Hedw. 99

Купальница европейская - Trollius europaeus L. 92, 99

Купена многоцветковая - Polygonatum multiflorum (L.) All. 78

Купырь лесной - Anthriscus sylvestris (L.) Hoffm. 77, 83, 98

Куропаточья трава - Dryas octopetala L. 58

Лапчатка гусиная - Potentilla anserina L. 98

Лапчатка сероватая - Potentilla canescens Bess. 117

Лапчатка распростертая - Potentilla humifusa Willd. 153

Лапчатка серебристая - Potentilla argentea L. 100

Ластовень лекарственный - Antitoxicum officinale (Moench.) Pobed. 137, 138

Лебеда бородавчатая - Atriplex verrucifera M. В. 141

Лебеда серая (кокпек) - Atriplex сапа С. А. M. 162

Лебеда татарская - Atriplex tatarica L. 145

Левкой пахучий - Matthiola fragrans Bge. 131, 152

Лещина обыкновенная (орешник) - Corylus avellana L. 84

Липа мелколистная (л. сердцевидная) - Tilia cordata Mill. 68, 73

Лисохвост луговой - Alopecurus pratensis L. 90, 93, 95, 99, 101

Лиственница даурская - Larix dahurica Turcz. 57, 109

Лиственница сибирская - Larix sibirica Ladb. 57, 109

Лойзелеурия простертая - Loiseleuria procumbens Desv. 58

Ломонос восточный - Clematis orientalis L. 137, 138

Лопух паутинистый - Arctium tomentosum L. 84

Лох узколистный -Јleagnus angustifolia L. 133, 138, 140, 155

Луговик извилистый - Deschampsia fiexuosa Trin. 100

Луговик дернистый (шучка) - Deschampsia caespitosa P. В. 84, 90 93

Лук прямой - Allium strictum Schrad. 153

Лук угловатый - Allium angulosum L. 92

Лунник многолетний - Lunaria rediviva L. 83

Любка двулистная - Platanthera bifolia (L.) L. C. Rich. 83 p. Люпин - p. Lupinus L. 98, 99

Лютик болотный (л. длиннолистный) - ranunculus lingua L. 94, 99

Лютик едкий - Ranunculus acris L. 100

Лютик жгучий - Ranunculus flammula L. 100

Лютик ползучий - Ranunculus repens L. 85, 100

Люцерна серповидная - Medicago falcata L. 100

Льнянка обыкновенная - Linaria vulgaris Mill. 100, 164

Майник двулистный - Majanthemum bifolium (L.) F. W. Schmidt 77, 80

Манник водный - Glyceria aquatica (L.) Waheb. 90, 91

Марьянник луговой (иван-да-марья) - Melampyrum pratense L. 84

Мать-и-мачеха -Tussilago farfara L. 85, 100

Медуница неясная - Pulmonaria obscura Dum. 78, 80, 83, 84

Медуница лекарственная - Pulmonaria officinalis L. 73

Медуница узколистная - Pulmonaria angustifolia L. 73

Мимозка - Lagonychium farctum (Banks, et Sol.) Bobr. 126

Миндаль бухарский - Amygdalus turcomanica Linez. 150, 151

Миндаль колючий - Amygdalus spinosissima Bge. 150, 151

Миндаль низкий (бобовник) - Amygdalus папа L. 123

Мниум - Mnium cuspidatum Hedw. 83

Молиния голубая - Molinia coerulea (L.) Moench. 73, 78, 80

Молочай лозный - Eurphorbia virgata Waldst. et Kit. 92

Молочай Сегьера - Eurphorbia seguieriana Neck. 115

Морошка - Rubus chamaemorus L. 58, 108

Мыльнянка лекарственная - Saponaria officinalis L. 100

Мытник пестроцветный (м. Эдера) - Pedicularis versicolor Wahld. 65

Мята полевая - Mentha arvensis L. 100

Мятлик болотный - Poa palustris L. 93, 94, 95, 99, 102, 103

Мятлик луговой - Poa pratensis L. 91, 94, 95, 100, 101, 102

Мятлик луковичный - Poa bulbosa L. 117, 126, 129

Нанофитон ежевидный (тас-биюргун) - Nanophyton erinaceum Bge. 126, 137"

Недотрога - Impatiens noli-tangere L. 73, 83, 85

Нивяник обыкновенный - Leucanthemum vulgare Lam. 100

Ноэа мучнистая - Noaea mucronata (Forsk) Asch. et Schwein. 154

Овсяница гигантская - Festuca gigantea (L) Vill. 83

Овсяница желобчатая (типчак) - Festuca sulcata Heck. 93, 112

Овсяница красная - Festuca rubra L. 90

Овсяница лесная (о. высокая) - Festuca altissima All. (F. sylvatica (Pall.) Vill.) 84

Овсяница луговая - Festuca pratensis Huds. 93, 94, 95, 99, 102

Овсяница овечья - Festuca ovina L. 90, 93, 99

Овсяница пестрая - Festuca varia Hamke. 150

Одуванчик лекарственный - Taraxacum officinale Wigg. 91

Ожнка волосистая - Luzula pilosa (L) Witld. 84

Ольха черная -Ainus glutinosa (L) Gaertn. 73, 82, 108

Осина - Populus tremula L. 122

Осока бледноватая - Carex pallescens L. 91

Осока вздутая (илак) - Carex physodes М. О. 91, 126, 129

Осока водная - Carex aquatilis Wheb. 94

Осока волосистая - Carex pilosa Scop. 73, 77, 78, 84

Осока дернистая - Carex caespitosa L. 90, 91, 94, 95, 101, 102

Осока желтая - Carex flava L. 91

Осока заячья - Carex leporina L, 100

Осока лисья - Carex vulpina L. 91, 94, 95, 99, 100, 102

Осока низкая - Carex humilis Zeyss. 112, 150

Осока омская - Carex omskiana Metnsh. 91, 94, 109

Осока острая - Carex acuta L. 90, 91, 93, 94, 95, 102, 109

Осока пальчатая - Carex digitata L.

Осока песчаная - Carex arenaria L. 127

Осока пузырчатая - Carex vesicaria L. 94, 95, 100, 101, 102, 109

Осока ранняя - Carex praecox schreb. 84, 91, 100

Осока сероватая - Carex canescens L. 91

Осока шаровидная (осочка) - Carex globularis L. 80

Осот полевой - Sonchus arvensis L. 95, 123

Очанка - р. Euphrasia L. 99

Очиток едкий - Sedum acre L. 153, 165

Очиток пурпурный - Sedum purpureum (L.) Schult. 153

Папоротник болотный (телиптерис болотный) - Thelypteris palustris Schott. 73, 109

Папоротник женский (кочедыжник женский) - Athyrium filix femina (L.) Roth. 73

Папоротник мужской (щитовник) - Dryopteris filis-mas (L.) Roth. 76, 83, 84

Папоротник орляк - Pteridium aquilinum (L.) Kuhn. 77, 78

Папоротник страусник обыкновенный - Matteuccia struthiopteris (L.) Тоdaro 83

Папоротник широкий (щитовник широкий) - Dryopteris dilatata (Hoffm) A. Gray 83

Парнолистник крупнокрылый - Zygophyllum macropterum С. А. М. 151

Пастушья сумка - Capsela burca pastoris (L.) Med. 100

Пельтигсра - Peltigera aphthosa (L.) Willd. 83

Перловник поникший - Melica nutans L. 73

Петросимония усеченная - Petrosimonia brachiata Bge. 116, 145

Плаун булавовидный - Lycopodium clavatum L. 76, 84

Плеврозиум Шребера - Pleurozium schreberi (Willd.) Mitt. 85

Погремок весенний - Rhinanthus vernalis (Ling) schischk et Serg. 99

Подмаренник настоящий - Galium verum L. 153

Подмаренник северный - Galium boreale L. 94, 95

Подорожник большой - Plantago major L. 94, 95, 102

Полевица гигантская - Agrostis gigantea Roth. 94, 102

Полевица побегообразующая - Agrostis stolonifera L. 90

Полевица собачья - Agrostis canina L. 91, 93

Полевица тонкая - Agrostis tenuis Sibth. 100

Полынь австрийская -Artemisia austriaca Jack. 120, 123

Полынь белоземельная - Artemisia terrae-alba Krasch. 112, 142

Полынь горькая - Artemisia absinthium Schrenk. 123

Полынь Лерха - Artemisia lercheana Web. 120, 123

Полынь Маршалла - Artemisia marschalliana Spreng. 117

Полынь нитратная - Artemisia nitrosa Web. 115

Полынь песчаная - Artemisia arenaria D. С. 117

Полынь раскидистая - Artemisia fasciculata М. В. 121, 129

Полъшь седая - Artemisia incana Kell. 130

Полынь солянковидная - Artemisia salsoloides Willd. 131, 152

Полынь сублессинговая - Artemisia sublessingiana Krasch. 117

Полынь туркменская - Artemisia turcomanica Gand. 126, 129

Полынь холодная - Artemisia fregida Willd. 115, 117

Полынь черная - Artemisia pauciflora Web. 115, 123

Полынь Шренка - Artemisia schrenkiana Lab. 115

Порезник сибирский - Libanotis sibirica С. А. М. 153

Поташник каспийский - Kalidium caspicum (L.) Ung-Sternb. 24, 48, 126, 130, 133, 139, 152

Прибрежница (ажрек) - Aeluropus littoralis Parl. 53, 121, 133, 141

Пролесник многолетний - Mercurialis perennis L. 83, 84

Прострел раскрытый (сон-трава) - Pulsatilla patens Mill. 73, 153

Псоралея - Psoralea drupacea Bge. 126

Пупавка красильная - Anthemis tinetoria L. 85, 99, 100

Пустырник сердечный - Leonurus cardiaca L. 84

Пушица влагалищная - Eriophorum vaginatum L. 62, 65, 80, 84, 108

Пушила многоколосковая - Eriophorum polystachion L. 109

Пырей гребневидный - Agropyron pectiniforme Roem. 153

Пырей ползучий - Elytrigia repens (L.) Nevski (Agropyron repens Beav.) 91, 94, 98, 102, 155

Пырей собачий (рэгнерия собачья) - Roegneria canina (L.) Nevski (Agropyron caninum Beauv) 100

Ракитник русский - Cytisus ruthenicus Fisch. 153, 166

Рдест - р. Potamogeton L. 106

Реамюрия амударьинская - Reaumuria oxiana (Ledb.) Boiss. 126, 127

Реамюрия кустарниковая - Reaumuria frutrcosa Bge. 130, 151

Ритидиадельфус - Rhytidiadelphus triquetrus (Hedw.) Lindb. 83, 92

Рогоз узколистный - Typha angustifolia L. 53, 140

Рогоз широколистный - Typha latifolia L. 107

Рогоплодннк плавающий (водяной орех) - Trapa natans L. 142

Рододендрон .желтый - Phododendron flavum Don. 147

Ромашник тысячелистиый (пиретрум) - Pyretrum achilleifolium M. В. 116,. 117, 123

Сабельник болотный - Comarum palustre L. 73, 106

Саксаул белый - Haloxylon \_persium Bge. 126, 127, 138

Саксаул Лемана - Arthrophytum lehmannianum Bunge. 48, 152

Саксаул черный - Haloxalon aphyllum (Minkuw.) Iljin 23, L26, 128

Сарсазан - Halocnemum strobilaceum (Pall.) M. B. 24, 100, 107, 129, 130, 133,139, 140, 141, 162

Сведа мелколистная - Suaeda microphylla Pall. 53, 137

Сведа разнолистная - Suaeda heterophylla Bge. 145

Свинорой пальчатый - Cynodon dactylon (L.) Pers. 80, 84

Седмичник европейский - Trientalis europaea L. 76

Селезеночник очереднолистный - Chrysosplenium alternifoium L. 73

Селин (аристида перистая) - Aristida pennata Trin. 127, 133

Селитрянка Шобера - Nitraria schoberi L. 133

Сердечник луговой - Cardamine pratensis L. 100

Сивец луговой - Cuccisa pratensis Moench. 99

Синеголовник плосколистный - Eryngium planum L. 100

Ситник нитевидный - Juncus filiformis L. 99, 155

Ситник тощий - Juncus macer S. Т. Gray. 84, 100, 155

Ситняк обыкновенный - Eleocharis palustris (L.) R. Br. 155

Скабиоза исетская - Scabiosa isetensis L. 117, 152

Скерда кровельная - Crepis tectorum L. 100

Скерда тупоконечная - Crepis praemorsa (L.) Tausch. 100

Смолевка волжская - Silene Wolgensis (Willd.) Bess. 117

Смолевка поникшая - Silene nutans L. 83

Смолевка обыкновенная (хлопушка) - Silene vulgaris (Moench.) Garske 100

Смородина черная - Ribes nigrum L. 78, 84, 93, 100

Сныть обыкновенная - Aegopodium podagraria L. 73, 77, 85

Солодка голая - Glycyrrhiza glabra L. 121, 128, 133, 153

Солянка восточная - Salsola orientalis S. G. Gmel. 126, 140

Солянка древовидная (боялыч) - Salsola arbuscula Pali. 140

Солянка лиственничная - Salsola laricina Pall. 142, 143, 156

Солянка Рихтера - Salsola richteri Karel. 126

Сосна обыкновенная - Pinus sylvestris L. 13, 68, 70, 73, 82, 100

Спирея зверобоелистная - Spirea hypericifolia L. 115, 117

Сусак зонтичный - Butomus umbellatus L. 120

Сушеница болотная - Gnaphalium uliginosum L. B4

Сфагнум балтийский - Sphagnum balticum Russ. 84, 108

Сфагнум бурый - Sphagnum fuscum (Schimp.) Klingr. 108

Сфагнум Варнсторфа - Sphagnum warnstorgii Russ. 84

Сфагнум Гиргензона - Sphagnum girgensohnii Russ. 84

Сфагнум компактный - Sphagnum compactum D. C. 84

СсЬагнум магелландский - Sphagnum magellenium Brid. 84

Сфагнум средний - -Sphagnum medium Limp. 84, 108

Таволга вязолистная - Filipendula ulmaria Max. 73, 83, 94, 99, 102

Таволга шестилепестная - Filipendula hexapetala Gilib. 85, 112

Тамарикс развесистый (гребенщик) - Tamarix ramosissima Ldb. 23, 128,137, 139, 141, 155

Тамарикс солончаковый - Tamarix hispida Witld. 126, 137, 139

Терескен серый - Eurotia ceratoides С. А. M. 117, 167

Тимофеевка степная - Phleum phleoides Simk. 153

Тимьян Маршалла - Thymus marschallinus Wilid. 100, 154

Тмин обыкновенный - Carum carvi L. 91, 99

Толокнянка аптечная - Arctostaphylos uva-ursi Spr. 58, 73, 84

Тонконог изящный - Koeleria gracilis Pers. 93, 113

Тонконог сизый -Koeleria glauca D. С. 113

Тополь душистый - Populus suaveolens Fosch. 133, 138

Тортула пустынная - Tortula desertorum 125

Тростник обыкновенный - (Phragmites communis Trin.) Phragmites australis (Cav.) Trin. ex Stend. 7, 53, 91, 106, 120, 127, 133, 137, 139

Тростянка овсяницевая - Scolochloa festucacea Link. 94, 109

Трясунка средняя - Briza media L. 91, 100

Туранга - Populus diversifolia Schrenk. 126

Тысячелистник обыкновенный - Achillea millefolium L. 100

Тысячелистник Гербера - Achillea gerberi M. B. 117

Уруть мутовчатая - Myriophyllum verticillatum L.

Ферула - p. Ferula 126

Фиалка собачья - Viola canina L. 84, 100

Хвощ болотный - Equisetum palustre L. 95, 102, 103, 109

Хвощ луговой - Equisetum pratense -Ehrh. 91

Хвощ полевой - Equisetum arvense L. 91, 95

Хвощ речной - Equisetum fluviatile 90

Хмель - Humulus lupulus L. 83, 85

Цикорий обыкновенный - Cichorium inthybus L. 145

Частуха подорожниковая - Alisma piantago-aquatica L. 106, 155

Чемерица черная - Veratrum nigrum L. 92

Череда трехраздельная - Bidens tripartitus L. 155

Черника - Vaccinium myrtillus L. 66, 73, 76, 77, 80, 83, 84

Черноголовка обыкновенная - Prunella vulgaris L. 100

Чий - Lasiagrostis splendens (Trin.) Kunth. 6,. 23, -1^3^137

Чина клубненосная - Lathyrus tuberosus L. 123

Чина луговая - Lathyrus pratensis L. 94, 95, 99, 100, 102

Чингиль Halimodendron halodendron (Pall.) Vos. 138, 140

Чистец прямой - Stachis recta L. 123

Шиповник коричный - Rosa cinnamomea Herr. 93, 142

Щавель конский - Rumex confertus Willd. 91

Эриантус равенский - Erianthus raven-nae (L) P.'В. 145

Эфедра хвощевая (хвойник) - Ephedra 151

Ясень обыкновенный- Fraxinus excelsior L. 73, 77, 108

Ярутка галмейная - Thiaspi calaminarium

Ясменник душистый - Asperula odorata L. 73, 77, 78, 80

Ястребинка волосистая - Hieracium pilosella L