

Лекция 1

Геоботаническое картографирование. Понятие и его структура.

Вопрос о том, что карта растительности является одним из необходимых условий для выполнения природного и в особенности геоботанического районирования, подымался неоднократно. Однако он никогда не был в достаточной степени разработан. В настоящее время этот вопрос должен ставиться на обсуждение в новом аспекте в связи с более ответственными задачами природного районирования, а в особенности с учетом возросших возможностей, которыми располагает современная картография растительного покрова. На основе обзорных карт мира и материков может быть внесен корректив в разделение земной поверхности на пояса, области и составляющие их зоны.

Крупномасштабная карта растительности — необходимый инструмент для дробного, или низового, геоботанического районирования природных ландшафтов, а также отдельных массивов хозяйственного использования. Низовое геоботаническое районирование с точки зрения принципов его осуществления очень мало разработано, несмотря на то что оно при обретае все большую и большую актуальность. Только при наличии геоботанической карты надлежащего содержания возможно районирование с учетом динамического состояния растительного покрова. Карта обеспечивает возможность районировать с учетом количественных показателей, характеризующих структуру растительных ассоциаций и их экологические связи.

Перед геоботаниками встает «двуплановая» проблема: 1) совершенствовать принципы и методы районирования за счет полного использования возможностей, заключенных в карте растительности; 2) добиваться повышения информационной емкости карт растительности разных масштабов применительно к задачам геоботанического районирования. Интересующая нас проблема может быть разрешена только при разностороннем к ней подходе. Ниже имеются в виду преимущественно некоторые вопросы теории геоботанического районирования в их новом освещении, определившемся на современном этапе развития учения о растительном покрове. Исходя из принципов и задач геоботанического районирования, должно ставить и разрабатывать теоретические и методические вопросы картографии растительности, имеющие назначение способствовать рациональной классификации территории по признакам растительного покрова.

В последние годы наметился перелом в развитии геоботаники. На месте нескольких обособленных региональных направлений, именуемых школами (школа Цюрих-Монпелье, Скандинавская, Англосакская и др.), по-своему освещавших все теоретические аспекты фитоценологии, создается единое учение о растительном покрове, творчески разрабатываемое геоботаниками многих стран. Это учение впитывает в себя лучшие традиции региональных школ, но в его рамках развиваются также новые направления. Они основаны на внедряющихся в геоботанику физико-химических и математических методах, а также кибернетических, общеэкологических и ландшафтно-географических идеях.

Не только в СССР, но и во многих других странах теория фитоценологии в последние годы успешно освобождается от несостоятельных философских концепций и целенаправленно или стихийно обогащается положениями, созвучными диалектическому материализму. Это способствует тому, что в Мировой геоботанической литературе с каждым годом все отчетливее ощущается нарастание интереса к конструктивным геоботаническим проблемам. Если до 60-х годов нынешнего века для геоботаники было характерно очень замедленное развитие, то в дальнейшем мы можем рассчитывать на опережающие темпы по сравнению с некоторыми другими биогеографическими дисциплинами. При современных ситуациях по-иному складываются и исходные положения геоботанического районирования. В прошлом проблема районирования в основном сводилась к установлению разного ранга геоботанических рубежей. В качестве исходного материала большое значение имели при этом ареалы доминирующих и в других отношениях показательных растений, а также различного вида физико-

географические границы. Такой подход к районированию в настоящее время недостаточен.

К тому же он неизбежно субъективен, так как существует много геоботанических рубежей, и для того чтобы выбрать из них рубеж, ограничивающий геоботанический район, необходим надежный критерий. Этот критерий мы приобретаем, изучая геоботаническую структуру территории (типичные растительные ассоциации, их экологические ряды и географические связи). Проблема геоботанического районирования, возникшая в нашей стране почти 50 лет тому назад, в настоящее время перерастает в проблему классификации территории по признакам растительного покрова. При этом на первый план выступает территориальная структура растительности, а не создание сетки геоботанических границ, которые к тому же могут быть разных типов (отчетливые, расплывчатые и др.).

При классификации территории (этот термин хорошо передает содержание, которое мы вкладываем в районирование на современном этапе развития науки) основное внимание должно быть уделено количественной оценке строения и разнообразных связей растительного покрова района. В этой связи продолжают сохранять свое значение карты ареалов отдельных видов и границ различных экологических и ландшафтных факторов. Однако основное значение для классификации территории имеют не они, а типологические карты растительности, насыщенные аналитической и синтетической информацией. Такие карты дают представление о структуре растительности классифицируемой местности и не могут быть заменены ничем. Очень важны для районирования серии сопряженных карт различных компонентов природы (Сочава, 1965). При их сравнительном анализе выявляются географические и экологические связи растительных группировок районированной местности. Часть этих связей может быть выражена математически.

Лекция 2

Картографирование растительного покрова

Числовые характеристики функциональных и другого вида связей между структурными элементами района и действующими внутри него процессами требуют усовершенствования программы геоботанических исследований, на основе которых районирование осуществляется. Необходимы не только маршрутные, но также стационарные или полустационарные исследования, организуемые сейчас в ряде районов нашей страны. В программу стационарных исследований, если имеется в виду использовать их результаты при районировании, должны входить крупномасштабные съемки растительности с параллельным анализом аэроснимков. Эти съемки призваны способствовать дешифрированию аэроснимков, что является одной из основных подготовительных операций при классификации территории. Съемки растительности в крупном масштабе имеют также назначение выявить динамические проявления в растительных сообществах.

Опыт крупномасштабного картографирования с этой целью, произведенный на южнотаежном стационаре Института географии Сибири и Дальнего Востока, дал положительные результаты, существенные для дробной классификации территории. В качестве эталона этот опыт может быть использован при районировании второго порядка. Из числа форм обобщения первичных материалов геоботанических исследований очень существенны параллельно разрабатываемые классификация и ординация растительности. Вопрос о принципах классификаций в связи с районированием и картографированием уже обсуждался (Сочава, 1961 и др.).

Под ординацией растительности мы понимаем систематизацию биотических и экологических связей внутри сообщества с учетом количественных показателей и на основе широкого использования математических методов. Ординация растительности не исключает необходимости ее классификации — то и другое суть методы установления

связи между растительными сообществами и средой, а также между отдельными элементами сообщества и экологическими условиями внутри него.

Классификация обеспечивает нам представление о качественном разнообразии растительных сообществ геоботанического района, а также о количественном соотношении между отдельными его таксонами. Ординация необходима для выявления различных соотношений как между компонентами растительности, так и между ней и факторами окружающей среды. Данные ординации растительности, обработанные современными математическими и статистическими методами, призваны обеспечить основу для построения числовой модели геоботанического района, характеризующей его главные структурные черты.

Для познания структуры растительности района и построения модели в равной мере необходимы как аналитические, так и синтетические данные о растительных группировках. Современные фитоценологи проявляют большой интерес к изучению синузий, экологических групп, фитоцено типов, консорций и других элементов сообщества. Все это ведет к углубленному познанию растительности и обязательно должно сопровождаться картографированием для установления существующих пространственных соотношений.

Меньшее внимание со стороны фитоценологов обращается на то, что одновременно на основе этих аналитических данных должен следовать синтез и создавать новый, более точный образ сообщества как целого, или точнее как системы, в пределах которой все биологические компоненты взаимодействуют со средой.

При фитоценологических исследованиях используются описательные, инструментальные и экспериментальные методы. Инструментальные измерения используются при изучении экотопа: определения уровня освещенности, влажности воздуха и почв, газообменных процессов в фитоценозе и т.п.

Лекция 3

Специальные геоботанические карты

При создании карт растительности ставится задача отобразить закономерности распространения растительных сообществ на земной поверхности. По содержанию эти карты могут быть *флористическими*, передающими распространение отдельных видов (ареалов), и *геоботаническими*. На геоботанических картах отображаются пространства, занятые определенными типами растительных сообществ (ассоциаций, формаций и др.).

Объектом геоботанического картографирования может быть как современный растительный покров, так и растительность, существовавшая на территории до ее заселения человеком. В настоящее время выделяют три вида карт: карты *восстановленного* растительного покрова, которые дают представление о коренной растительности (лесной, степной); карты *современного* растительного покрова (фактические) с учетом степени сельскохозяйственного освоения территории; *динамические* карты, отражающие возрастные смены растительных сообществ, вызванных как воздействием человека, так и обусловленные факторами среды, например деятельностью текущих вод, пожаров, вырубки и т. д.

Отличительной особенностью геоботанических карт является содержание их легенд. В них нередко наряду с характеристикой растительного покрова раскрываются особенности экологических условий: рельефа, климата, почв. Легенда карт создается на основе единой классификации растительных сообществ. При ее построении учитывается не только флористический состав, структура фитоценозов, но и преобладающие жизненные формы (древесная, кустарниковая, подушковидная растительность и др.).

Оформление геоботанических карт многокрасочно. В основе их цветовой шкалы использован принцип, отображающий особенности экологических условий фитоценозов и их классификационную соподчиненность. На картах крупного масштаба применяются также условные знаки. Для обозначения основных типов растительности используются

следующие цветовые обозначения: тундра показывается розовым цветом, темнохвойные леса — фиолетово-коричневым, широколиственные леса — зеленым, болотная растительность — синим и т.д. Примером оформления подобного типа карт может служить Геоботаническая карта СССР масштаба 1 : 4 000 000. Советскими картографами разработан также проект международной шкалы для геоботанической карты мира.

Содержание геоботанических карт в значительной степени определяется ее масштабом. Выделяют четыре группы карт, которые в зависимости от масштаба отображают определенные категории растительного покрова (табл. 5)

Таблица 5

Группа	Масштаб	Единицы растительного покрова
Детальные крупномасштабные	1 : 5 000—1 : 25 000	Ассоциации, главнейшие ассоциации
Обобщенные крупномасштабные	1 : 50 000—1 : 100 000	Группы ассоциаций
Среднемасштабные региональные	1 : 300 000—1 : 1 000 000	Главнейшие группы ассоциаций
Мелкомасштабные	1 : 1 500 000—1 : 4 000 000	Формации

Геоботанические карты крупного масштаба создаются на основе материалов полевой съемки. Поскольку границы растительности на местности прослеживаются визуально, в геоботаническом картографировании применяются топографические методы, включая также и дешифрирование аэрофотоснимков.

При полевом изучении растительного покрова выявляются наиболее типичные ассоциации, которые занимают наибольшую площадь и соответствуют определенным экологическим условиям. С этой целью производится описание *пробных ботанических площадок*. Составляется также гербарий, который используется для точного определения видового состава ассоциаций. Закономерности распространения ассоциаций, установленные по маршруту, отображаются на геоботаническом профиле. Зарисовка профиля ведется в соответствии с выбранным масштабом.

Геоботаническое дешифрирование аэроснимков. Для изучения растительного покрова в настоящее время широко применяются аэроснимки. Объектом исследования на них являются фитоценозы.

На аэроснимках масштабов 1 : 10 000 — 1 : 25 000 практически различимы все типы растительности: тундра, леса, пустыни, болота и др.

Дешифровочными признаками для распознавания растительности являются: тон фотоизображения (обусловлен цветом растительности) и структура фотоизображения, которая отражает морфологию фитоценоза.

Фотоизображение лесной растительности имеет характерную зернистую структуру, так как на аэроснимках изображаются проекции крон деревьев разной величины и очертаний. Установлено, что каждая лесообразующая порода на снимке распознается по определенной форме зернистой структуры фотоизображения (рис. 81). Эффективность дешифрирования резко повышается при применении цветных и спектральных снимков.

Легко различимы на аэроснимках типы тундр (лишайниковые, моховые, мохово-кустарничковые, арктические), типы болот. Например, в пределах верхового болота по структуре фотоизображения достоверно распознаются сфагновые сосняки, сфагново-кустарничковая ассоциация и др. (рис. 82). Разработана также методика дешифрирования растительных ассоциаций пустынь.

При геоботаническом дешифрировании мы получаем, прежде всего, качественную характеристику растительности. Она включает получение таких показателей, как определение границы контура фитоценозов, определение их видового состава.

При геоботаническом дешифрировании получают также объективные количественные показатели. Измерительное дешифрирование имеет большое значение при изучении лесной растительности. По аэроснимку могут быть определены такие показатели, как высота леса, толщина стволов, расстояние между деревьями.

Основываясь на этих данных, получают также хозяйственную (таксационную) характеристику леса.

Дешифрирование растительности широко применяется при геоботаническом картографировании.

Методы геоботанического картографирования. В настоящее время для создания геоботанических карт крупного масштаба (1 : 5000— 1 : 25 000) применяются сплошные контурные съемки с применением инструментальных и полуинструментальных методов.

При съемке в масштабе 1 : 100 000 на больших площадях применяется метод маршрутной съемки. Маршрут прокладывается с учетом рельефа в виде экологических рядов. Граница контуров на межмаршрутных участках определяется путем интерполяции. Контурная и маршрутная съемки производятся на топографической основе.

Среднемасштабные карты создаются методом полевого маршрутного рекогносцировочного обследования. Применяются также камеральные методы с использованием топографических, специальных карт и аэрофотоснимков. По маршруту производится описание растительных ассоциаций, определяются их дешифровочные признаки, опознаются границы контуров. В настоящее время все более широкое применение находит аэрогеоботаническая съемка. Этот метод позволяет в кратчайший срок картографировать большие труднодоступные территории тундры, пустыни, тайги. Работа геоботаника в полете сводится к определению по маршруту каждого контура фитоценоза и опознанию его на аэрофотоматериалах (фотосхеме).

Геоботанические карты имеют большое практическое значение. Учитывая это, для решения народнохозяйственных задач составляются специальные карты, на которых, помимо геоботанических данных, показываются дополнительные хозяйственные элементы. К специальным картам относятся: лесные карты, карты пастбищ и кормовых угодий. Особый вид представляют *индикационные* карты. На них растительный покров избран в качестве индикатора для определения глубины залегания подземных вод, степени засоленности почв, поиска полезных ископаемых и т. д.

Изображение растительного покрова на топографических картах. Современные топографические карты содержат достаточно подробную характеристику растительного покрова. При изображении растительности топографы придерживаются классификации, принятой в геоботанике. Однако в отличие от собственно геоботанических карт, в основу классификации на топографических картах взяты *жизненные формы* растений.

На топографических картах масштабов 1 : 10 000—1 : 25 000 выделяют следующие жизненные формы: древесная растительность, кустарниковая, травяная, кустарничковая, мохово-лишайниковая. Выделяется также культурная растительность (пашни, фруктовые сады, виноградники и др.). Указанные жизненные формы растений показываются системой условных знаков. Выделены также площади природных угодий: леса, луга, болота, ягельные пастбища и др.

Наиболее подробно на топографических картах отображается древесная растительность. Для ее характеристики приводятся следующие данные: показывается площадь, занятая лесом, и его граница; состав древесных пород I яруса; состояние лесного покрова (сплошной, низкорослый, редкостойный, вырубка); высота деревьев, средний диаметр ствола и расстояние между деревьями. Эти данные приводятся не только для оценки проходимости леса, но и для определения лесохозяйственных свойств,

продуктивности. Указанные характеристики леса получают в процессе полевого и камерального дешифрирования аэроснимков.

На топографических картах подробно отображается болотная растительность. Ее характеристика включает целый комплекс признаков болот: характер растительности (древесная, кустарниковая, кустарничковая, камышовая, тростниковая, моховая и др.); сложный рельеф поверхности и внутренняя гидрографическая сеть; обводненность болот. Последние два признака определяют степень проходимости болот. Установлено, что проходимость болот во многом зависит от характера растительности. К числу проходимых болот относятся сфагново-сосновые, осоковые и мохово-кустарничковые, к непроходимым — хвощовые, моховые с грядово-мочажинным или грядово-озерным рельефом. На топографических картах знак проходимости болот всегда сочетается со знаком растительности и микрорельефа поверхности.

Растительность полупустынь и пустынь на топографических картах показывается знаками полукустарников, которые сочетаются с изображением каменистых россыпей, отдельных деревьев, а также солончаков и такыров.

Аэрофотосъемку для топографических целей следует производить в сроки, которые лучше обеспечивают дешифрирование аэроснимков. Выбор сроков производится с учетом изменений растительных аспектов каждой зоны в течение всего вегетационного периода. Таким образом, в песчаных пустынях аэрофотосъемку лучше производить, когда заканчивается развитие эфемерной растительности, так как точнее определяется степень задернованности поверхности (начало апреля — середина июня). Сроки аэрофотосъемки в лесной зоне устанавливаются с учетом фенологического состояния леса (при отсутствии листвы, при распускающихся листьях, при осенней раскраске листьев). Картограф и топограф должны обладать не только знаниями технологических вопросов, но и хорошо понимать сущность картографируемой растительности, особенности ее фитоценозов. Эти знания необходимы картографу при решении таких вопросов, как правильное использование условных знаков на карте, разработка проекта цветового оформления, решении вопросов картографической генерализации, дешифрирование растительности на аэроснимках и др.

Лекция 4

Составление карт растительного покрова

При составлении геоботанических карт определенной территории обязательно учитываются и используются все существующие виды карт разного масштаба про эту территорию (топографические и специализированные), с их помощью намечаются оптимальные маршруты, уточняются границы контуров, получается дополнительная информация о специальной нагрузке геоботанической карты; необходимо изучение всех имеющихся материалов: аэрофотоснимков, планов лесо- и землеустройства. Эти материалы используются для знакомства с местностью, получения общей и специальной информации, проложения и ориентирования маршрутов и профилей, выбора ключевых участков и в качестве топографической основы для нанесения геоботанических контуров.

Работа по созданию геоботанической карты состоит из нескольких этапов: 1. Предполевого (камерального) периода, 2. Рекогносцировочных исследований, 3. Полевой съемки, 4. Камерального периода. Первые два этапа подготовительные, когда собираются все необходимые материалы по картографируемой территории и объекту.

Лекция 5

Основные принципы системы мониторинга в геоботаническом картографировании

Под мониторингом растительного покрова (РП), или ботаническим мониторингом (БМ) понимается специальное длительное слежение за его состоянием (флорой и растительностью) на постоянных пробных площадях и ключевых

участках . БМ – это один из главных методов изучения динамики растительного покрова под воздействием естественных и антропогенных факторов. К сожалению, из-за трудоемкости БМ, до сих пор основным методом изучения динамики РП является метод трансформации пространственных рядов во временные. В этом случае подбираются пробные площади с растительным покровом, находящимся на разной стадии восстановления, затем эти площади выстраиваются в гипотетический ряд последовательных смен, и этот ряд интерпретируется как временной ряд изменения растительного покрова в одном месте, - т.е. на одной пробной площади. Превалирование этого метода над длительным мониторингом стало причиной создания ряда "геоботанических мифов" и теоретических заблуждений. К числу таких мифов принадлежит, например, учение о климаксовой растительности.

Таким образом, БМ следует рассматривать только как метод изучения динамики растительного покрова, его флоры и растительности, и не более. В отличие от метода трансформации пространственных рядов во временные, БМ позволяет выявлять и изучать не только демутиационные смены в РП, но и необратимые изменения. Именно пренебрежение методом БМ привело геоботаников к переоценке роли сукцессионных процессов над необратимыми изменениями. Описательный и классификационный этап развития ботаники, по сравнению с такими науками, как физика и химия, несколько затянулся. Но это и неудивительно, так как ботаникам приходится иметь дело с таким разнообразием объектов, явлений и процессов, которое на несколько порядков выше, чем разнообразие в точных науках.

Изучение **процессов** , а именно изучение **трансформации сложных многокомпонентных систем** , какими являются экосистемы и растительные сообщества, - это следующий этап развития ботаники и зоологии. На первом этапе развития ботаники и геоботаники в том числе преобладало выделение объектов и явлений, их распознавание, детальное описание и классификация. На все это в геоботанике ушло около 200 лет. Да и сегодня описательно-классификационный этап в наших науках все еще в самом разгаре. Особенно в Сибири и на Дальнем Востоке, где все еще немало серых и даже «белых» флористических и геоботанических пятен. Однако, пора переходить ко второму этапу - изучению **динамики** флоры и растительности, так как нерешенность именно этих проблем тормозит развитие общей и прикладной экологии.

Мониторинг растительного покрова должен проводиться на разных уровнях в соответствии с хорологической (пространственной) дифференциацией биосферных систем. Это может быть уровень ландшафтного геоботанического района, уровень мезокомбинации растительного покрова, уровень микрокомбинации и растительного сообщества, или контурфитоценоза. Если мы намереваемся вести мониторинг растительного покрова геоботанического района, то нам следует заложить постоянные пробные площади во всех типах мезокомбинаций и контурфитоценозов, характерных для этого района. С помощью одной пробной площади размером 1 га проводить мониторинг растительного покрова заповедника невозможно. Для этого для равнинного геоботанического района необходимо заложить не менее 10-12 постоянных пробных площадей размером 1 га, а для горного района - не менее 30-40. Именно к такому выводу пришло большинство исследователей, работавших в разных регионах северной Евразии.

Мониторинг растительных сообществ – это мониторинг одного из компонентов локальной экосистемы. Он должен учитывать **характерное время** или **хроноинтервал** этой экосистемы. Хроноинтервал – это время, необходимое для возвращения данной экосистемы в равновесное состояние после отклонения от него. Иными словами, хроноинтервал – это время релаксации экосистемы. Для колебательных систем хроноинтервал – это время полного периода колебания. Для большинства лесных экосистем ранга мезокомбинации растительного покрова хроноинтервал составляет 150-200 лет, для степных экосистем – 50-100 лет, для луговых – 20-30 лет. Но для экосистемы целого геоботанического района (элементарная биосферная система) хроноинтервал имеет

размер 1500-2000 лет (Миркин, 1985; Галанин, 1993, 2000). Для биосферной системы еще более высокого ранга (физико-географической области) хроноинтервал составляет время порядка 10000-20000 лет. Считается, что хроноинтервал биосферы в целом свыше 100000 лет.

Исследования последних 30-40 лет показали, что для изменений климата характерна цикличность. При этом существует не один, а несколько циклов с разными периодами, где короткие циклы накладываются на более длительные. Хорошо доказан и обоснован 11-ти летний цикл колебаний климата, который связывают с колебаниями солнечной активности. Многие авторы указывают на наличие в природе 90-100 летнего цикла. Некоторые исследователи считают, что еще существует 600-700 летний цикл, отражающийся в биосфере, в том числе и в растительном покрове. Если мы сравним длительность этих циклов с характерным временем экосистем разного ранга, то увидим, что эти хроноинтервалы меньше, чем длительность одного цикла. Следовательно, растительность, выводимая из равновесия периодическими изменениями климата, никак не может восстановиться полностью. Пока она восстанавливается, наступает новый цикл, равновесие сдвигается, и снова идет сукцессия.

В условиях перманентных колебательных изменений климата в растительном покрове выработался специальный механизм, который позволяет экосистеме быстро перестраиваться, изменяя состав видов доминантов. Если мы проанализируем видовой состав растительного сообщества, то увидим, что в нем уживаются виды самого разного склада, имеющие разные пределы экологической толерантности. В одной части климатического цикла на данном участке доминируют одни виды, а в другой части активизируются другие виды, а бывшие доминанты переходят в разряд сопутствующих. Такими парами в лесах среднего Сихотэ-Алиня, например, являются дуб монгольский и лиственница даурская, кедр корейский и ель аянская, а в лесах Хэнтей-Чикойского нагорья в Даурии – кедр корейский и лиственница даурская, сосна обыкновенная и лиственница даурская.

При анализе изменений растительного покрова исследователь всегда должен задаваться вопросом о **термодинамической направленности** этих изменений. Одни изменения приводят к росту энтропии открытой системы, а другие, напротив, к ее снижению. В первом случае экологическая система движется к состоянию равновесия со средой обитания, а во втором удаляется от него. При катастрофических изменениях энтропия экосистемы увеличивается, а при сукцессионных снижается. Как исследователь может определить термодинамическую направленность изменения экосистемы и растительности как ее части? Ответить на этот вопрос можно только анализируя динамику **биоразнообразия** растительного сообщества. Если биоразнообразие экосистемы в ходе ее изменения снижается, следовательно, экосистема деградирует, энтропия ее возрастает. Напротив, если биоразнообразие экосистемы увеличивается, - энтропия ее снижается, и система развивается.

Таким образом, важной для мониторинга растительности является оценка биоразнообразия растительных сообществ. Проблема эта не так проста, как это представляется сегодня большинству исследователей. Чаще всего биоразнообразие отождествляется с числом видов, числом родов и семейств. При этом вряд ли кто скажет, когда разнообразие выше, когда в сообществе 20 видов одного рода, или когда в нем 5 видов, но из 2 разных родов. А когда в сообществе только 2 вида, но из 2 разных семейств, это больше, или меньше? По-моему, эту задачу пока даже и не пытались решать.

Но задача может быть осложнена, если мы станем рассматривать не таксоны, а экобиоморфы растений. Порой таксономически близкие виды растений принадлежат к совершенно разным экобиоморфам и, наоборот, таксономически несходные виды растений имеют сходные экобиоморфы. Примеров этого можно привести множество. Геоботаники знают, что биоморфологическое разнообразие чаще всего не совпадает с таксономическим. Но именно биоморфологическое разнообразие является более важным с

точки зрения функциональной структуры растительного покрова. Классификация растительности по доминантным видам и экобиоморфам растений никак не может быть заменена флористической классификацией растительности. Поголовное увлечение только флористической классификацией, несомненно, пагубно скажется на развитии теории мониторинга растительности. Я считаю, что, описывая растительность постоянных пробных площадей, следует очень скрупулезно описывать и учитывать вертикальную надземную и подземную ярусность, фенологическую неоднородность, способы возобновления ценопопуляций растений, способы перенесения растениями неблагоприятных условий и другие биоморфологические особенности.

Наши исследования последних лет показали, что биологическое разнообразие экосистем и сообществ может увеличиваться за счет дифференциации в ценопопуляции особей одного вида, а также за счет формирования особых ценологических неоднородностей, обусловленных взаимодействием особей друг с другом. К этим выводам мы пришли, изучая растительность на постоянных пробных площадях в заповедниках и стационарах, т.е. проводя мониторинг.

При мониторинге растительности следует выявлять ведущие факторы, вызывающие периодические изменения конкретных растительных сообществ. Например, при потеплении и явной аридизации климата в Даурии за последние 30 лет, в некоторых экосистемах верхнего лесного пояса в поймах рек влажность почвы резко возросла за счет более интенсивной оттайки многолетней мерзлоты в гольцовом и подгольцовом поясах. В альпийском поясе Хентея в результате такого потепления многие относительно теплолюбивые виды стали деградировать, так как снегу стало выпадать меньше, и снеговое укрытие в местах перегибов склонов, где перезимовывали эти растения, стало незначительным. Стали гибнуть кусты кедрового стланика, сокращаться ценопопуляции пихты сибирской. При климатических пертурбациях растительность на разных местообитаниях изменяется с разной скоростью и не синхронно. В этом отношении локальная флора не может рассматриваться как система.

Высказанные здесь соображения для многих покажутся дискуссионными. Если это так, то с поставленной целью я справился вполне удовлетворительно.

Лекция 6

Основные программы, используемые в геоботаническом картографировании

Карта растительного покрова изготовлена на основе мультиспектральных спутниковых снимков среднего разрешения Landsat-7/ETM+ (6 спектральных каналов видимого, ближнего и среднего инфракрасного диапазонов, пространственное разрешение 30 м на пиксель). Для обеспечения полного покрытия территории безоблачными ДДЗ было использовано [4 снимка](#) Landsat-7, каждый из которых обеспечивал безоблачное покрытие своей части территории (рис. 2).

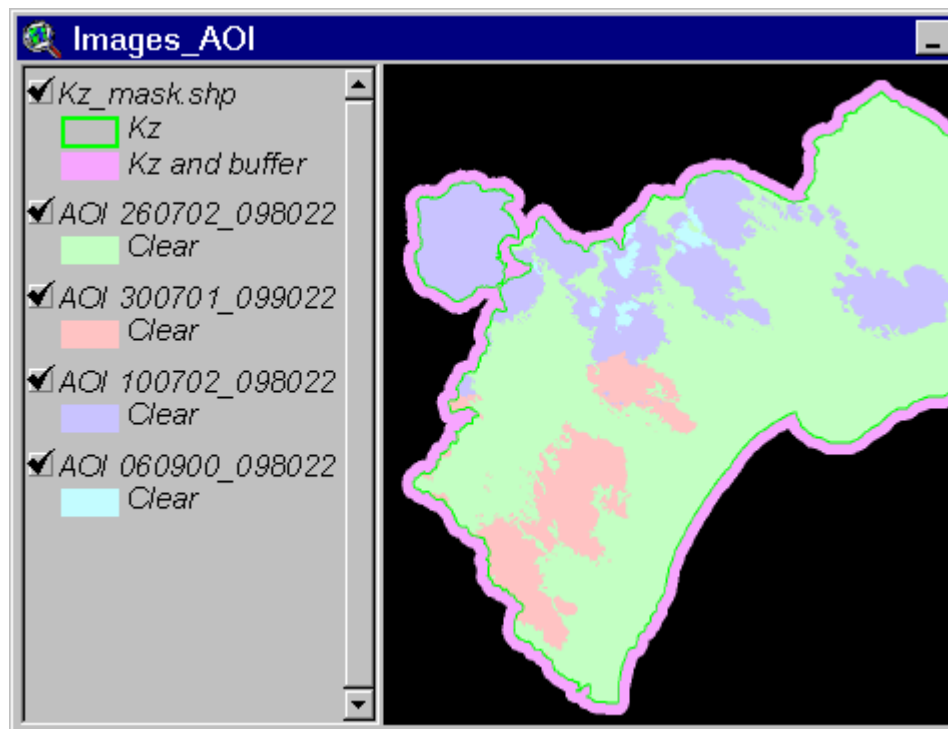


Рисунок 2. Безоблачные участки на снимках, использованных для дешифровки.

Располагаясь в средних широтах, и в тоже время будучи сильно гористой, территория Кроноцкого заповедника даже при летней съёмке оказывается неравномерно освещена. Южные склоны получают избыточное освещение, в то время как северные оказываются в глубокой тени. Для выравнивания уровня освещённости на склонах разной экспозиции и крутизны был использован алгоритм компенсации разницы в освещении ([топографическая нормализация](#)), реализованный в ГИС Erdas Imagine — модель отражения Ламберта. В процессе топографической нормализации имитируется освещение затенённых склонов дополнительным источником света. Топографическая нормализация проводилась с помощью карты подсвеченного рельефа, созданной на основе цифровой модели рельефа. Источник дополнительного освещения был расположен в точке, противоположной положению солнца в момент съёмки (рис. 3).

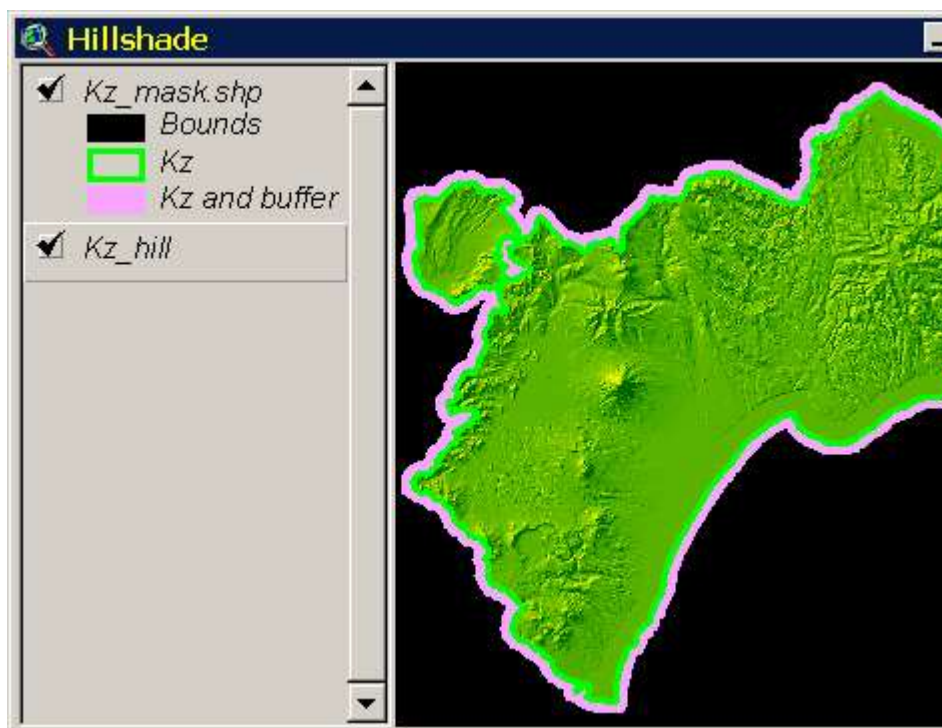


Рисунок 3. Карта подсвеченного рельефа. Источник света расположен в точке, противоположной положению солнца в момент съёмки.

Интерпретация ДДЗ производилась на основании данных полевого обследования территории, тематических и топографических карт, литературных источников, устных сообщений специалистов. Для определения дешифровочных признаков различных типов растительности были использованы данные полевого обследования территории, предоставленные сотрудниками Ботанического Института им. Комарова РАН и кафедры геоботаники Санкт-Петербургского университета В.Ю. Нешатаевой и Ю.Н. Нешатаевым. 2209 геоботанических описаний с названием растительной ассоциации были привязаны к точкам на местности (рис. 4).

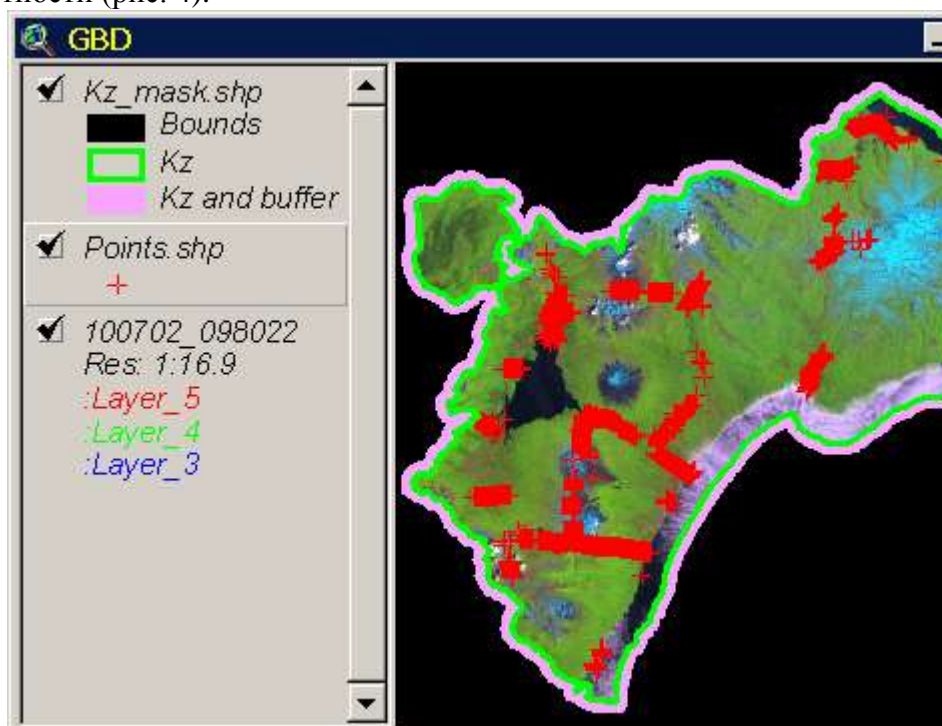


Рисунок 4. Точки геоботанических описаний, предоставленные

С помощью точек геоботанических описаний для каждой растительной ассоциации (будущего класса легенды) по мультиспектральным снимкам строился спектральный профиль — зависимость отражающей способности объектов от длины волны (канала мультиспектрального снимка). Таким способом определялся вес каждого канала в предстоящем дешифрировании. Наибольший вес присваивался тем каналам, для которых степень различий между классами легенды была максимальна (рис. 5).

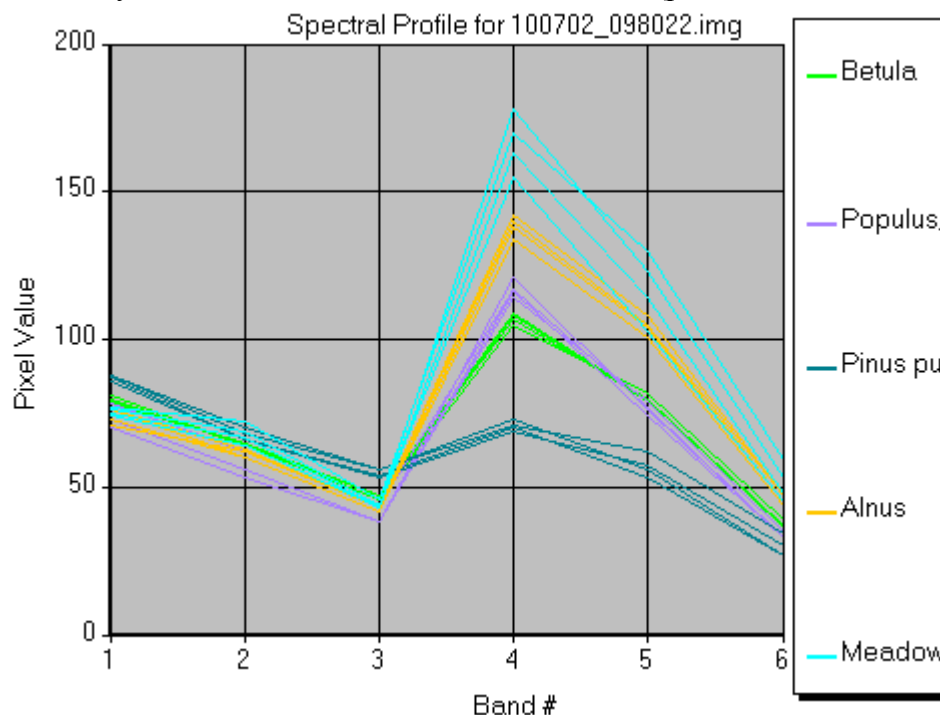


Рисунок 5. Спектральные профили некоторых растительных сообществ. Наибольшие различия наблюдаются в ближнем и среднем инфракрасных диапазонах (4 и 5 каналах).

Интерпретация мультиспектральных снимков производилась в программе NeRIS (Neural Raster Interpretation System), разработанной Инженерно-технологическим центром "[СканЭкс](#)". Для выделения тематических классов программа использует метод искусственных нейронных сетей. Необученная нейронная сеть представляет собой регулярную прямоугольную [решётку](#) 15 x 15, в узлах которой располагаются отдельные нейроны. Обучение нейронной сети производилось с помощью специальных меток (labels) — полигонов, оконтуривающих разные типы растительности. Для исключения краевого эффекта метки были расставлены на однородных, наиболее "чистых" (не смешанных) участках растительности или минеральных поверхностях, занимающих значительную площадь. В процессе обучения нейронная сеть [ориентируется](#) (самоорганизуется, "обучается") в пространстве яркостей мультиспектрального снимка, выявляя внутреннюю структуру многослойного изображения.

Классификация мультиспектрального изображения производилась с помощью обученной нейронной сети. Каждый пиксель относился к тому или иному классу (нейрону), с использованием меры близости City Block. Для более точного разделения исходный снимок классифицировался вначале на заведомо избыточное количество классов — 225 (рис. 6). В результате каждому из 225 нейронов соответствовала группа пикселей, обладавших сходными спектральными характеристиками в исходном мультиспектральном изображении. Затем с помощью обученной нейронной сети для

отклассифицированного изображения создавалась градиентная палитра. Для создания такой палитры в программе используется метафора "ростки цвета" (seeds). Ростки цвета — это отдельные нейроны с [цветом](#), назначенным пользователем. В качестве ростков цвета были выбраны классы нейронной сети, наиболее соответствующие тематическим классам конечной легенды, то есть, наиболее типичные объекты каждого класса конечной легенды, имеющие спектральные характеристики, близкие к тем, которые чаще встречались в обучающих метках. Цвет для визуализации остальных классов генерируется автоматически, за счёт [интерполяции](#) цветов "ростков" с использованием координат Сэммона. В результате чем ближе находятся образы классов в пространстве яркостей исходного изображения, тем ближе их цвет в палитре. В то же время, даже цвета близких классов несколько отличаются, что позволяет визуально структурировать изображение.

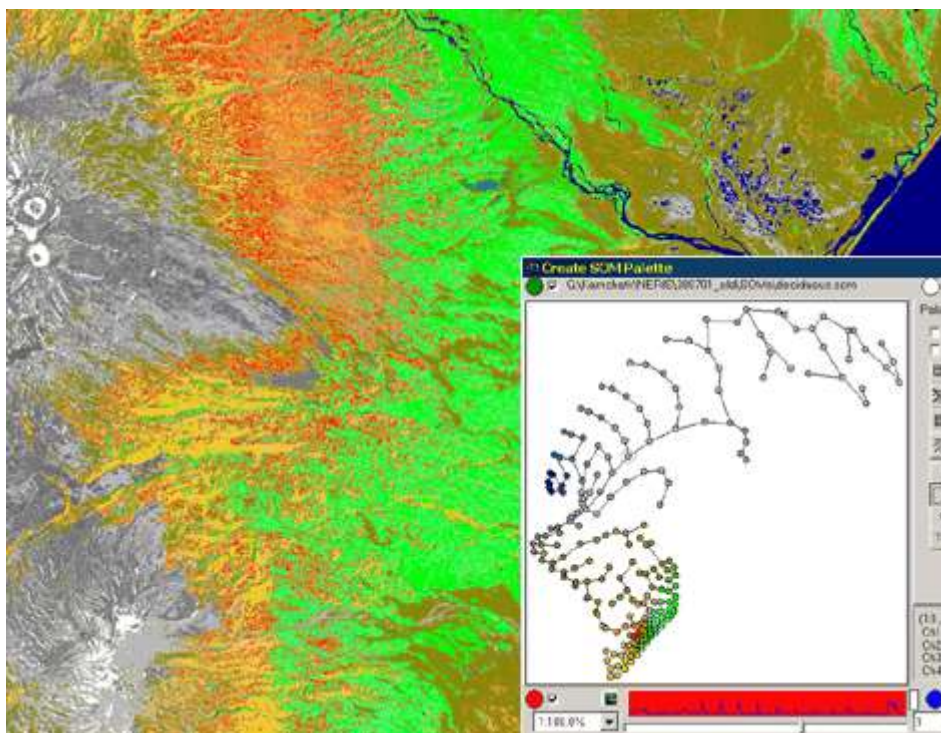


Рисунок 6. Первичная классификация исходного изображения в программе NeRIS. Объекты, обладающие сходными признаками, отображаются близкими цветами. Объекты, обладающие промежуточными характеристиками (смешанные объекты), отображаются переходными оттенками. Отрезками соединяются наиболее близкие по спектральным свойствам объекты.

Затем близко расположенные нейроны объединялись в группы. Значительный избыток классов в результате первичного дешифрирования (225 против 17 в конечной легенде) позволил с наименьшей ошибкой определить границу между близкими по своим спектральным характеристикам объектами. Сначала таким близким объектам присваивался [одинаковый цвет](#), затем производилось объединение объектов с одинаковым цветом в один класс.

Полученные результаты дешифрирования нескольких снимков объединялись в общую карту. После этого проводилось удаление статистически недостоверных объектов (недостоверными условно считались объекты ширина которых составляла 1 пиксель). Для этого растровое изображение обрабатывалось [фильтром](#), который заменяет класс объекта малой площади на класс, преобладающий в окружении. На конечном этапе подготовленные растровые изображения векторизовались, и номера в классах легенды заменялись текстовыми описаниями (рис. 7).

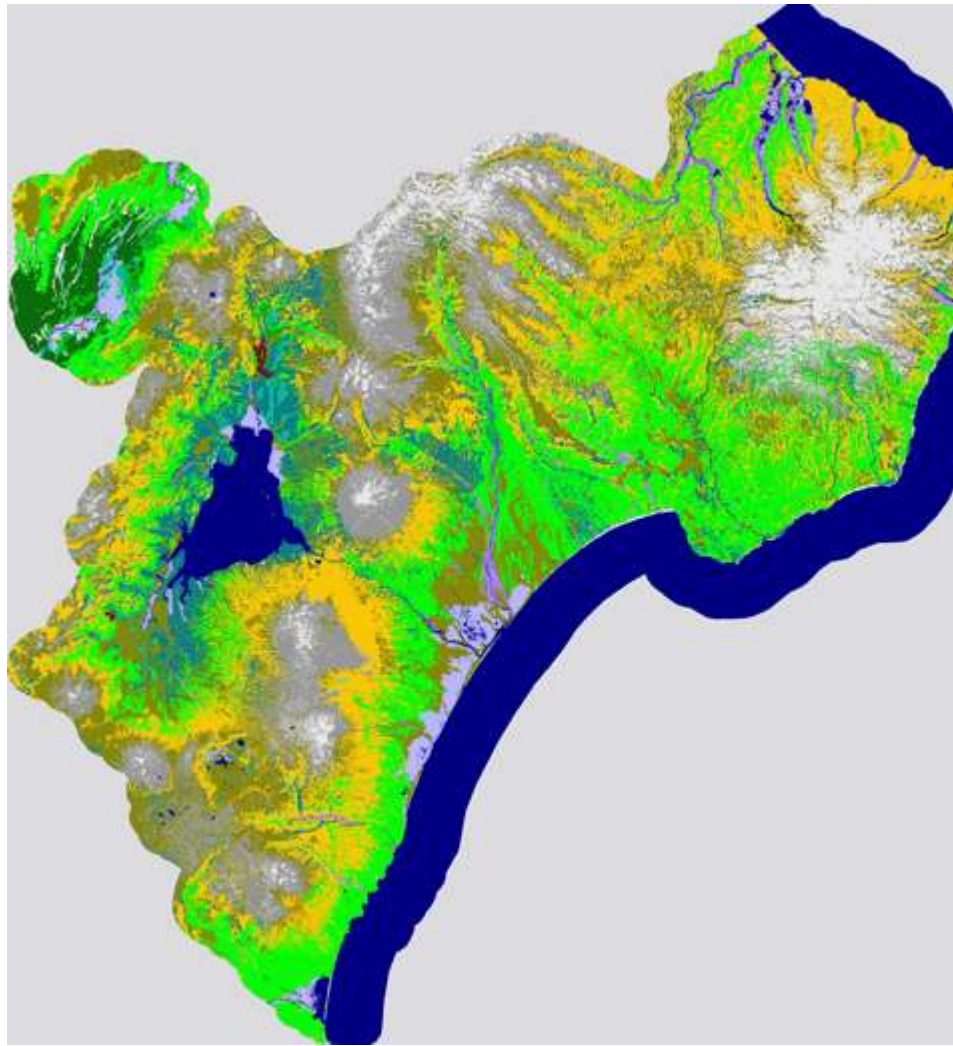




















Рисунок 7. Итоговая карта растительного покрова Кроноцкого государственного заповедника.

- | | | | |
|---|--|---|----------------------------|
|  | — сообщества кедрового стланика |  | — тундры |
|  | — лиственничные редколесья (приморские и горные) |  | — гольцы, шлаковые и |
|  | — лиственничники |  | — пихтарники лаваовые поля |
|  | — пихтарники лаваовые |  | — водоёмы |
|  | — ельники |  | — болота |
|  | — березняки |  | — гари |
|  | — пойменные сообщества (ивняки, тополёвники) |  | — приморские луга |
|  | — сообщества ольхового стланика |  | — суходольные луга |
|  | — разнотравные луга |  | — ледники и снежники |

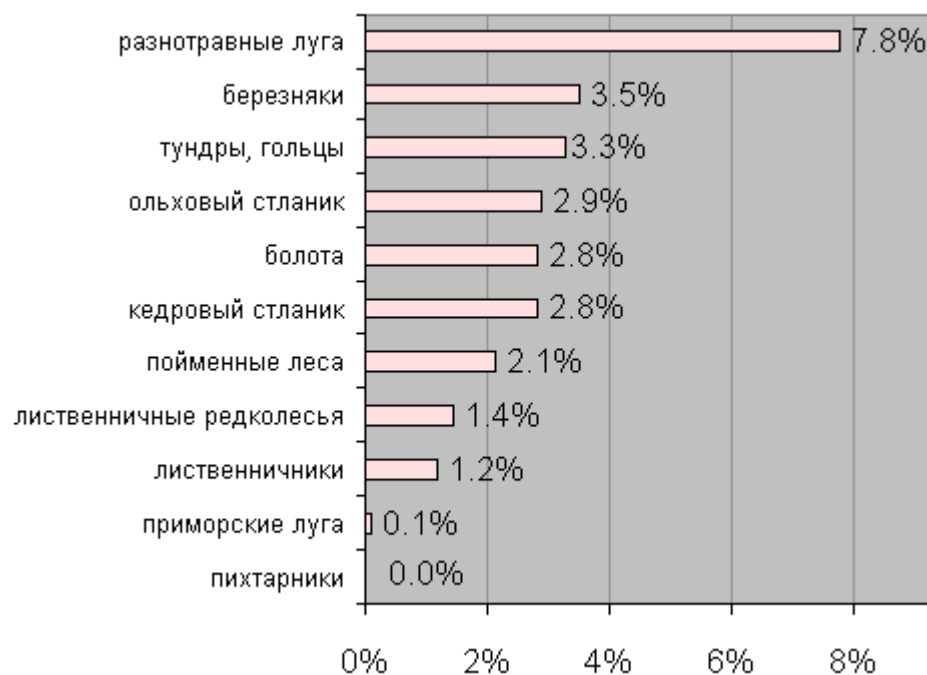


Рисунок 10. Распределение по классам легенды 28 % точек геоботанических описаний, не имеющих в ближайшем окружении полигона с соответствующим растительным сообществом.

Из графика видно, что первое место по количеству ошибок интерпретации занимают луговые сообщества. На них приходится более четверти всех ошибок. В значительной степени это объясняется тем, что луга в Кроноцком заповеднике редко занимают обширные площади. Часто это небольшие луговины, окружённые лесом, либо узкие лентовидные полосы вдоль водотоков. Небольшие объекты могут быть неразличимы на снимках среднего разрешения, если они имеют размеры, сравнимые с ценой пикселя и обладают спектральными характеристиками, сходными с окружающими их объектами. Кроме того, часть пикселей, интерпретированных, как луга, были элиминированы в процессе обработки [фильтром](#). Таким образом, недостаточное пространственное разрешение исходных ДДЗ не позволяет уменьшить ошибку интерпретации, появляющуюся вследствие наличия объектов малой площади.

Использование данных дистанционного зондирования накладывает и другие ограничения на результат. "Взгляд сверху" не даёт возможности заглянуть под кроны деревьев и дать характеристику нижних ярусов в сомкнутых лесных сообществах. Поэтому на карте, созданной на основе ДДЗ, отсутствуют классы легенды, отражающие особенности травяно-кустарничкового яруса, подроста и подлеска, закрытых кронами деревьев. Легенда к настоящей карте содержит 17 классов, уверенно дифференцируемых на мультиспектральных спутниковых снимках среднего разрешения. Наземные обследования территории дают возможность более полно охарактеризовать растительность, учитывая подчинённые ярусы в многоярусных сообществах. Для сравнения можно привести геоботаническую карту Кроноцкого государственного заповедника [3], созданную в 1979 г. Ю.Н. Нешатаевым и содержащую 37 классов легенды. Эта карта была изготовлена на основе материалов 5-летних полевых обследований территории с последующей экстраполяцией с помощью выборочно-статистического метода геоботанического картографирования и с использованием лесоустроительных данных [2].

К неоспоримым преимуществам карты растительного покрова, созданной на основе мультиспектральных снимков среднего разрешения, можно считать её актуальность, пространственную точность, высокую [детальность](#) по сравнению с лесоустроительными

данными [2] и цифровой формат (geotif) с географической привязкой на местности. Всё это даёт возможность использовать полученный результат в различных аналитических целях без дополнительной обработки.

Лекция 7

Мониторинг флоры в геоботаническом картографировании

Основной принцип картографирования природно-территориальных комплексов заключается в представлении их как территорий, которые обладают естественным единством и представляют закономерное сочетание географических объектов.

При картографировании природно-территориальных комплексов совместно рассматриваются характеристики географического положения территории, рельеф, почвенный покров, гидрографическая сеть, растительный и животный мир, а также совокупность климатических факторов. Применение спутниковой съёмки позволяет осуществлять картографирование всех вышеперечисленных компонентов как каждого в отдельности, так и в совокупности, а также позволяет рассматривать природно-территориальный комплекс как целостную систему, состоящую из природных и антропогенных ландшафтов.

При мониторинге природно-территориальных комплексов (далее – ПТК) производится следующий тематический анализ:

- классификация ПТК по типу сочетания природных ресурсов (воды, почв, растительности, животного мира и ландшафтов);
- классификация ПТК по типу устойчивости;
- определение изменений ПТК под влиянием деятельности человека;
- определение видового разнообразия ПТК;
- определение возможности использования ПТК для размещения территориально-производственных комплексов.

Тематический анализ и мониторинг на уровне природно-территориальных комплексов производится для следующих основных нужд:

- оценка состояния особо охраняемых природных территорий;
- исследование природных территорий при подготовке проектов оценки воздействия на окружающую среду;
- оценка экологической ситуации;
- анализ территории на предмет ведения хозяйственной деятельности и выявления возможных её последствий.

МЕТОДИКА СБОРА ПЕРВИЧНОЙ ИНФОРМАЦИИ

Классификация экосистем

Для получения возможности анализа площадных характеристик и распространения собранных полевых данных на всю территорию, для которой проводится мониторинг, применена ландшафтно-типологическая классификация экосистем. Всё ландшафтное разнообразие рассматриваемой территории разделено на конечное количество типов экосистем (с учетом ландшафта, стадии естественного развития древостоя и характера антропогенного воздействия). Для арендуемых лесных участков будет подготовлена карта в соответствии с разработанной классификацией.

Подбор мест для закладки пробных площадей

Для получения информации, позволяющей судить о составе и изменениях флоры и фауны, закладываются постоянные пробные площади (участки наблюдений) для периодического учета. Пробные площади закладываются только на лесных землях³. В каждом из перечисленных типов экосистем закладывается по 3 пробные площади⁴. Данные, собранные на пробных площадях используются для распространения полученных результатов на всю территорию данного типа экосистем в данном географическом районе.

Требования к подбору мест закладки пробных площадей:

Для исключения влияния прочих антропогенных факторов, не связанных с управлением лесами – участки подбираются вдали от населенных пунктов · Для того, чтобы сделать возможными периодические наблюдения на пробных площадях, участки подбираются вблизи дорог круглогодичного использования (в пределах пешей доступности) · Для обеспечения сохранности пробных площадей в ненарушенных экосистемах (девственных лесах) – участки подбираются на территориях с особым охраным статусом (защитные леса, особо защитные участки леса или добровольно сохраняемые предприятием насаждения) · Для исключения субъективного отбора местоположения пробных площадей – выдел, где будет располагаться пробная площадь, выбирается случайным образом из перечня территорий, отвечающих вышеперечисленным требованиям.

Перечень информации собираемой на пробных площадях

Привязка

- лесничество, участковое лесничество, квартал, выдел
- номер делянки
- географические координаты

Общее описание

- положение в рельефе
- характер увлажнения
- тип леса
- тип и стадия естественной динамики леса

Характеристика напочвенного покрова

- состав и проективное покрытие

Дата и особенности проведенной рубки

Характеристика древостоя и структур, важных для сохранения биоразнообразия

- мертвая древесина
- ключевые элементы ландшафта и древостоя
- редкие и уязвимые породы деревьев

Наличие и состояние модельных видов

Наличие и состояние редких и находящихся под угрозой исчезновения видов

Характеристика древостоя

- состав
- возрастная структура древостоя
- наличие, породный состав и обилие сухостоя

Ключевые элементы ландшафта и древостоя

- Скальные выходы, валуны, каменистые россыпи
- Карст (воронки, провалы)
- Валеж (лиственный-хвойный, размер, обилие, степень разложения)
- Выворотни
- Сухостой и пни (лиственный-хвойный, размер, обилие)
- Старые и крупные деревья
- Когортная возрастная структура
- Следы пожаров
- Обилие повисающих лишайников
- Обилие дереворазрушающих грибов

Модельные виды

Учитывая огромное количество видов растений, животных и грибов, обитающих в лесах, для проведения учетов, должны быть подобраны модельные виды. В качестве модельных следует выбирать виды, отвечающие следующим требованиям: · вид является

доминирующим (преобладает по количеству особей или биомассе над другими видами) или эдификатором (создает среду обитания для других видов) и/или вид является показателем (индикатором) важных естественных процессов. Кроме того, вид должен быть легко узнаваем, его учет должен быть достоверным и простым, по возможности, не связанным с определенным сезоном.

Лекция 8

Использование базы данных при составлении геоботанических карт

В последнее время универсальные и оценочные карты занимают важное место в системе управления природными ресурсами и качеством окружающей среды. Вместе с другими картами они являются важной составляющей систем мониторинга состояния природы и необходимы при разработке различных хозяйственных проектов и проведении экологической экспертизы.

К концу истекшего столетия возможности картографического метода исследований необыкновенно расширились за счет создания и внедрения геоинформационных технологий, свободного доступа к материалам дистанционного зондирования. Их применение позволяет при наличии адекватной пространственно распределенной информации по региону создавать практически неограниченное число виртуальных тематических карт и анализировать их в самых различных сочетаниях.

В настоящей статье обобщаются некоторые результаты исследований по крупномасштабному картографированию растительности, выполненных с использованием данных дистанционного и наземного зондирования. Работа состояла из трех этапов (рис. 1).

Предполевой камеральный этап включает:

- сбор информации о территории исследуемого объекта;
- подбор данных космической съемки с различных спутниковых систем;
- обработку космических снимков;
- выполнение автоматической классификации снимков объекта исследования;
- проведение предварительной классификации и создание цифровой прекарты.

Все подготовительные работы начинаются с анализа имеющихся для исследуемой территории проектов лесо- и землеустройства, технико-экономических обоснований проведения хозяйственных и/или природоохранных мероприятий, обработки документов по освоению лесного фонда. Информация, содержащаяся в указанных документах, является основой баз данных, для создания которых осуществлялись: сканирование, привязка лесоустроительных планшетов и абрисов лесосек, векторизация данных и добавление атрибутивной информации.

Для решения задач геоботанического и экологического картографирования в исследованиях используются космические снимки с пространственным разрешением от 8–15 до 30–50 м, получаемые с помощью съемочных систем Landsat ETM+ и TERRA/ASTER (США), SPOT (Франция), ALOS (Япония) и др.

Ряд задач по оценке состояния растительного покрова решается с помощью космических систем, имеющих низкое пространственное разрешение (250–1000 м), типа AVHRR (NOAA), MODIS (США) и др.

В последнее время активно развиваются космические системы со сверхвысоким пространственным разрешением, которые по информативности приближаются к материалам аэрофотосъемки и могут заменить их при оценке состояния растительного покрова на локальном уровне или использоваться выборочно для характеристики отдельных участков на территории регионального уровня. Среди них в данном исследовании применялись космоснимки QuickBird, IKONOS (США).

Обработка материалов космической съемки выполнялась в программном пакете Scanex Image Processor и включала:

- геопроецирование снимка в географическую систему координат WGS84 проекции UTM;

- корректировку привязки снимка по опорным точкам или точному координатно-увязанному снимку;
- увеличение пространственного разрешения многоканальных (многоспектральных) снимков;
- создание синтезированных цветных изображений из комбинации спектральных каналов космического снимка.

Следующая стадия предполевого этапа включала выполнение неконтролируемой (Unsupervised) автоматической классификации, в данном случае – с дальнейшей интерпретацией классов и формированием карты. Автоматическая классификация осуществлялась с помощью специализированных пакетов ENVI или Erdas Imagine. Количество классов при этой обработке в зависимости от качества снимка и поставленных задач составляло от 15 до 25.

После выполнения указанных процедур было получено псевдоцветное изображение – электронная карта (прекарта). Она отражает закономерности распределения определенного (заданного нами) количества классов. Сопоставление данных визуального дешифрирования композитных снимков и прекарты, полученной на основе неконтролируемой классификации, позволяет лучше определить закономерности распределения и разно-образия растительности тестового участка и тем самым более осмысленно подойти к анализу использованных материалов.

Полевые исследования

Собранная информация позволила наметить расположение точек для сбора фитоценологических описаний с целью более точной интерпретации полученных классов. Проведен сбор данных о состоянии растительности классическими геоботаническими методами, но с использованием GPS-приемника для привязки точек описаний и треков путевых маршрутов. При проведении работ сопоставлялись предварительные результаты дешифрирования космоснимков с наземными данными. В зависимости от полученных результатов ранее выделенные классы могли объединяться или, наоборот, разделяться на несколько независимых. Количество точек описания для каждого класса могло варьировать в зависимости от однородности или неоднородности рисунка растительного покрова. Для всех новых или сложных для интерпретации классов количество точек описания было увеличено, чтобы при контролируемой автоматизированной классификации можно было набрать достаточное количество эталонных пикселей.

Постполевой камеральный этап

Обработка полевых данных состояла из нескольких этапов.

Обработка геоботанических описаний. В камеральных условиях составлялись сводные таблицы описаний фитоценозов с их последующей сортировкой вручную. Помимо флористического состава и структуры сообществ большое внимание уделялось характеристике древесного яруса. Это было необходимо не только для типизации лесных сообществ, но и для отграничения их от сообществ лесных болот.

Обработка геоботанических описаний осуществлялась при помощи компьютерной программы JUICE, при этом процесс включал следующие последовательные шаги:

- обработку методом TWINSPLAN;
- составление синоптической таблицы с константностью и привязанностью видов;
- анализ колонок постоянства с выделением групп диагностических, константных, доминантных видов;
- составление характеризующей обзорной таблицы картируемых синтаксонов;
- расчет фитоиндикационных индексов (освещения, увлажнения, кислотности и трофности субстрата), характеризующих экологию местообитаний картируемых единиц.

Лекция 9

Карты антропогенной трансформации. Понятие и структура

Картографический подход к исследованию природных систем и их антропогенной трансформации с использованием картографической космической и статистической

информации являются наиболее информативным, объективным и перспективным в современных ландшафтных исследованиях.

Знание закономерностей формирования природно-антропогенных систем, а так же анализ качественных и количественных характеристик, отражающих пространственно-временные состояния естественных ПТК и их антропогенных модификаций под влиянием различных видов антропогенного воздействия, является необходимым условием для разработки мероприятий по устойчивому развитию Южно-Казахстанской области.

Уровень и характер хозяйственного воздействия, ответные реакции на это воздействие оцениваются в показателях антропогенной трансформации естественных ПТК, включающих такие показатели, как вид и степень антропогенной нагрузки, естественная устойчивость природных комплексов к антропогенному воздействию [1].

Для оценки трансформации ПТК необходим анализ показателей по большому объему природных и социально-экономических параметров. В связи с этим, нами был избран метод ландшафтно-экологического картографирования, который позволяет отобразить обширную информацию по экологическому состоянию долинной ПХС с учетом пространственно временных параметров. Иногда при картографии антропогенных ландшафтов речь идет об использовании земель и по таким картам нельзя судить о глубине антропогенной трансформации. Мы согласны с мнением И.И. Мамай [2] в том, что антропогенное воздействие может привести либо к смене одного состояния ПТК - другим, либо к замене всего комплекса или его отдельных структурных частей новыми ПТК, с новыми свойствами. Эти новые, природно-антропогенные ПТК не прервут единый эволюционно-динамический ряд, а станут его составной частью и будут сменяться новыми природно-антропогенными.

Картографический метод является основным методическим приемом при оценке антропогенной трансформации ПТК, причем их трансформация должна изучаться в рамках природных границ ландшафта с учетом его природных свойств, отражать виды и глубину трансформации [3, 4, 5]

Для определения антропогенной трансформации природно-территориальных комплексов исследуемой территории использовались ряд методик по определению покомпонентной и интегральной хозяйственной нагрузки на территорию и установлению степени антропогенной трансформации ПТК на основе бальной оценки и факторного анализа [3, 4, 5, 6].

Создание «Карты антропогенной трансформации природно-территориальных комплексов Южно-Казахстанской области», масштаба 1:1000 000, предполагает использование значительного объема статистического и картографического материала. В основу составления данной карты легла ландшафтная карта на данный регион. Качественный уровень нарушенности ПТК при сельскохозяйственном освоении определялся на основе учета основных составляющих компонентов ландшафта (таблица 1).

Таблица 1 - Критерии классификации степени трансформации ландшафта [7]

Степень трансформации	Ландшафт			
	Рельеф	Почвы	Животный мир	Растительность
Слабая				
Умеренная				
Относительно сильная				
Сильная				

Для оценки степени антропогенной нарушенности района исследования

рассчитывался показатель антропогенной измененности по формуле (1):

$$A = \frac{\sum m}{i} \quad [8] \quad (1)$$

A – показатель антропогенного преобразования ландшафта (в условных единицах);
 m – показатель антропогенного воздействия, абсолютная единица измерения (т/га, м/га);

i – среднестатистическое значение антропогенного воздействия, которое определялось по формуле (2):

$$i = \frac{\sum m}{n} \quad [8] \quad (2)$$

$\sum m$ – сумма антропогенного воздействия

n – число районов.

Расчет показателя измененности ландшафта (Y) основывался на целевой функции [8,9,10]. Интегральным показателем при этом стали уровень и степень деградации ведущего фактора дифференциации ПТК – литогенная основа, преобразование которой ведет к изменению системы природных компонентов – составляющих ландшафт. Комплексный интегральный показатель строился на основе целевой функции (3), учитывающий вклад каждого из факторов:

$$Y = k_1 A_1 + k_2 A_2 + k_3 A_3 + k_4 A_4 - k_5 A_5 - k_6 A_6 \quad (3)$$

A_1 – фактор дефляции; A_2 – фактор водной эрозии, A_3 – фактор распаханности земель, A_4 – фактор техногенной нарушенности земель, A_5 и A_6 – факторы стабилизации геосистем (лесные массивы и пастбища); k_{1-6} – коэффициенты влияния каждого фактора на степень деградации литогенной основы геосистем.

В связи с тем, что влияние указанных факторов на деградацию литогенной основы рассмотрено в ранее опубликованных работах [8-11], целевую функцию упростили и представили в следующем виде (4):

$$Y = S_1 + S_2 + S_3 + S_4 - S_5 - S_6 \quad (4)$$

S_1 – площадь земель, подверженных дефляции; S_2 – площадь земель, подверженных водной эрозии; S_3 – площадь распаханых земель; S_4 – площадь нарушенных земель; S_5 – площадь земель с лесными массивами; S_6 – площадь пастбищных угодий.

Показатели целевой функции, оказывающие неблагоприятное воздействие на состояние ландшафтов в зоне орошаемого земледелия, были взяты с положительным знаком (S_{1-4}), а показатели, повышающие устойчивость ландшафтов к антропогенному воздействию (S_{5-6}) – с отрицательным знаком. Таким образом, целевая функция отражает степень неблагоприятного антропогенного воздействия на зональные ландшафты долинной системы, с учетом устойчивости природных экологических факторов, при оптимальном природопользовании эта функция должна стремиться к минимуму. Полученные расчетным путем показатели степени антропогенной измененности ПТК в результате сельскохозяйственного производства были положены в основу при картографировании ландшафтов и их модификаций. Как отмечалось выше, были рассмотрены преобладающие виды антропогенного воздействия. Для района исследования следует выделить следующие виды антропогенного воздействия на ПТК:

- сельскохозяйственное, которое включает такие параметры, как степень распаханности территории, степень воздействия скота на ПТК, степень ирригационной освоенности;

- лесохозяйственное воздействие на ПТК, которое учитывает степень нарушенности лентных и кустарниковых экосистем;

- промышленно-техногенное воздействие включает такие параметры как степень нарушенности территории вследствие разработки месторождений полезных ископаемых, карьеров, рудников.

Учитывались так же такие показатели как линейно-техногенное воздействие на ПТК (плотность автомобильных, железных дорог и трубопроводов), и плотность населенных пунктов в районе исследования.

Общий уровень антропогенной нарушенности является кумулятивным показателем всех вышеназванных видов антропогенного воздействия. Как было рассмотрено выше, оценка трансформации ПТК оценивалась по четырех бальной шкале: слабая, умеренная, относительно сильная, сильная [5, 12, 8].

Слабо трансформированные ПТК (площадь нарушений менее 20%). Данный тип характеризуется почти полным отсутствием негативных ландшафтно-экологических изменений, обусловленных антропогенными факторами. Слабые изменения в структуре природно-территориального комплекса (ПТК) диагностируются по умеренной трансформации растительного покрова. Группа слабо измененных ландшафтов отличается от других возможностями устранения негативных экологических последствий естественным путем, за счет процессов самовосстановления. При прекращении воздействия на ПТК происходит возврат их в состояние динамического равновесия.

В умеренно трансформированных ПТК (площадь нарушений 20-40%) отмечаются изменения в почвенно-растительном покрове. Внутри- и межландшафтные связи в природных комплексах сохранены и при прекращении антропогенного воздействия наблюдается формирование условно коренных природно-территориальных комплексов.

Относительно сильно трансформированные ПТК (площадь нарушений 40-60%), характеризуются антропогенным воздействием, превышающим допустимые нагрузки. Отмечаются значительная трансформация почвенно-растительного покрова, перепланировка рельефа и существенная потеря природно-ресурсного потенциала.

В сильно трансформированных ПТК (площадь нарушений более 60%) отмечаются глубокие, порой необратимые изменения всех составляющих природного комплекса, существенной коренной перестройкой или потерей внутренней морфологической структуры ландшафтов, глубокой трансформацией механизмов взаимосвязей компонентов, взаимозависимостей ПТК разного таксономического ранга.

На карте «Антропогенной трансформации природно-территориальных комплексов Южно-Казахстанской области» степень трансформации отражена цветом. Цифровыми индексами в числителе указаны преобладающие виды ландшафтов; в знаменателе римскими цифрами отражены преобладающие виды антропогенного воздействия, а буквенными индексами – преобладающие антропогенные процессы.

На исследуемой территории выделено четыре степени трансформации природно-территориальных комплексов:

Слабая степень трансформации охватывает около 25% площади данного региона, приурочена к ландшафтам пластовых равнин, низкогорьям и высокогорьям с преобладающим пастбищным видом антропогенного воздействия. В разрезе административных районов слабая степень трансформации имеет место в природно-территориальных комплексах Сузакского, Тoleбийского, им Байдибека, Казыгуртского и Тюлькубасского районов (Таблица 2).

Умеренная степень трансформации на территории области распространена во всех видах ландшафтов и охватывает 45% территории. Преобладающими видами антропогенного воздействия являются пастбищный, земледельческий и лесохозяйственный. Умеренная степень трансформации имеет место, во всех административных районах и охватывает от 10 до 90% их территории.

Относительно сильная степень трансформации охватывает 15% ПТК региона исследования приурочена к ландшафтам эоловых, аллювиально-пролювиальных, пластовых равнин и долинных комплексов. Преобладающими видами антропогенного

воздействия являются: пастбищный, сельскохозяйственный промышленно-техногенный. Относительно сильная степень трансформации имеет место в Сузакском, Отрарском, Тюлькубаском, Арыском, Толебийском, Шардаринском и Сарыагашском административных районах, охватывая от 10 до 50 % их территории.

Сильная степень трансформации распространена в ландшафтах древнеаллювиальных, делювиально-пролювиальных равнинах и мелкосопочниках, охватывает 15% ПТК территории. Преобладающими видами антропогенного воздействия являются промышленно-техногенный и незначительно - сельскохозяйственный. В разрезе административных районов сильная степень трансформации имеет место практически во всех районах (за исключением Сузакского, Толебийского и Тюлькубасского), охватывая от 5 до 85% их территории.

Таблица 2 – Степень трансформации природно-территориальных комплексов

Административный район	Степень трансформации ПТК				Доминирующий вид ландшафта
	Слабая (S<20%)	Умеренная (S=20-40%)	Относительно сильная (S=40-60%)	Сильная (S>60%)	
1	2	3	4	5	6
1. Сузакский	50	40	10		Пластовые и эоловые равнины
2. Байдибекский	20	70		10	Пластовые равнины и низкогорья
3. Отрарский		75	20	5	Эоловые и древнеаллювиальные равнины
4. Ордабасынский		30		70	Аллювиально-пролювиальные равнины
5. Сайрамский		10	5	85	Аллювиально-пролювиальные равнины и мелкосопочники
6. Тюлькубасский	10	60	30		Низкогорья,
7. Арысский		88	10	2	Древнеаллювиальные и эоловые равнины
8. Толебийский	50	30	20		Низкогорья, высокогорья
9. Шардаринский		35	50	15	Эоловые и древнеаллювиальные равнины
10. Казыгуртский	10	87		3	Мелкосопочник, низкогорья
11. Сарыагашский		50	30	20	Мелкосопочник, древнеаллювиальные равнины

12. Мактааральский				1 00	Древнеаллю- виальные равнины
-----------------------	--	--	--	---------	---------------------------------

Анализ хозяйственного использования природно-территориальных комплексов показал, что на 70% их площади преобладающим видом антропогенного воздействия является пастбищный; на 20 % территории - земледельческий; на 10% всей площади ландшафты района исследования трансформируются в результате преобладания промышленно-техногенного и линейно-техногенного вида воздействия (Рисунок 1).

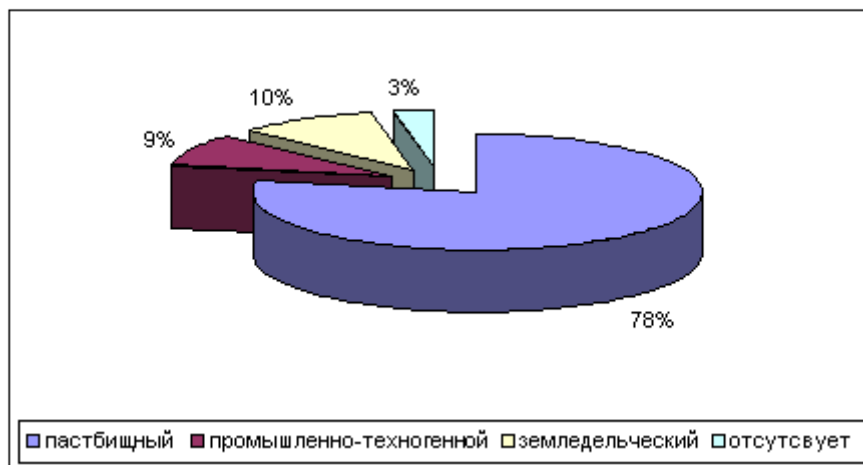


Рисунок 1 - Ранжирование природно-территориальных комплексов по преобладающим видам антропогенного воздействия

Таким образом, картографический анализ антропогенной трансформации природно-территориальных комплексов показал, что наибольшие площади в районе исследования занимают умеренно трансформированные ПТК, где преобладающим видом антропогенного воздействия является пастбищный. Наиболее глубокие изменения природной среды отмечаются в ландшафтах земледельческого и промышленно-техногенного использования, занимающих около 30% площади региона.

Лекция 10

Определение изменений растительности в геоботаническом картографировании

Жизнь каждой растительной группировки поддерживается двумя группами процессов: обменом веществ и энергии (процессы питания, дыхания, роста и развития организмов) и возобновлением организмов вегетативным и половым путем.

Допустим, что почва достаточно снабжена семенами, спорами, почками всех обычных растений, могущих жить и живущих на данной территории. В большинстве случаев это допущение будет близким к действительности; многочисленные наблюдения всегда выявляли большое число жизнеспособных семян (и других зачатков) в почвах полей, лугов, степей и даже пустынь.

При сделанном допущении каждый вид растений будет вырастать из зачатков тем в большем числе точек территории, чем больше площадей, на которых растения выпали или временно ослабли; молодые растеньица (или побеги) могут тем успешнее преодолеть конкуренцию растений, ранее занявших эти площадки, чем выше их конкурентоспособность в данных условиях.

В каждой отдельной точке вырастание или отмирание особи или побега какого-либо вида растений эпизодично, обусловлено рядом случайных местных и временных причин. Однако при суммировании случаев возобновления на значительной площади мы получаем строго закономерные количественные соотношения видов растений, отвечающие укладу режимов местообитания и влияния человека при наличном видовом

составе зачатков. Иными словами, каждая растительная группировка характеризуется закономерным соотношением обилий слагающих его видов растений. Такие соотношения определяются только как статистические средние при учете достаточной площади растительной группировки: площади выявления, измеряемой в травянистых ценозах десятками и сотнями квадратных метров, в лесах — тысячами квадратных метров.

Повседневные наблюдения убеждают нас в относительной устойчивости большинства природных (несеяных) растительных группировок и в строгой, всюду повторяющейся закономерности их распределения по местообитаниям. Понять эти факты можно только исходя из явлений возобновления каждой растительной группировки; очевидно, что в установившихся группировках смертность каждого вида сравнивалась с его рождаемостью (из семян, спор и почек возобновления), что эти противоположные процессы как бы уравнивались. Так же очевидно, что полной уравниваемости из года в год не может быть, так как несколько по-иному складываются погодные и другие условия, сама среда постепенно меняется под влиянием жизнедеятельности организмов и внешних факторов, а вместе с нею изменяется и растительная группировка. Эти изменения бывают быстрыми и очень медленными.

Необходимо отметить, что растительным группировкам, образованным многолетними, в особенности деревянистыми растениями, свойственна значительная устойчивость состава и соотношений слагающих группировки видов. Эта устойчивость уменьшает, а в лесах сводит к минимуму отклонения, вызываемые ежегодными особенностями климата и других внешних условий. Наибольшая стойкость и выносливость растений проявляется в период возмужалости.

Длительные отклонения условий среды, например, в течение 2—3 лет подряд, явно нарушают состояние растительного покрова; он переживает кризис: растения слабеют, напряжение конкуренции падает, разрастаются конкурентно-слабые «выполняющие» растения, нередко внедряются сорняки. Такие критические моменты наблюдались в растительных группировках при пастбищном перерождении и восстановлении травостоя, когда прутняк (*Kochia prostrata*) повышал обилие вследствие смены ковыльного травостоя на белопопынный (ряд сбоя), житняковый — на ковыльный (ряд восстановления).

Рассмотрим порядок смены растительных группировок под влиянием последовательного изменения условий в пространстве или во времени. В пространстве эту смену растительности можно легко наблюдать, спускаясь с занятого степью сухого бугра к влажному лугу и затем к болоту; переходя от высоких уровней краткозаливаемой поймы к низким уровням, находящимся под водой в течение 1—2 месяцев и более; переходя от подвижных оголенных барханов к уплотненным лескам и супесям и т. д.

Смену во времени чаще всего возможно наблюдать, сопоставляя площади, находящиеся на разных стадиях изучаемой смены (сукцессии), происходящей под влиянием каких-либо факторов, например луга разного возраста на месте лесных расчисток, разновозрастные залежи, зоны растительности по периферии заболачиваемого озера и т. п.

Картина этих смен такова: по мере изменения условий ранее господствовавшие виды постепенно слабеют, снижают свое обилие и, наконец, выпадают. Они выпадают один за другим, сообразно различной у разных видов способности приспособляться к изменяющейся среде; в этом проявляется физиологическая и, следовательно, экологическая индивидуальность видов. Одновременно один за другим появляются, разрастаются, становятся обильнее виды, вновь вступающие в состав сменяющегося растительного покрова.

Каждый новый вид организмов, вступающий в растительную группировку, приносит с собой новые особенности жизнедеятельности, свое влияние на среду и окружающие организмы. Каждый организм вносит свое, особое влияние на развитие группировок растительности. Ясно, что растительный покров, развиваясь в пространстве и времени, дает великое обилие качественных изменений.

Среди этих качеств есть существенные, имеющие большое значение, и мало значащие или почти вовсе лишённые значения. Например, появление во влажном климате лесной зоны ели в березовом лесу, сфагнума в лесу или на лугу — многозначительное событие, существенно влияющее на почву и на водный режим угодья (оподзоливание, заболачивание). Не менее существенна смена на лугу ползучекорневищевых и рыхлодерновых злаков плотнодерновыми; плотнодерновые злаки оказывают иное влияние на почву. Если же, например, появились на лугу единичные особи сорняка ромашки непахучей (*Matricaria inodora*), то принципиально это — новое качество; однако его значение близко к нулю. Также ограниченное значение имеет смена одного (хотя бы и массового) вида другим видом, близким по своей биологии и экологии; например, смена ползучекорневищевое средневлажлолюбивого верхового злака другим таким же (костер безостый, пырей ползучий и др.).

Следует также иметь в виду большое теоретическое и практическое значение количественных отношений: единичные подушки сфагнума на влажном лугу имеют главным образом перспективное значение, направляя дальнейшее развитие луга, и не имеют существенного значения для его состояния в данное время и нормативов его использования. Иное дело, когда подушки разрослись и уже начали смыкаться. Можно сказать, что в ряде случаев высокое обилие, преобладание определенных новых видов растений уже является существенным качеством, в особенности, с производственной точки зрения.

Однако следует помнить, что массовое размножение и преобладание одного или нескольких видов растений может нередко свидетельствовать только о временном, преходящем состоянии группировки растительности, например, под влиянием климатической аномалии года. Так, на сырых заливных лугах южных районов Воронежской области в разные годы преобладают то пырей ползучий, то ситняг (*Heleocharis*), то ползучая полевица (*Agrostis stolonizans*), то осока (*Carex intermedia*).

Выше было отмечено, что при сменах в пространстве или во времени каждый вид растений распределяется своеобразно, согласно своим особым биологическим и экологическим особенностям. Но при наблюдении смен растительности можно часто заметить, что значительные группы видов имеют близкие, иногда почти совпадающие рубежи своего распределения, появляясь или выпадая одновременно. В этих случаях также можно говорить о существенных качественных явлениях.

Систематизация и обобщение растительных группировок должны вестись на основе существенных качественных и количественных отличий, отражающих различный генезис, неодинаковый уклад природных факторов, с учетом неодинаковой практической ценности растительности и требований ею различных режимов использования и мероприятий. При этом преобладание одного-трех видов отнюдь недостаточно для выделения обобщенной единицы: необходимо всегда учитывать по возможности всю совокупность растений, объединенных конкретной растительной группировкой.

Лекция 11

Применение Красной книги и ее статистики в составлении карт растительного покрова

Красная книга – это иллюстрированный сборник самых редких и вымирающих видов. Целью Красных книг является привлечение внимания людей к животным, охрана окружающей среды, самообразование и развитие. История Красных книг мира началась в Париже в 1902 году, когда ряд стран подписали первую в своем роде Красную книгу – Международная конвенция по охране птиц, которую можно считать первым международным соглашением по охране биоразнообразия.

В 1948 г. был создан **Международный союз охраны природы** и (МСОП, IUCN) – международная неправительственная организация при ЮНЕСКО с консультативным статусом, которая в 1984 г. объединяла уже 502 организации из 130 стран мира.

В рамках международных конвенций МСОП помог более чем 75 странам в подготовке и реализации национальных природоохранных стратегий и планов действий. В Секретариате МСОП работают около 1000 сотрудников, большинство из которых находятся в 60 региональных и страновых офисах расположенных в 42 странах мира.

Около 100 человек трудятся в мировой в штаб-квартире МСОП, расположенной в городе Гланд, Швейцария. С момента своего создания МСОП стремится к облегчению совместных усилий и продвижению использования научных знаний в области принятия решений по вопросам охраны природы.

Диапазон деятельности МСОП простирается от сохранения исчезающих видов, охраняемых природных территорий и управления экосистемами до природоохранного законодательства и социальной политики.

МСОП стремится к тому, чтобы принятие решений в природоохранной деятельности базировалось строго на научной основе, с использованием последних научных разработок.

В 1949 г. была создана специальная общественная Комиссия по редким видам (Species Survival Commission), первым председателем которой стал С. Бойле. От СССР в нее были избраны Г.П. Деметьев (1956), А.Г. Банников (1960), В.Г. Гептнер (1966).

В задачи Комиссии входило изучение редких видов животных и растений, находящихся под угрозой исчезновения, разработка и подготовка проектов международных и межнациональных конвенций и договоров, составление кадастра таких видов и выработка соответствующих рекомендаций по их охране.

Поскольку ранее таких Комиссий не создавалось нужно было выработать общие принципы подхода к охране редких видов, определить те виды, которым угрожала реальная опасность исчезновения или истребления, разработать систему их классификации, собрать информацию по биологии таких видов, чтобы выявить основные лимитирующие факторы. В начале работы не существовало даже понятия «редкого вида».

Основной своей целью комиссия поставила создание мирового аннотированного списка животных, которым грозит исчезновение. Для того, чтобы подчеркнуть особую значимость этого кадастра, Питер Скотт, возглавлявший комиссию вплоть до 1978 г., предложил назвать его Красной книгой, поскольку красный цвет – сигнал опасности.

Сейчас не много найдется людей, которые бы ничего не слышали о Красной книге! 1963 г. появилась первая Красная книга МСОП (Red Data Book). Два тома представляли собой сводку о 211 таксонах млекопитающих и 312 таксонах птиц.

Это были скрепленные между собой как перекидной календарь страницы, каждая из которых посвящалась отдельному виду. Предполагалось, что листы будут выниматься и дополняться новыми в зависимости от ситуации с охраной редких животных.

В 1966-71 гг. вышло второе издание, которое было уже гораздо более объемным, и включало сведения не только о млекопитающих и птицах, но и амфибиях и рептилиях.

Второе издание Международной Красной книги МСОП, значительно объемнее, так как за прошедшее время была собрана дополнительная информация. В первый том книги вошли сведения о 236 видах (292 подвидах) млекопитающих, во второй – о 287 видах (341 подвиде) птиц и в третий – о 119 видах и подвидах рептилий и 34 видах и подвидах амфибий.

В третье издание, тома которого начали выходить в 1972 году, были включены сведения уже о 528 видах и подвидах млекопитающих, 619 видах птиц и 153 видах и подвидах рептилий и амфибий.

Последнее, четвертое издание, вышедшее в 1978 – 1980 годах, включает 226 видов и 79 подвигов млекопитающих, 181 вид и 77 подвигов птиц, 77 видов и 21 подвид рептилий, 35 видов и 5 подвигов амфибий, 168 видов и 25 подвигов рыб. Среди них 7 восстановленных видов и подвигов млекопитающих, 4 — птиц, 2 вида рептилий.

Международный Красный список (Красная книга) МСОП представляет собой периодически обновляющийся глобальный каталог видов, подвигов и популяций

животных, распределенных по листам-категориям угрозы исчезновения с указанием основных критериев оценки их состояния.

Анализ процесса обеднения мировой фауны, приведенный в международном Красном списке (2000) показывает, что за последние четыре столетия с лица планеты полностью исчезли 83 вида млекопитающих, 128 – птиц, 21 – пресмыкающихся, 5 – земноводных, 81 – рыб, 291 – моллюсков, 8 – ракообразных, 72 – насекомых, 3 – онихофор, и 1 – турбеллярий.

Кроме того, 33 вида животных (в основном, рыб и моллюсков) исчезло в дикой природе, и сохранилось только в культуре.

Этот губительный процесс с наибольшей силой начал проявляться в конце прошлого века и, все еще продолжается. Под угрозой исчезновения находятся 1130 видов млекопитающих, 1183 – птиц, 296 – пресмыкающихся, 146 – земноводных, 751 – рыб, 938 – моллюсков, 408 – ракообразных, 10 – паукообразных, 555 – насекомых, около 20 других видов беспозвоночных животных.

Выход еще первых выпусков Международной Красной книги дал мощный толчок для создания национальных и региональных Красных книг и списков.

Сейчас такие издания имеют многие государства Европы, Центральной Азии, Юго-Восточной Азии, США, Южной Америки, Южной Африки, а так же Австралия, Новая Зеландия, Япония, Корея и др.

В СССР так же существовала своя Красная книга, после распада союза все государства, вышедшие из него издали свои Красные книги.

Лекция 12

Экологическая оценка ландшафтов в картографировании

Для выявления экологической оценки и классификации ПТК разработан метод ландшафтных и экологических индикаторов (Киреев, 1975; 1977). Индикаторами, по Кирееву, являются не только растения и растительные группировки, но и все компоненты и элементы ландшафта: тектонические структуры, геологическое строение, литологический состав горных пород и отложений, формы рельефа, почвы, поверхностные воды, снеговой и ледовый покровы. Важнейшим индикатором ПТК является морфологическая структура ландшафтных единиц, если она отчетливо читается на дистанционных и картографических источниках информации.

Лесные экосистемы городского ландшафта представлены: 1) парками и скверами; 2) лесополосами вдоль транспортных коммуникаций; 3) почвозащитными, водоохранными и другими насаждениями; 4) насаждениями пригородных лесов. Основные факторы антропогенного воздействия на эти экосистемы: загрязнение атмосферного воздуха и рекреационная деятельность городского населения. Оценка состояния лесных экосистем города возможна на основе применения фитоиндикации. В качестве индикаторов антропогенного воздействия и его последствий могут выступать видовой и экологический состав растительности разных ярусов (травяного, кустарникового, реже - древесного), сукцессионные смены растительных сообществ, показатели поврежденности древостоев (усыхание, дефолиация).

Однако при дальнейшем развитии ландшафта или геодинамического комплекса все рыхлые отложения могут подвергнуться транспортировке речными потоками или другими процессами, что может уничтожить техногенные изменения в массиве. Таким образом, оценка обратимости воздействия зависит и от продолжительности временного интервала, на протяжении которого происходит рассмотрение реакции геологической среды.

Общеприняты три уровня эстетической оценки ландшафта: живописный, рядовой и требующий улучшения [5].

Практическая значимость геохимической оценки устойчивости ландшафта состоит в возможности экспрессно выделить участки, в пределах которых потенциальные аварии приведут к длительной аккумуляции загрязнителей, что важно при планировке освоения

месторождений. Дальнейшая ступень в анализе устойчивости геосистем к загрязнению — оценка реакции биоты

В полной мере эти функции способны выполнять ландшафты, находящиеся в нормальном, ненарушаемом состоянии. Если же природные компоненты оказываются нарушенными, выполнение названных функций становится неполным или совсем прекращается. Это, естественно, приводит к потерям (ущербу): снижение урожая, истощение природных ресурсов, рост заболеваемости населения и т.п. Иначе говоря, степень нарушения природных компонентов ландшафта в значительной степени влияет на степень удовлетворения человеческих потребностей. Это означает, что все свойства природной среды, свидетельствующие о степени ее благополучия (неблагополучия), оказываются экологически значимыми и для человека. В этом и заключается суть понятия экологическая оценка ландшафта

Для реконструкции природных этапов эволюции ландшафтов рассматриваемого региона использованы результаты комплексного изучения ряда опорных разрезов на Куликовом поле и других территориях лесостепи (Александровский, 1987, 1990, 1996; Чендев, 2004). Для оценки основных этапов эволюции ландшафтов взяты также палинологические данные по Среднерусской возвышенности (Серебрянная, 1992).

Поэтому предварительная глубокая и разносторонняя оценка современного состояния и потенциальных возможностей геоморфологической основы ландшафта является залогом правильной организации проектируемого на ней садово-паркового ландшафта.

Нарушенные земли различного типа составляют значительную часть современных ландшафтов пригородных территорий. Нарушенные промышленностью земли не только снижают эстетическую и рекреационную ценность пригородных зон, но и загрязняют окружающую среду, существенно ухудшая условия жизни населения. В связи с этим особую актуальность приобретает определение современного состояния флоры этих территорий и оценка их способности к самовосстановлению в процессе естественных сукцессий, зависимость этих процессов от зонально-климатических условий и рекультивационных мероприятий.

Одной из главных задач формирования ГСНМ является выделение зон охраняемого ландшафта и рекреационных территорий на основе ландшафтноэкологической оценки территорий. Существенное значение при развитии ГСНМ имеет укрупнение рекреационно-оздоровительных комплексов в целях повышения их социально-экономической и экологической эффективности. Большое оздоровительное значение (снижение загрязненности воздуха, уровня шума и электромагнитных излучений, улучшение микроклиматических условий и др.) имеет создание непрерывной системы открытых озелененных пространств, сохранение крупных зеленых массивов.

На основании данных, полученных на 38 объектах черной и цветной металлургии, сделана оценка экологического ущерба от промышленных загрязнений даже по стадиям производства и потребления металлопродукции: геологоразведка — 2 % (нарушение массива пород, загрязнение ландшафта и т.п.), добыча руд — 20 % (изъятие угодий, загрязнение территорий, водного и воздушного бассейнов и т.д.), обогащение руд — 20% (те же нарушения), переработка сырья — 50 % (то же), обработка металлов и получение продукции — 5 %, использование металлопродукции — 1 % [3].

Для определения протяженности каждого класса экологических ресурсов, согласно расположению сетки, ландшафт характеризуется в пределах LSU путем комбинирования карт, аэрофото- и космической съемки. Такие описания LSU составляют случайные пробы территорий США. Случайные пробы позволяют осуществить региональную и национальную оценку площадей и линейной протяженности классов экологических ресурсов и числа дискретных экологических ресурсов (пример, озера или водотоки).

Требование достаточности наблюдений должно удовлетворять тенденциям современных экогеохимических исследований - оценкам превращений ЗВ в различных

средах, возможностям появления более токсичных соединений и комплексов, возникновения вторичных загрязнений в различных типах ландшафтов [77].

Привлечение для ландшафтной интерпретации индикационных методов, а в качестве индикаторов - всех компонентов и элементов ландшафта расширяет возможности метода. Для анализа ПТК и их оценки используются не только дистанционные снимки, но и все имеющиеся общегеографические и тематические карты.

Лекция 13

Пространственная структура в геоботаническом картографировании

Под структурой растительного сообщества понимается распределение надземной и подземной массы растений в пространстве. Пространственная структура растительного сообщества включает: надземную и подземную ярусность, синузильность и мозаичность фитоценоза.

1. ВЕРТИКАЛЬНАЯ СТРУКТУРА. ЯРУСНОСТЬ

Ярусностью фитоценоза называют размещение органов растений различных видов на разных высотах над поверхностью почвы и на разных глубинах в почве.

Различают ярусность надземную и подземную.

1.1. Надземная ярусность

Распределение растений по надземным ярусам определяет неодинаковая освещенность, которая приводит к различиям в температурном режиме и режиме влажности.

В одних и тех же ярусах находятся растения одинаковой высоты, сходные или различающиеся по своим экологическим особенностям (например, хвойные и лиственные породы), но имеющие примерно одинаковую потребность в освещении.

Растения разных ярусов влияют друг на друга. Растения верхних надземных ярусов более светолюбивы, чем растения нижних ярусов, и лучше приспособлены к колебаниям температуры и влажности. Под своими кронами они создают условия слабой освещенности и стабильной температуры и влажности. Поэтому нижние ярусы образованы растениями, у которых потребность в свете меньше.

В свою очередь растения нижних ярусов влияют на растения верхних ярусов. Так, например, ярус мхов в еловом или пихтовом лесу накапливает значительное количество влаги; травяной покров леса участвует в процессе почвообразования, формируя опад, и т.д.

К тому или иному ярусу следует относить растения, достигшие обычных для данного вида размеров. Молодые же растения, временно входящие в состав более низких ярусов не должны в них включаться. Не следует выделять в особый ярус те экземпляры того или иного вида, которые временно настолько угнетены, что не способны размножиться семенным или вегетативным путем.

Так, если в результате выборочной рубки в смешанном липово-еловом лесу, где липа образовывала второй ярус под покровом ели, липа приняла кустарниковую форму и перестала размножаться как семенным, так и вегетативным путем, ее нельзя выделять в особый ярус. В этом случае причиной того, что липа приняла форму кустарника, является постоянная рубка более высоких стволов этого дерева. Если рубку прекратить, то липа принимает свойственную ей древесную форму. Если же липа в лесу под влиянием затенения приобретает кустарниковую форму и теряет способность к семенному размножению, хотя обычно при этом размножается вегетативно, ее следует выделить в особый ярус.

В тех случаях, когда угнетенное состояние растения, обитающего в одном из нижних ярусов, длится долго, их нужно причислять к этому ярусу и при отсутствии способности к вегетативному размножению.

Молодые растения постепенно вырастают. Поэтому их, так же как растения, низкорослость которых поддерживается каким-либо посторонним по отношению к фитоценозу фактором, относят к пологу.

Пологом (Сукачев, 1930) называют временный ярус, образованный молодыми растениями или растениями, угнетенными посторонними по отношению к фитоценозу факторами (например, рубкой).

Таким образом, каждый вид входит в состав только одного яруса, а в других ярусах экземпляры этого вида присутствуют временно и временно образуют полога, располагающиеся между ярусами фитоценоза.

Не все ярусы одинаковы. Одни из них, образованные только деревьями или только кустарниками и кустарничками, постоянны и сохраняют систему стволов и ветвей, а в ряде случаев и листьев, круглогодично. Другие же непостоянны. Они образованы травянистыми растениями, надземные части которых полностью или частично отмирают на неблагоприятный период года.

Говорить об оформленном ярусе можно только в том случае, когда растения в данном ярусе стоят достаточно густо, в результате чего затенение заставляет их вытягиваться до одного общего уровня. Взаимное влияние растений, образующих ярус, выражается степенью проективного покрытия этого яруса. О невыраженной ярусности, т.е. о разновысотности растений говорят когда такой сомкнутости нет (Раменский, 1938).

При выделении ярусов выделяют два (или три) яруса деревьев, один или два яруса кустарников, три яруса трав, один ярус напочвенного покрова.

В. В. Алехин (1950) предлагал древесным ярусам присвоить буквенный индекс А и называть А.1 – верхний древесный ярус, А.2 – средний древесный ярус и т. д., ярус кустарников он обозначил индексом В, ярус трав – С, ярус напочвенного покрова – D.

Г. Дюрье выделяет крупные ярусы: деревьев, кустарников, трав, напочвенного покрова, а в пределах этих ярусов – подъярусы.

В. Н. Сукачев намечает ярусы: первый, второй, если нужно – третий древесный, кустарников, трав, напочвенного покрова. При этом последние три яруса (кустарников, трав и напочвенного покрова) можно подразделять на подъярусы.

Эпифиты и лианы очень часто развивают свою листву в определенных ярусах леса. Так, крупные лианы обычно имеют длинные безлистные стебли, и их крона развивается в кронах деревьев того или иного яруса. Другие виды эпифитов и лиан развивают листву на разной высоте.

Растения, развивающие свою листву в разных ярусах, называют межъярусными (или внеярусными) растениями.

Обычно среди ярусов сообщества выделяют главный, который определяет условия существования в фитоценозе. В надземной части фитоценоза главным ярусом обычно бывает один из верхних: или верхний древесный в лесах или наиболее сомкнутый травяной на лугах и в степях и т. д. Однако в некоторых случаях главным ярусом (в который входит эдификатор фитоценоза) оказывается нижний, например ярус сфагновых мхов на торфяном болоте или в заболоченных местах.

Некоторые ярусы могут в малоизмененном виде входить в состав нескольких фитоценозов. Так, ярус с господством брусники может встречаться в лесу из европейской ели, в лесу из сибирской ели и даже в лесу из обыкновенной сосны. Эти ярусы называются связующими. Представление об их самостоятельности неверно. Во-первых, при их детальном изучении не обнаруживается полного сходства между связующими ярусами в различных фитоценозах. Во-вторых, их самостоятельность объясняется тем, что под пологом разных древесных пород могут создаться сходные условия.

Каждый ярус, входящий в состав фитоценоза, оказывает влияние на другие ярусы и в свою очередь подвергается их влиянию. Поэтому фитоценоз необходимо рассматривать как нечто целое, а ярусы фитоценоза – как его структурные части, которые в некоторых случаях могут быть относительно самостоятельными.

Так по экологическим условиям местообитания ельник сфагновый ближе к сосняку сфагновому, чем к ельнику-брусничнику или к ельнику-кисличнику. А сосняк сфагновый ближе к ельнику сфагновому, чем к сосняку с лишайниковым покровом. На основе этого

финские исследователи, в частности А. Каяндер (Cajander, 1909), считают, что травяно-кустарничковый и мохово-лишайниковый покровы в лесу служат показателями биологической равноценности местообитаний. Такие ассоциации, в которых одинаковы все ярусы, кроме главного (т.е. в лесу – кроме древесного), шведские фитоценологи предложили называть ассоциациями-близнецами, а объединение таких ассоциаций-близнецов Н.Я. Кац (Katz, 1929) предложил называть близнецовым рядом. Так, ельник-кисличник, сосняк-кисличник, лиственничник-кисличник представляют собой ассоциации-близнецы, а кисличники в целом – близнецовый ряд.

1.2. Подземная ярусность

Подземная ярусность фитоценозов изучена хуже, чем надземная. Распределение корней растений по подземным ярусам определяется изменением с глубиной степени увлажнения почвы, ее богатством питательными веществами и уменьшением степени аэрации почвы с глубиной.

Подземные ярусы выделяют на основании глубины проникания корней в почву и размещения активной, т. е. способной поглощать воду и питательные вещества, части корневых систем, обычно снабженной корневыми волосками. В лесах нередко можно наблюдать три-шесть подземных ярусов. Например, в широколиственном ясеневодубовом лесу выделяют ярус залегания корневищ и корней мелко укореняющихся трав, ярус корней более глубоко укореняющихся трав, один или два яруса корней кустарников (более поверхностно и более глубоко укореняющихся), причем эти ярусы могут совпадать и тогда объединяются с подземными ярусами трав, два яруса корней деревьев (верхний из них образуют корни ясеня, нижний – более глубоко идущие корни дуба).

Подземные ярусы, также как и надземные влияют друг на друга. Корни, образующие верхний подземный ярус, могут перехватывать дождевую воду у растений, корни которых находятся в более глубоких ярусах. В свою очередь корни, составляющие более глубокие подземные ярусы, перехватывают поднимающуюся капиллярно воду у корней верхних подземных ярусов.

Принято считать, что корневые системы растений, входящие в тот или иной подземный ярус, используют влагу и питательные вещества тех почвенных горизонтов, в которых расположен этот ярус. Однако в фитоценозах с недостаточным увлажнением в приповерхностных слоях образуются тонкие активные, так называемые эфемерные корни, очень быстро появляющиеся и так же быстро отмирающие при пересыхании этих слоев (рис. 3).

В сообществах с преобладанием засухоустойчивых растений зачастую масса корней во много раз больше массы надземных частей растений.

Нередко корневые системы смыкаются в таких сообществах, где надземные части растений разобщены. Иногда, например на щебнистых склонах, происходит дифференциация корневых систем: образуются корни абсорбирующие и прикрепляющие.

Лекция 14

Дистанционное зондирование

Дистанционное зондирование Земли (ДЗЗ) — наблюдение поверхности Земли авиационными и космическими средствами, оснащёнными различными видами съёмочной аппаратуры. Рабочий диапазон длин волн, принимаемых съёмочной аппаратурой, составляет от долей микрометра (видимое оптическое излучение) до метров (радиоволны). Методы зондирования могут быть пассивные, то есть использовать естественное отраженное или вторичное тепловое излучение объектов на поверхности Земли, обусловленное солнечной активностью, и активные — использующие вынужденное излучение объектов, инициированное искусственным источником направленного действия. Данные ДЗЗ, полученные с космического аппарата (КА), характеризуются большой степенью зависимости от прозрачности атмосферы. Поэтому на

КА используется многоканальное оборудование пассивного и активного типов, регистрирующие электромагнитное излучение в различных диапазонах.

Аппаратура ДЗЗ первых КА, запущенных в 1960—70-х гг. была трассового типа — проекция области измерений на поверхность Земли представляла собой линию. Позднее появилась и широко распространилась аппаратура ДЗЗ панорамного типа — сканеры, проекция области измерений на поверхность Земли которых представляет собой полосу.

Космические аппараты дистанционного зондирования Земли используются для изучения природных ресурсов Земли и решения задач метеорологии. КА для исследования природных ресурсов оснащаются в основном оптической или радиолокационной аппаратурой. Преимущества последней заключаются в том, что она позволяет наблюдать поверхность Земли в любое время суток, независимо от состояния атмосферы см. англ. *Radar imaging* .

Дистанционное зондирование является методом получения информации об объекте или явлении без непосредственного физического контакта с данным объектом. Дистанционное зондирование является подразделом географии. В современном понимании, термин в основном относится к технологиям воздушного или космического зондирования местности с целью обнаружения, классификации и анализа объектов земной поверхности, а также атмосферы и океана, при помощи распространяемых сигналов (например, электромагнитной радиации). Разделяют на активное (сигнал сначала излучается самолетом или космическим спутником) и пассивное дистанционное зондирование (регистрируется только сигнал других источников, например, солнечный свет).

Пассивные сенсоры дистанционного зондирования регистрируют сигнал, излучаемый или отраженный объектом либо прилегающей территорией. Отраженный солнечный свет – наиболее часто используемый источник излучения, регистрируемый пассивными сенсорами. Примерами пассивного дистанционного зондирования являются цифровая и пленочная фотография, применение инфракрасных, приборов с зарядовой связью и радиометров.

Активные приборы, в свою очередь, излучают сигнал с целью сканирования объекта и пространства, после чего сенсор имеет возможность обнаружить и измерить излучение, отраженное или образованное путём обратного рассеивания целью зондирования. Примерами активных сенсоров дистанционного зондирования являются радар и лидар, которыми измеряется задержка во времени между излучением и регистрацией возвращенного сигнала, таким образом определяя размещение, скорость и направление движения объекта.

Дистанционное зондирование предоставляет возможность получать данные об опасных, труднодоступных и быстро движущихся объектах, а также позволяет проводить наблюдения на обширных участках местности. Примерами применения дистанционного зондирования может быть мониторинг вырубки лесов (например, в бассейне Амазонки), состояния ледников в Арктике и Антарктике, измерение глубины океана с помощью лота. Дистанционное зондирование также приходит на замену дорогостоящим и сравнительно медленным методам сбора информации с поверхности Земли, одновременно гарантируя невмешательство человека в природные процессы на наблюдаемых территориях или объектах.

При помощи орбитальных космических аппаратов ученые имеют возможность собирать и передавать данные в различных диапазонах электромагнитного спектра , которые, в сочетании с более масштабными воздушными и наземными измерениями и анализом, обеспечивают необходимый спектр данных для мониторинга актуальных явлений и тенденций, таких как Эль-Ниньо и другие природные феномены, как в кратко-, так и в долгосрочной перспективе. Дистанционное зондирование также имеет прикладное значение в сфере геонаук (к примеру, природопользование), сельском хозяйстве

(использование и сохранение природных ресурсов), национальной безопасности (мониторинг приграничных областей).

Техники получения данных

Основная цель мультиспектральных исследований и анализа полученных данных – это объекты и территории, излучающие энергию, что позволяет выделять их на фоне окружающей среды. Краткий обзор спутниковых систем дистанционного зондирования находится в обзорной таблице.

Как правило, лучшим временем для получения данных методами дистанционного зондирования является летнее время (в частности, в эти месяцы наибольший угол солнца над горизонтом и наибольшая длительность дня). Исключением из этого правила является получение данных с помощью активных датчиков (например, Радар, Лидар), а также тепловых данных в длинноволновом диапазоне. В тепловидении, при котором датчики проводят измерения тепловой энергии, лучше использовать промежуток времени, когда разница температуры земли и температуры воздуха наибольшая. Таким образом, лучшее время для этих методов – холодные месяцы, а также несколько часов до рассвета в любое время года.

Кроме того, есть еще некоторые соображения, которые нужно учитывать. С помощью радара, например, нельзя получать изображение голой поверхности земли при толстом снежном покрове; то же самое можно сказать и о лидаре. Тем не менее, эти активные сенсоры нечувствительны к свету (или его отсутствию), что делает их отличным выбором для применения к высоким широтам (для примера). Кроме того, как радар, так и лидар способны (в зависимости от используемых длин волн) получать изображения поверхности под пологом леса, что делает их полезными для применения в сильно заросших регионах. С другой стороны, спектральные методы получения данных (как стереоизображения, так и мультиспектральные методы) применимы в основном солнечные дни; данные, собранные в условиях низкой освещенности, как правило, имеют низкий уровень сигнал / шум, что усложняет их обработку и интерпретацию. К тому же, в то время как стереоизображения способны отображать и идентифицировать растительность и экосистемы, при помощи этого метода (как и при мульти-спектральном зондировании) невозможно проникнуть под навес деревьев и получить изображения земной поверхности.

Лекция 15

Картографирование растительного покрова

Первые карты растительного покрова в нашей стране составлены в конце прошлого столетия Г. И. Танфильевым и С. И. Коржинским. Значительный прогресс в картографических работах начался после Великой Октябрьской социалистической революции, когда русские геоботаники одними из первых начали составление листов международной геоботанической карты в масштабе 1:1000 000. Эту работу в самом ее начале возглавил Н. И. Кузнецов. Затем было издано много различных карт, наиболее важной из которых является Геоботаническая карта СССР в масштабе 1:4 000 000 (1956) под редакцией Е. М. Лавренко и В. Б. Сочавы.

Все геоботанические карты по степени детальности и масштабу разделяют на четыре разряда:

- 1) мелкомасштабные карты, масштаб до 1:500 000;
- 2) среднемасштабные карты, масштаб 1:300000— 1:100 000;
- 3) крупномасштабные карты, масштаб 1:50 000—1:10 000;
- 4) детальные карты и планы, масштаб 1:5000—1:500. Понятно, что на карты различного масштаба наносят и различные категории растительного покрова. Нельзя, например, на мелко- и среднемасштабные карты нанести отдельные фитоценозы и ассоциации, так как они слишком малы для того, чтобы их можно было поместить на такую карту. Отдельные фитоценозы могут быть нанесены только на карты детальные и крупномасштабные. Общепринято наносить на мелко- и среднемасштабные карты так

называемый восстановленный растительный покров и лишь на крупномасштабные — современный растительный покров со всеми теми изменениями, которые внес в этот покров человек своей интенсивной деятельностью (Ильинский, 1937). Убыстряющийся научно-технический прогресс, расширение территорий культурных ландшафтов приведут, видимо, к изменению этого правила.

По своим задачам и содержанию все геоботанические карты разделяют на несколько классов, важнейшие из которых следующие:

— карты, дающие информацию об особенностях растительности на основе обычной, чаще всего биоэкологической ее классификации (см. раздел 9.5), которой соответствуют построения легенд, т. е. раскрывающих содержание карты пояснений;

— карты, дающие ту же информацию с использованием генетической, или географо-генетической, классификации (см. раздел 9.6), которой соответствуют построения легенд;

— карты специальные с информацией о частных особенностях растительного покрова (кормовые, лесные), карты растительных ресурсов, индикационные карты.

Способы картирования растительного покрова различны.

Детальную съемку фитоценозов и их сериальных модификаций осуществляют обычно пикетажным способом, т. е. с предварительной разбивкой территории на квадраты (установкой кольев, а по границам картируемой территории — реперов).

Крупно- и среднемасштабную съемку производят с использованием топографических карт. При этом наиболее распространен прием — геоботаническая съемка параллельными маршрутами, которые предварительно наносят на топографическую карту с учетом условий рельефа, проходимости местности, однородности или неоднородности растительности. Геоботаник, естественно, должен в совершенстве владеть компасом или бусолью и хорошо ориентироваться на местности. Рекомендуемые расстояния между параллельными маршрутами помещены в таблице 23.

Таблица 23

Расстояния между маршрутами и детальность при крупномасштабном и детальном картировании

Съемка	Масштаб	Расстояние между маршрутами и пикетажами	Величина контура		
			обязательная для картирования	наименьшая площадь	наименьшая ширина
Крупномасштабная	1:300 000, или 3 км/см	7,5 км	500,0 га	225,00 га	7,5 км
	1:200 000, или 2 км/см	5,0 *	200,0 *	100,00 *	5,0 *
	1:100 000, или 1 км/см	2,0 *	50,0 *	25,00 *	250 м
	1:50 000, или 500 м/см	1,0 *	12,5 *	6,25 *	125 *
	1:25 000, или 250 м/см	0,5 *	3,0 *	1,50 *	62,5 *
	1:10 000, или 100 м/см	0,2 *	0,5 *	0,25 *	25,0 *
Детальная	1:5000, или 50 м/см	100 м	1250 м ²	625,00 м ²	12,50 *
	1:2500, или 25 м/см	50 *	300,0 *	150,00 *	6,25 *
	1:1000, или 10 м/см	20 *	50,0 *	25,00 *	2,50 *
	1:500, или 5 м/см	10 *	12,5 *	6,25 *	1,25 *
	1:250, или 2,5 м/см	5 *	3,0 *	1,50 *	0,50 *

При среднемасштабной съемке для передвижения на безлесных равнинах используют автомашины, что позволяет измерять расстояния с помощью спидометра. При съемке в масштабе 1:200 000 скорость движения в пустынных и степных районах не

должна превышать 20 км/ч. Обычный характер записи (слева — показания спидометра) следующий:

47.0. Колодец Аяккудук.

47.2. Ассоциация белопопынная, покрытие около 45%,; почвенный разрез № 21.

48.0. Описание № 124 в белопопынной ассоциации, покрытие 55%, укусы № 212—222.

51.1. Комплекс: белопопынная ас. (66%)+житняковая ас. (35%). 52.4. Описание № 125 в белопопынной ас, укусы № 223—233. Описание № 126 в житняковой ас, укусы № 234—244.

Аэрофотосъемка находит в настоящее время очень широкое применение в геоботанической картографии. Обычно ее ведут в крупных (1:10 000 и 1:25 000) масштабах. Применяемые для этих целей фотоаппараты, фотоприспособления и фотоматериалы (мелкозернистые ортохроматические и панхроматические пленки, светофильтры) позволяют опытному геоботанику, особенно вооруженному специальным стереоскопом, различать на аэрофотоснимках не только контуры растительного покрова, но и древесные породы, определять бонитет древесных насаждений, распознавать одиночные деревья и даже выявлять видовой состав пород. Однако полное использование аэрофотоснимков возможно лишь после подробного дешифрирования их. Для этого желательно участие геоботаника в залетах, чтобы он еще в воздухе мог типизировать наиболее важные контуры и наметить некоторые из них для контрольного геоботанического исследования. Поверочные наземные исследования и использование материалов прежних работ и геоботанических карт помогают дешифрировать снимки. При этом принимают во внимание конфигурацию контура, его окраску, форму отбрасываемых предметами теней, высоту солнца во время съемки, аспекты фитоценозов данной местности, даже влажность почвы. Все это позволяет не только точно оконтурить фитоценозы, но и дать подробную легенду к получаемой таким способом карте.

Кроме обычного черно-белого аэрофотографирования (рис. 100) применяется и цветное. Особенно перспективна в этом отношении спектрзональная съемка с использованием пленок с двумя (инфракрасным и красным) или даже тремя светочувствительными слоями. Она обладает высокой разрешающей способностью и более точно дешифрируется.

Техника составления геоботанической карты сводится к склеиванию фотографий и получению из них аэрофотопланшетов; к перенесению затем ситуации с таких планшетов на обычные планшеты с привязкой их к точным геодезическим пунктам и т. д. Существуют специальные руководства по аэрофотосъемке и аэрофотографическому дешифрированию (Коншин, 1949; Самойлович, 1953; Виноградов, 1966 и др.).

Карты более мелкие, чем материалы исходных съемок, составляют путем генерализации, т. е. обобщения близких по содержанию контуров с соседними и соответственной генерализацией легенд. Приемы картографической работы подробно описаны в специальных руководствах (Салищев, 1966; Полевая геоботаника, т. IV, 1972).