

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
ФГБОУ ВО «Красноярский государственный аграрный университет»

Г.А. Демиденко

ЛАНДШАФТНЫЙ МОНИТОРИНГ

Курс лекций

Рекомендовано Учебно-методическим советом федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Красноярский государственный аграрный университет» для внутривузовского использования в качестве учебного пособия для студентов, обучающихся по направлению подготовки 35.04.09 – «Ландшафтная архитектура»

Электронное издание

Красноярск 2025

ББК 40.08я73

Д 30

Рецензенты:

*Е.В. Авдеева, доктор сельскохозяйственных наук,
профессор, заведующая кафедрой лесного инжиниринга
ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет
науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева»*

*Е.Я. Мучкина, доктор биологических наук,
профессор кафедры экологии и природопользования
ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет»*

Д 30 **Демиденко Г.А.**
Ландшафтный мониторинг: курс лекций [Электронный ресурс]: учебное пособие / Г.А. Демиденко; Красноярский государственный аграрный университет. – Красноярск, 2025. – 145 с.

Представлен теоретический материал, содержащий процесс становления ландшафтного мониторинга, его развитие и современный уровень: типологию, классификационные особенности видов ландшафтного мониторинга в настоящее время. Также обозначена теоретическая и практическая значимость ландшафтного мониторинга и его составляющего – ландшафтно-геохимического мониторинга, применения ГИС-технологий, мелиорации. Представлены учебно-методические характеристики прикладной оценки территории.

Предназначено для студентов, обучающихся по направлению подготовки 35.04.09 – «Ландшафтная архитектура».

ББК 40.08я73

© Г.А. Демиденко, 2025

© ФГБОУ ВО «Красноярский государственный аграрный университет», 2025

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	4
Модуль 1. Теоретические основы ландшафтного мониторинга.	
Разнообразие ландшафтных территориальных структур.....	6
Лекция 1. Цели и задачи дисциплины. Типология ландшафтных территориальных структур	6
Лекция 2. Генетико-морфологическая ландшафтная структура: ландшафт, местность, урочище, фация.....	17
Модуль 2. Ландшафтный мониторинг.....	35
Лекция 3. Организация и проведение ландшафтного мониторинга и его этапы. Методы ландшафтного мониторинга.....	35
Лекция 4. Ландшафтно-геохимический мониторинг.....	50
Лекция 5. Применение ГИС-технологий при ландшафтном мониторинге ООПТ.....	76
Лекция 6. Мелиорация земель.....	85
Лекция 7. Прикладная оценка территории.....	103
Тестовые задания.....	111
Вопросы к зачету.....	117
Заключение.....	119
Литература.....	122
Приложение 1. Индикация основных взаимосвязей компонентов ПТК.....	126
Приложение 2. Оценка массоэнергообмена природно-территориальных комплексов (ПТК)	134
Приложение 3. Оценка антропогенной нарушенности ПТК.....	139

ВВЕДЕНИЕ

*«Чем-то великим и трудноуловимым кажется
топос – то есть место – пространство».*

Аристотель

В соответствии с Федеральным законом «Об охране окружающей среды» (ОС) (№ 7-ФЗ от 10.02.2002) мониторинг окружающей среды (экологический мониторинг) – это комплексная система наблюдений за ее состоянием, а также оценка и прогноз изменения этого состояния под воздействием природных и антропогенных факторов. Экологический мониторинг нужно отличать от экологического контроля. В соответствии с тем же законом экологический контроль – это система мер, выявление и пресечение нарушения окружающей среды (ОС), обеспечение соблюдения субъектами требований, в том числе нормативов и нормативных документов в области охраны ОС.

Термин «мониторинг» официально введен в науку на Стокгольмской конференции ООН по окружающей среде в 1972 г. Через два года в столице Кении г. Найроби состоялось первое межправительственное совещание по мониторингу. На совещании было решено уделить первостепенное внимание мониторингу загрязнения ОС на трех уровнях – локальном, региональном и глобальном. С 1974 г. понятие «мониторинг» вводится в русскую литературу Ю.А. Израэлем. С самого начала в трактовке мониторинга проявились две точки зрения.

Многие зарубежные исследователи предлагали осуществлять систему непрерывных наблюдений одного или нескольких компонентов ОС с заданной целью и по специально разработанной программе. Другая точка зрения высказана Ю.А. Израэлем. Он предлагал понимать под мониторингом только такую комплексную систему наблюдений, оценки и прогноза, которая позволяет выделить частные изменения состояния биосферы, происходящие только под влиянием антропогенной деятельности (т. е. мониторинг антропогенных изменений).

Альтернативная концепция была предложена в 1975 г. И.П. Герасимовым. Он придавал мониторингу также и функции управления. Но это было нецелесообразно, так как функциями управления обычно занимаются органы государственной и местной власти. В связи с этим практическое воплощение нашла концепция Ю.А. Израэля.

Во всех концепциях в качестве объектов мониторинга рассматриваются экосистемы, находящиеся под действием антропогенных

факторов. Экосистемы, не испытывающие антропогенных воздействий, также представляют интерес. Они являются точкой отсчета или эталоном для сравнения с экосистемами, измененными под воздействием ОС. Мониторингу антропогенных загрязнений уделяется особое внимание.

Ландшафтный мониторинг – это систематическое постоянное наблюдение за состоянием и изменениями в природной среде с целью оценки воздействия антропогенной деятельности и принятия необходимых мер по сохранению и улучшению качества окружающей среды. Он включает в себя наблюдение, измерение, анализ и интерпретацию данных, а также применение специальных инструментов и технологий.

Главная цель мониторинга – наблюдение за состоянием окружающей природной среды и уровнем ее загрязнения, а также информационное обеспечение управления природоохранной деятельностью и экологической безопасностью. Необходимо также своевременно оценить последствия антропогенного воздействия. Мониторинг – это не только слежение и оценка факторов, но и экспериментальное моделирование и прогноз.

Модуль 1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЛАНДШАФТНОГО МОНИТОРИНГА. РАЗНООБРАЗИЕ ЛАНДШАФТНЫХ ТЕРРИТОРИАЛЬНЫХ СТРУКТУР

Лекция 1. Цели и задачи дисциплины. Типология ландшафтных территориальных структур

1. Цели и задачи ландшафтного мониторинга.
2. Типология ландшафтных территориальных структур.

1. Цели и задачи ландшафтного мониторинга

Ландшафтный мониторинг представляет собой комплексную систему долгосрочных наблюдений с целью оценки и прогноза изменений состояния природных комплексов или отдельных компонентов под влиянием естественных динамических и эволюционных процессов и антропогенных воздействий.

Получение полной информации о состоянии окружающей среды – задача системного экологического мониторинга, который основывается на использовании интегральных параметров экосистем, получаемых в результате обобщения уже накопленных и постоянно поступающих новых данных о развитии естественных и антропогенных процессов. Наибольший вклад в организацию этой работы может внести ландшафтный мониторинг.

Ландшафтный мониторинг – важная составляющая часть экологического мониторинга, активно развивающаяся в связи с проблемами изучения, сохранения и использования среды обитания.

Ландшафтный мониторинг – это система регулярных длительных наблюдений репрезентативных ПТК (природно-территориальный комплекс) в определенные периоды времени, дающая информацию обо всех компонентах и элементах абиотической и биотической окружающей среды с целью оценки ее прошлого, настоящего и будущего состояний.

Основные задачи ландшафтного мониторинга:

1) оценка качества воздуха, почвы и водных ресурсов. Мониторинг таких параметров, как концентрация вредных веществ, уровень загрязнения, содержание питательных веществ и других важных компонентов, позволяет оценить состояние окружающей среды и ее влияние на живые организмы и экосистемы.

Качество воздуха является одним из ключевых факторов, влияющих на здоровье людей и окружающую среду. Представленные в этом разделе исследования включают анализ вредных выбросов от промышленности, транспорта и других источников загрязнения воздуха. Методы оценки качества воздуха включают сбор проб воздуха и их последующий химический анализ, а также использование датчиков мониторинга качества воздуха.

Качество почвы важно для поддержания плодородия земли и обеспечения устойчивого развития аграрной и экологической сфер. В этом разделе будут представлены результаты исследований, связанных с анализом содержания питательных веществ, состава почвы и загрязняющих веществ. Методы оценки качества почвы включают их физико-химический анализ, физическое исследование структуры почвы, а также определение биологической активности.

Водные ресурсы играют важную роль в жизни людей и экосистем. Они нуждаются в постоянном мониторинге и оценке качества, чтобы убедиться в их безопасности и пригодности для различных целей, включая питьевую, промышленную и сельскохозяйственную нужды. Исследования этого раздела охватывают такие аспекты, как физико-химический анализ воды, определение уровня загрязнения веществами, включая токсичные химические соединения и микроорганизмы, а также оценку общей экологической стабильности водных экосистем;

2) измерение и оценка изменений в ландшафте. Ландшафт может изменяться под воздействием естественных и антропогенных факторов. Мониторинг помогает определить уровень изменений и их последствия, что позволяет разработать и реализовать эффективные меры по управлению и сохранению природных ресурсов.

Методы измерения:

– дистанционное зондирование: использование спутниковых данных и аэрофотосъемки для получения информации о состоянии и изменениях в ландшафте. Это может включать анализ инфракрасного, видимого и радиоволнового спектра;

– географическая информационная система (ГИС): создание и анализ карт, включающих различные слои информации о ландшафте, такие как почвенные, климатические и геологические данные;

– геодезические измерения: использование современных геодезических инструментов для точного измерения геометрических параметров ландшафта, таких как его высота, наклон и площадь.

Оценка изменений компонентов ландшафта:

– продуктивность почв: оценка способности почвы поддерживать растительный рост и связанные с ним экосистемы;

– биоразнообразие: оценка наличия и состояния различных видов животных и растений в ландшафте;

– загрязнение: оценка уровня загрязнения почвы, воды и атмосферы в результате промышленных и антропогенных деятельности;

– водные ресурсы: оценка доступности и качества водных ресурсов в ландшафте, включая ручьи, реки и озера.

Прогнозирование и предотвращение экологических катастроф. Ландшафтный мониторинг позволяет выявлять потенциально опасные изменения и предупреждать об опасности возникновения экологических катастроф, таких как заболевания растений, снижение плодородия почвы, засоление водоемов, нефтяные разливы, радиационные аварии, изменение климата и другие негативные последствия.

Прогнозирование и предотвращение экологических катастроф требует взаимодействия ученых, инженеров, политиков и общественных организаций. Их задача состоит в том, чтобы объединить свои усилия и найти наиболее эффективные пути решения проблем.

Важно иметь возможность прогнозировать возникновение экологических катастроф. В этом плане разработка и использование современных методов и технологий играют ключевую роль. Например, моделирование и компьютерное моделирование позволяют нам предсказывать распространение загрязнителей в водных или атмосферных системах и, таким образом, принимать решения по их предотвращению. Сенсорные технологии и удаленное зондирование помогают мониторить обстановку в реальном времени, выявлять потенциально опасные ситуации и реагировать на них немедленно.

Однако просто прогнозирования недостаточно. Чтобы действительно быть эффективными в предотвращении экологических катастроф, нужно применять меры, предотвращающие их возникновение. Для этого необходимо активно работать над снижением рисков, повышать стандарты безопасности и обучать персонал, занимающийся реализацией проектов, связанных с использованием природных ресурсов.

Более того, необходимо учиться на прошлых ошибках. Анализ экологических катастроф, произошедших в прошлом, дает ценные уроки о том, что работает и что не работает в превентивных мерах. Он помогает улучшать нашу методологию и разрабатывать более эффективные стратегии предотвращения в будущем.

Для проведения ландшафтного мониторинга требуется использование различных методов и инструментов, включая спутниковую съемку, аэрофотосъемку, дистанционное зондирование, географические информационные системы и другие техники. Это позволяет получать точные данные и устанавливать взаимосвязь между ними для анализа состояния и изменений в ландшафте.

Ландшафтный мониторинг является важным инструментом для оценки и управления окружающей средой. Он позволяет получать объективную информацию о состоянии ландшафта, выявлять проблемы и разрабатывать эффективные меры по его защите и восстановлению. Данное направление требует постоянного развития и применения новых технологий для более точного и эффективного мониторинга.

В зависимости от масштаба территории, охватываемой наблюдениями, выделяют три уровня ландшафтного мониторинга: глобальный, региональный и локальный.

Глобальный ландшафтный мониторинг оценивает планетарные процессы и явления, включая антропогенные, характерные для всей ландшафтной сферы или географической оболочки, а также их крупных подразделений: географических поясов, материков, океанов.

Региональный ландшафтный мониторинг включает слежение за природными и антропогенными процессами в ПТК в пределах отдельного региона (природной зоны, части материка, отдельной страны или административной области), где эти процессы и явления отличаются от общепланетарных или являются фоновыми (базовыми).

Локальный ландшафтный мониторинг характеризуется наблюдениями за процессами в естественных или антропогенных ПТК на небольших территориях.

В зависимости от характера объектов наблюдения различают фоновый (базовый) и импактный ландшафтный мониторинг.

Фоновый ландшафтный мониторинг проводит слежение за зональными ПТК, не подвергающимися региональным антропогенным воздействиям. Фоновый мониторинг проводится на территории биосферных заповедников и других ООПТ в условиях соблюдения

строгого охранного режима и отсутствия локальных воздействий деятельности человека.

Импактный ландшафтный мониторинг проводится в региональных и локальных ПТК, подвергнутых особо опасным антропогенным воздействиям.

По методам проведения различают дистанционный и наземный ландшафтный мониторинг. При дистанционном мониторинге информацию о состоянии ПТК получают с помощью авиационных и космических методов наблюдения.

Наземный мониторинг осуществляется методами комплексного исследования природной среды путем полевых (экспедиционных, натурных) физико-химических, биологических и географических наблюдений или на основе анализа картографической, статистической и другой ведомственной информации.

Важными разделами ландшафтного мониторинга являются мониторинг структуры и состояния ПТК (определение основных источников загрязнения, оценка качества атмосферного воздуха, воды, почвы, биоразнообразия) и прогнозирование их развития в связи с естественными и антропогенными, региональными и локальными тенденциями развития хозяйственной деятельности.

Целью ландшафтных исследований является создание моделей многообразного проявления окружающей среды в ее комплексности и системности. При этом чаще всего используются наиболее наглядные и доступные формы моделирования – картографическая, графическая, табличная (матричная), вербальная (словесное описание).

Объекты ландшафтного мониторинга – природно-территориальные комплексы разного ранга и типа – позволяют рассматривать окружающее пространство как сочетание территориальных природных и (или) природно-хозяйственных систем и свойственных им природных условий, процессов, явлений, отражающих объективную иерархию реального географического пространства.

2. Типология ландшафтных территориальных структур

Ландшафтная территориальная структура рассматривается как совокупность ПТК разного ранга, связанных определенными пространственными отношениями. Для каждого региона в зависимости от целей выделены ландшафтные территориальные структуры разных типов и рангов. Обоснованный выбор типа анализируемой ланд-

шафтной структуры предполагает знание принципов их выделения, их иерархии и таксономии, а также взаимосвязей в окружающем пространстве, которые выявляются этими территориальными структурами.

Ландшафтный мониторинг – это не только система постоянных наблюдений за состоянием ПТК, но и методология таких наблюдений, основывающаяся на комплексе общенаучных и естественно-научных (биологических, физико-химических, географических, экологических, математических, картографических, геоинформационных) методов.

Особо охраняемые природные территории (ООПТ) – это участки земли, водной поверхности и воздушного пространства над ними, где располагаются природные комплексы и объекты, которые имеют особое природоохранное, научное, культурное, эстетическое, рекреационное и оздоровительное значение.

На территории Красноярского края расположены ООПТ разных рангов: национальные парки, государственные заповедники (в том числе биосферные), заказники, природные парки и т. д. [17].

Организация ландшафтного мониторинга особо охраняемых природных территорий (ООПТ) Красноярского края должна проводиться с учетом следующих принципов.

1. Ландшафтный мониторинг обязательно проводится на примере ООПТ любого статуса, категории и профиля, поскольку только его результаты создают основу для объективного зонирования территории, обоснования географических границ, регламентации природопользования и прикладных оценок территории.

2. Ландшафтный мониторинг основывается на классических для русской географии концепциях природно-территориального комплекса и ландшафтных территориальных структур, а также на стандартных методиках крупномасштабного картирования и ландшафтной съемки.

3. Специфической особенностью ландшафтного мониторинга особо охраняемых природных территорий является параллельное изучение всех типов ландшафтных территориальных структур, являющихся самостоятельными объектами исследования.

Ландшафтные исследования основываются на теоретических разработках модели природно-территориального комплекса [6, 51–53, 58], состоящего из набора компонентов и элементов природы – земной коры, воздушных масс, вод, почвы, растительности и животного

мира, взаимосвязанных и обособленных потоками вещества и энергии.

Геосистема и ландшафт. Под экосистемой понимают единство отдельного организма или популяции (то есть сообщества организмов) и среды обитания. При экосистемном подходе детально изучаются взаимосвязи живого и неживого [3, 8, 16, 21, 22, 27, 32, 33, 56].

Геосистема – это природное тело, имеющее конкретные размеры по площади и высоте. Термин близок к понятиям «природный территориальный комплекс» и «экосистема».

Географическое положение конкретной местности, ее рельеф, климат, растительность, животный мир во многом определяют свойства геосистемы.

Планета Земля представляется как **уникальная глобальная геосистема**, то есть сфера взаимопроникновения и взаимодействия всех компонентов природы в масштабах планеты.

Основные свойства геосистемы:

1) целостность – это определенный набор взаимосвязанных и взаимообусловленных компонентов;

2) открытость – геосистемы обмениваются энергией и веществом с другими геосистемами;

3) функционирование – внутри геосистемы идут непрерывные процессы преобразования;

4) продуцирование биомассы (фотосинтез);

5) способность почвообразования;

6) структурность – геосистемы обладают определенным расположением ее частей и характером их соединения. Различают вертикальную (ярусную) и горизонтальную (латеральную) структуры, исходя из этого рассматривают вертикальные и горизонтальные связи;

7) динамичность – способность обратимо изменяться под действием периодически меняющихся внешних факторов без перестройки структуры;

8) устойчивость – способность сохранять структуру и другие свойства при изменении внешних воздействий;

9) способность развиваться вплоть до появления новых геосистем;

10) нелинейность природных процессов – трансформация и обмен энергией и веществом идут всегда с замедляющейся скоростью: уменьшается скорость впитывания воды в почву, замедляется осты-

вание почвы при похолодании, затухает скорость понижения уровня грунтовых вод при дренировании и т. д.

Иерархия геосистем

На региональном уровне выделяют:

- ландшафтные зоны;
- страны;
- области;
- провинции;
- округа;
- ландшафты.

На локальном уровне ландшафт делится:

- на местности;
- урочища;
- фации.

Ландшафтные зоны. Ландшафт (нем. *Landschaft* – вид местности, от Land – земля, schaft – суффикс, выражающий взаимосвязь) – это комплекс, состоящий из взаимодействующих только природных или природных и антропогенных компонентов.

Компоненты расположены в широтном направлении и отличаются количеством приходящей к ним солнечной энергии и различной теплообеспеченностью.

Ландшафтные зоны делятся на страны в зависимости от удаленности от океанов, следовательно, от влагообеспеченности территорий.

Типы ландшафтных территориальных структур представлены на рисунке 1.

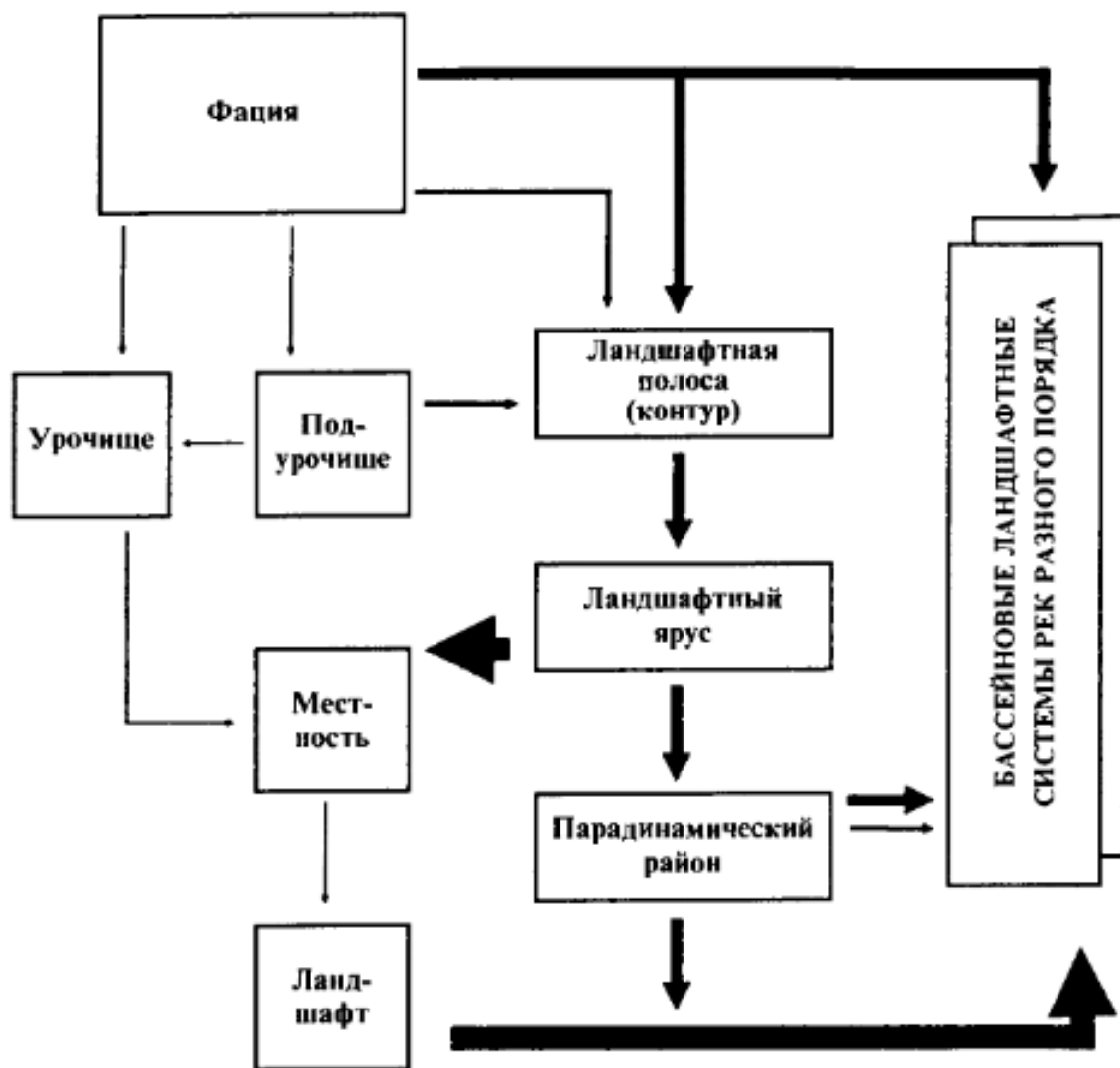
Страна (физико-географическая) – высшая единица физико-географического районирования, характеризующаяся общими чертами макрорельефа: обширные плоскогорья, крупные горные сооружения, например Урал, низменные равнины (Русская и Туранская). Для страны характерны климат, широтная зональность и число зон, черты их природы, высотная поясность, абсолютные высоты и другие признаки.

Область – часть (физико-географическая) страны, объединяющая близкие по возрасту, происхождению и климату ландшафты, например Приволжская, Нечерноземная, Черноземная области, Полесье, Западно-Сибирская равнина.

Провинция – часть зоны в пределах одной (физико-географической) области, например Западно-Сибирская таежная (провинция) внутри Западной-Сибирской равнины (области).

Округ – единица (физико-географическая), выделяемая промежуточной единицей между провинцией и районом, например Таймырский тундровый округ Западно-Сибирской равнины (области).

Район – низшая единица физико-географического районирования; отождествляется с географическим ландшафтом или регионом.



Ведущий принцип интеграции:

- — генетико-морфологический
- — позиционный
- — динамический
- — возможное совпадение контуров территориальных единиц разных структур

Рисунок 1 – Типы ландшафтных территориальных структур [58]

Вся суша представляется в виде совокупности ландшафтов.

Ландшафт. Под ландшафтом понимают генетически единую крупную геосистему, однородную по зональным (то есть свойственным зоне) и азональным (не свойственным зоне) признакам, включающую специфический набор локальных геосистем: местностей, урочищ, фаций [1].

Ландшафт – это наименьшая территориальная единица, сохраняющая все типичные для данной зоны черты строения географической оболочки; в нем сочетаются и региональные, и локальные особенности природы, полно представлен характерный местный комплекс природных факторов, условий жизни и деятельности людей.

Ландшафт имеет однородный геологический фундамент, определенный состав горных пород, один генетический тип рельефа, единый местный климат и, как следствие, один зональный тип и подтип почв. В то же время части ландшафта располагаются на разных формах и элементах рельефа, отличаются друг от друга микроклиматическими условиями, водным режимом, растительным покровом, что приводит к образованию разновидностей почв, появлению азональных (не свойственных зоне) почв (пойменных, болотных, засоленных).

Каждому ландшафту свойственен такой набор компонентов и такое внутреннее строение, что делает каждый ландшафт в целом уникальным, имеющим много индивидуальных черт. Следовательно, ландшафт – это крупный выдел территории, который обладает индивидуальностью, единым происхождением, имеет сложную структуру, состоит из нескольких местностей, урочищ, фаций, всегда выполняет несколько социально-экономических функций, иными словами, на нем расположены земли разного назначения. Это обстоятельство значительно осложняет взаимоотношения человека и ландшафта, делает их многозначными и порой противоречивыми.

По степени изменения ландшафты подразделяются:

1) на условно неизменные, которые не подверглись непосредственному хозяйственному использованию и воздействию, в них можно обнаружить лишь слабые следы косвенного воздействия, например осаждение техногенных выбросов из атмосферы в нетронутой тайге или в высокогорьях;

2) слабоизмененные, подвергающиеся преимущественно экстенсивному хозяйственному воздействию (охота, рыбная ловля, выборочная рубка леса), которое частично затронуло отдельные «вторич-

ные» компоненты ландшафта (растительный покров, фауну), но основные природные связи не нарушены и изменения носят обратимый характер – это тундровые, таежные, пустынные, экваториальные ландшафты;

3) среднеизмененные ландшафты, в которых необратимая трансформация затронула некоторые компоненты, особенно растительный и почвенный покров; к ним относятся сводка леса, широкомасштабная распашка, в результате которых изменяется структура водного и частично теплового баланса, биогеохимический круговорот;

4) сильноизмененные (нарушенные) ландшафты, которые подверглись интенсивному воздействию, затронувшему почти все компоненты (растительность, почвы, воды и даже массы твердой земной коры при поверхностной добыче полезных ископаемых), что привело к существенному нарушению структуры, часто необратимому и неблагоприятному с точки зрения интересов общества и природы; это главным образом южно-таежные, лесостепные, степные, сухостепные ландшафты, в которых наблюдается обезлесивание, эрозия, засоление, подтопление, загрязнение атмосферы, вод и почв; широкомасштабная мелиорация (орошение, осушение).

Контрольные вопросы

1. Назовите цели и задачи ландшафтного мониторинга.
2. Какие уровни ландшафтного мониторинга выделяются в зависимости от масштаба территории?
3. Правильно ли считать, что ландшафтная территориальная структура (ЛТС) рассматривается как совокупность ПТК разного ранга?
4. Что такое геосистема и экосистема?
5. Иерархия геосистем. Приведите примеры.
6. Какие геосистемы выделяют на региональном уровне? Что понимают под ландшафтными зонами, странами, областями, провинциями, округами, ландшафтами?
7. Что такое ландшафт?
8. Как подразделяются ландшафты по степени изменения?

Лекция 2. Генетико-морфологическая ландшафтная структура: ландшафт, местность, урочище, фация

1. Генетико-морфологическая ландшафтная структура.
2. Фация.
3. Урочище и подурочище.
4. Местность.
5. Ландшафт.

1. Генетико-морфологическая ландшафтная структура

Раздел ландшафтоведения, изучающий закономерности внутреннего территориального расчленения ландшафта (индивидуального физико-географического района), называется **морфологией ландшафта**.

В задачи этого раздела входит установление генезиса морфологических подразделений ландшафта, их таксономических уровней и иерархических отношений, создание текстовых характеристик и классификаций локальных ПТК, исследование пространственных соотношений и вещественно-энергетических связей (сопряженности) между локальными геосистемами. Морфологическое строение ландшафта может быть различным в зависимости от сложности внутреннего территориального устройства (табл. 1, 2).

Тем не менее универсальное значение имеют две основные ступени морфологической структуры ландшафта – фация и урочище. В дополнение к ним во многих ландшафтах выделяют промежуточные единицы, называемые подурочищами и местностями, а иногда бывает необходимо устанавливать и дополнительные подразделения.

Критерии выделения генетико-морфологических ПТК разных рангов основаны на сочетании компонентов и достаточно хорошо разработаны.

Фация – элементарный ПТК: положение в пределах одного элемента мезоформы рельефа или ее части, одинаковый литологический состав почвообразующих пород, одинаковый режим тепла и увлажнения (один гигротоп), одна почвенная разность и один биоценоз в условиях ненарушенной растительности.

Таблица 1 – Единицы ландшафтной дифференциации [6]

Ранг ПТК	Морфологическая структура ПТК	Диагностические признаки
Фация	Элементарный ПТК	Положение в пределах одного элемента мезоформы рельефа или ее части; одинаковый литологический состав почвообразующих пород; сходный режим тепла и увлажнения (один гидротоп); одна почвенная разность и один биогеоценоз в условиях ненарушенной растительности
Подурочище	ПТК одноступенчатого строения: состоит из сопряженных фаций	Положение на одном элементе мезоформы рельефа одинаковой экспозиции с однотипным режимом увлажнения
Урочище	ПТК двухступенчатого строения: состоит из подурочищ и отдельных фаций	Совмещается с мезоформой рельефа (реже ее частью, состоящей из нескольких элементов)
Местность	ПТК многоступенчатого строения: состоит из урочищ и отдельных фаций	Диагностируется изменением соотношения урочищ внутри ландшафта; совмещается с неровностями кровли коренных пород, соответствует одной локальной тектонической структуре
Ландшафт	ПТК сложного многоступенчатого строения: состоит из местностей, урочищ и отдельных фаций	Определяется набором и сочетанием видов местностей, урочищ. Соответствует элементу региональной тектонической структуры с одной направленностью тектонических движений

Таблица 2 – Состав компонентов ТПК [26]

ПТК	Компонент	
	Геологическое строение	Рельеф
Фация	Материнские породы	Микроформа
Урочище	Четвертичные породы	Мезоформа
Ландшафт	Коренные породы	Геоморфологический район

Подурочище – ПТК одноступенчатого строения: состоит из сопряженных фаций. Положение на одном элементе мезоформы рельефа одинаковой экспозиции с однотипным режимом увлажнения.

Урочище – ПТК двухступенчатого строения: состоит из подурочищ и отдельных фаций. Совмещается с мезоформой рельефа (реже с ее частью, состоящей из нескольких элементов).

Местность – ПТК многоступенчатого строения: состоит из урочищ и отдельных фаций. Диагностируется изменением соотношения урочищ внутри ландшафта; совмещается с неровностями кровли коренных пород, соответствует одной локальной тектонической структуре.

Ландшафт – ПТК сложного многоступенчатого строения: состоит из местностей, урочищ и отдельных фаций. Определяется набором и сочетанием видов местностей, урочищ. Соответствует элементу региональной тектонической структуры с одной направленностью тектонических движений.

2. Фация

Фация – элементарная геосистема, которая является первичной ячейкой ландшафта подобно клетке в живом организме. В самом общем виде элементарный ПТК можно определить как простейший, однородный природный комплекс, формирующийся на однородном литологическом субстрате в пределах одного элемента рельефа с одинаковыми увлажнением, почвами и растительностью.

При классификации фаций исходят из критериев, которые имеют определяющее значение в формировании устойчивых признаков фаций и носят универсальный характер, т. е. применимы если не ко всем, то к подавляющему большинству ландшафтов.

Этим условиям отвечают элементы орографического профиля, поскольку важнейшие различия между фациями обусловлены их местом в ряду сопряженных местоположений. На общем зонально-азональном фоне данного ландшафта фации закономерно сменяют друг друга по профилю рельефа, поэтому важно установить для каждого конкретного ландшафта соответствие между типами местоположений и отвечающими им типами фаций.

Наиболее признанной и удобной для практических целей является следующая **классификация фаций**:

1. Группа верховых [45], или элювиальных [40], местоположений. К этой группе относятся местоположения, питаемые маломинерализованными водами атмосферных осадков, а также стекающими по склонам (делювиальными) водами поверхностного стока; грунтовые воды лежат здесь глубоко (как правило, глубже трех метров) и практически недоступны растениям. **В пределах этой группы выделяют следующие типы местоположений (фаций):**

а) плакорные, или собственно элювиальные – это водораздельные поверхности со слабыми уклонами ($1-2^\circ$), отсутствием сколько-нибудь существенного смыва почвы и преобладанием атмосферного увлажнения;

б) трансэлювиальные [14, 15] – верхние части пологих (не менее $2-3^\circ$) склонов, питаемые в основном атмосферными осадками, с интенсивным стоком и плоскостным смывом и значительными микроклиматическими различиями в зависимости от экспозиции склонов;

в) аккумулятивно-элювиальные [14, 15], или верховые, западины [45] – бессточные или полубессточные водораздельные понижения (впадины) с затрудненным стоком, дополнительным водным питанием за счет натечных вод, частым образованием верховодки, но грунтовые воды остаются еще на значительной глубине;

г) проточные водосборные понижения и лощины – аналогичные предыдущим местоположениям, но со свободным стоком;

д) элювиально-аккумулятивные, или трансаккумулятивные [14, 15], делювиальные [44] – нижние части склонов и подножий, с обильным увлажнением за счет стекающих по склонам вод, нередко с отложением делювия.

2. Группа низинных [45], или супераквальных [40] местоположений. Данная группа местоположений характеризуется близостью (не глубже двух – трех метров) грунтовых вод, доступных растениям. **В ее составе различают:**

е) ключевые (фонтальные), или транссупераквальные местоположения – места выхода грунтовых вод, а также притока натечных вод, с проточным увлажнением, обычно с дополнительным минеральным питанием за счет элементов, содержащихся в грунтовых водах;

ж) собственно супераквальные местоположения – слабосточные понижения с близким уровнем грунтовых вод, обуславливающим заболачивание или засоление.

3. Группа пойменных местоположений (промежуточная между супераквальными и субаквальными) отличается регулярным и обычно проточным затоплением во время половодья или паводков и, следовательно, переменным водным режимом. Пойменные фации отличаются исключительной динамичностью и большим разнообразием в зависимости от микрорельефа, продолжительности поемности и т. д. Изложенная выше классификация может служить в качестве некоторого общего ориентира и должна конкретизироваться в зависимости от характера ландшафтов, высотной амплитуды между крайними ПТК склона, разнообразия экспозиций и форм склонов, состава почвообразующих пород и других местных особенностей.

3. Урочище и подурочище

Урочищем называется **сопряженная система фаций, объединяемых общей направленностью физико-географических процессов и приуроченных к одной мезоформе рельефа на однородном субстрате.** Наиболее отчетливо урочища выражены в условиях расчлененного рельефа с чередованием выпуклых (положительных) и вогнутых (отрицательных) форм мезорельефа – холмов и котловин, гряд и ложбин, междуречных возвышенностей и речных долин, оврагов и т. п. Хотя процессы стока, местной циркуляции атмосферы, миграции химических элементов соединяют фации положительных и отрицательных форм рельефа в единый сопряженный ряд, нетрудно заметить, что верхние и нижние части ряда принципиально различаются по проявлениям этих процессов. Склоны холмов интенсивно дренируются, вещество отсюда выносится, холодный воздух стекает вниз, господствуют фации элювиальных типов. Во впадинах, ложбинах наблюдается переувлажнение, аккумуляция вещества, застаивание холодного воздуха, преобладают гидроморфные (супераквальные) фации.

Урочище в геосистемной иерархии – важная промежуточная ступень между фацией и ландшафтом. Оно обычно служит основным объектом полевой ландшафтной съемки (картирование фаций требует очень крупных масштабов и, как правило, ведется только на ключевых участках), а также ландшафтного дешифрирования аэрофотоснимков. И в прикладных ландшафтных исследованиях урочище играет роль самой дробной территориальной единицы.

При выделении ландшафтов «снизу», т. е. на основе их морфологического строения, опираются в основном на изучение урочищ и их характерных пространственных сочетаний.

Урочища достаточно разнообразны по своему внутреннему (фациальному) строению, и поэтому возникла необходимость различать несколько категорий урочищ по степени их сложности. Наряду с **типичными, или простыми урочищами**, которые отвечают приведенному выше определению и связаны с четко обособленной формой мезорельефа или с участком водораздельной равнины на однородном субстрате с однородными условиями дренажа, **выделяются и сложные урочища (надурочища)**.

Сложные урочища формируются при следующих условиях: 1) если крупная мезоформа рельефа осложнена наложенными или врезанными мезоформами второго порядка (гряда с ложинами или оврагами, заболоченная котловина с озером); 2) если одна форма мезорельефа разнородна литологически, например: ложбина, вмещающая три самостоятельных урочища: а) верховье – полузадернованная сухая ложбина в покровных суглинках, подстилаемых мореной, б) средняя часть – сырая ложбина, вскрывающая озерно-ледниковые глины, в) низовье – сухая ложбина, вскрывающая водно-ледниковые пески и супеси; 3) если доминантное водораздельное урочище включает в себя мелкие фрагменты второстепенных урочищ или отдельные «чуждые» фации – болотные, западинные, карстовые, зоогенные и т. п.; 4) если формируются «двойные», «тройные» и т. п. урочища (например, система слившихся выпуклых верховых болотных массивов, каждый из которых представляет собой самостоятельное урочище).

Классификация урочищ разрабатывается на конкретном региональном материале в процессе составления крупно- и среднемасштабных ландшафтных карт. Как правило, за исходное начало принимается систематика форм мезорельефа с учетом их генезиса, морфологического типа и положения в системе местного стока, т. е. рельеф учитывается в тесной связи с естественным дренажем и увлажнением.

Так, применительно к крупномасштабному ландшафтному картографированию севера и северо-запада Русской равнины, выделены следующие основные урочища и надурочища.

Эти различия обеспечивают внутреннюю дифференциацию урочищ на подурочища, идентифицирующим признаком которых являются углы наклона поверхностей.

По крупномасштабному ландшафтному картографированию выделены основные типы урочищ [26]:

I. Равнинные

1. Вершинно-водораздельные.
2. Водораздельно приречно-склоновые.
3. Долинно-пойменные.
4. Долинно-террасовые.
5. Долинно-склоновые.
6. Озерно-равнинные.
7. Озерно-террасовые.

II. Холмистые

1. Крупнохолмистые.
2. Мелкохолмистые.
3. Увалистые.
4. Грядовые.

III. Лога, балки, ложбины

1. Лога (ложбины) нормального увлажнения.
2. Лога (ложбины) переувлажненные.
3. Балки с нормальным увлажнением.
4. Балки переувлажненные.

IV. Овраги

1. Овраги молодые.
2. Овраги задернованные.

V. Западины

1. Западины нормального увлажнения.
2. Западины переувлажненные.

VI. Низины на водоразделе

1. Низины переувлажненные.
2. Низины нормального увлажнения.

VII. Малые речные долины.

VIII. Болота

1. Верховые.
2. Переходные.
3. Низинные.

Подурочище (промежуточная единица) – группа фаций, выделяемая в пределах одного урочища на склонах разных экспозиций, если экспозиционные контрасты создают разные варианты фациального ряда.

Например, угол склонов **озовой гряды** бывает между 10 и 35°. **Озы** сложены хорошо промытыми слоистыми песчано-гравийно-

галечными отложениями с глыбами валунов. Они образовались в результате отложения песка, гальки, гравия, валунов потоками талых вод, протекавших по каналам и долинам внутри покровных ледников. Холмистый рельеф, абсолютные высоты 100–150 м. Типичная озовая гряда имеет относительную высоту 15–20 м. Мезоклимат (местный климат). Значения метеорологических величин сильно варьируют: южные склоны имеют безморозный период 140–150 дней, сырые ложбины и котловины – 100–110 дней, мощность снежного покрова меняется на коротких расстояниях. Типичный для озовых гряд ряд фаций с преобладанием сосняков разных типов на северо-восточных склонах может быть представлен иным вариантом, в котором участвуют фации с еловыми лесами.

Подурочища могут быть выделены также на склонах гряд и холмов с различной крутизной, на склонах долин с неодинаковой освещенностью и т. п. На обширных плоских междуречьях, где нет контрастных форм мезорельефа, формирование урочищ определяется различиями материнских пород (их составом, мощностью, а при малой мощности – характером подстилающей толщи) и удаленностью от линий естественного дренажа. Последний фактор играет особенно большую роль в зоне избыточного увлажнения. По мере удаления от речных долин на междуречьях повышается уровень грунтовых вод, сток затрудняется, усиливается застой влаги, что неизбежно сказывается на почвенно-растительном покрове. В результате происходит смена урочищ (и фаций) по мере удаления от приречных склонов к центральным частям междуречий.

В переходных условиях, когда разные растительные сообщества оказываются в одинаковой экологической обстановке, решающую роль в дифференциации урочищ могут сыграть конкурентные взаимоотношения между сообществами. Еще Г.Н. Высоцкий заметил, что конкурирующие сообщества, поселившись рядом и удерживая свою территорию, все более изменяют местный климат, водный режим и почву. В результате урочища разных типов (например, массивы зеленомошных и долгомошных лесов в лесной зоне) чередуются без какой-либо видимой закономерности.

Типы подурочищ: 1. **Холмистые и грядовые** (холмисто-моренные, камовые, озовые) с большими уклонами, интенсивным дренажем, неустойчивым увлажнением (частый недостаток влаги). 2. **Междуречные возвышенные** с небольшими уклонами (2–5°), хорошо дренируемые, с нормальным атмосферным увлажнением (в се-

редине лета возможен недостаток влаги). 3. **Междуречные низменные с небольшими уклонами** ($2-5^{\circ}$), умеренным дренажем, нормальным атмосферным увлажнением (в начале вегетационного периода – кратковременная верховодка, в середине лета возможен недостаток влаги). 4. **Междуречные низменные с малыми уклонами** ($1-2^{\circ}$), недостаточным дренажем, кратковременно (в первой половине вегетационного периода) избыточным атмосферным или грунтовым увлажнением. 5. **Междуречные низменные с незначительными уклонами** (менее 1°), слабым дренажем, длительным избыточным (кроме середины лета) атмосферным или грунтовым увлажнением. 6. **Ложбины и котловины** (межхолмные, озерные) с незначительными уклонами (менее 1°), очень слабым дренажем, длительным (в течение большей части вегетационного периода) избыточным увлажнением – атмосферным, натеchnым, грунтовым. 7. **Заторфованные депрессии** и плоские болотные водоразделы с крайне слабым дренажем, постоянно избыточным застойным увлажнением – атмосферным, грунтовым и смешанным. 8. **Долины рек с урочищами разных типов** (глубоко врезанные долины с крутыми склонами, увлажняемыми натеchnыми и ключевыми водами; поймы с периодическим слабопроточным переувлажнением; долины мелких рек и ручьев с длительным застоем паводковых, натеchnых и грунтовых вод).

4. Местность

Так же, как и «ландшафт», понятие «местность» неоднозначно интерпретируется в географической литературе. По крайней мере, **четыре определения типа местности** встречаются наиболее часто [31]: 1) тип местности – **региональная физико-географическая единица** (область или район); 2) тип местности – **тип местоположения**; 3) тип местности – **типологическое понятие вне какого-либо таксона**; 4) тип местности – **структурная (морфологическая) часть ландшафтного района**.

Для целей ландшафтного анализа территории наиболее приемлем и чаще всего употребляется четвертый вариант определения.

Всякая местность состоит из закономерного, свойственного только ей сочетания урочищ и представляет собой относительно равноценную с точки зрения хозяйственного использования территорию. Последний аспект наиболее значим при исследовании ландшафтов, вовлеченных в хозяйственный оборот, поскольку при этом часто ни-

велируются фациальные и даже урочищные различия. И тогда местность может выступить в качестве исходного таксона ландшафтного анализа территории.

Ведущим диагностическим признаком местности является однородность рельефа. Но в ряде случаев на первые позиции выступает литология (состав грунтов) или даже деятельность человека.

Чаще всего выделяют следующие **типы местности**: 1) **пойменный**; 2) **надпойменно-террасовый**; 3) **приречно-склоновый**; 4) **водораздельно-склоновый**; 5) **плакорный** (водораздельный); 6) **междуречный** недренированный; 7) **останцово-водораздельный**; 8) **водораздельно-зандровый**; 9) **холмисто-грядовый**.

5. Ландшафт

Ландшафт состоит из компонентов, каждый из которых является «представителем» отдельных частных геосфер, входящих в географическую оболочку.

Особенность ландшафтных компонентов состоит в том, что в каждом из них присутствует вещество всех остальных компонентов, и это придает им новые свойства, которыми не могло бы обладать химически чистое и физически однородное вещество.

По отношению к ландшафту географические компоненты служат структурными частями их вертикальной (радиальной, ярусной) структуры, поскольку им присуще упорядоченное ярусное расположение внутри ПТК.

Говоря о компонентах ландшафта, необходимо учитывать, что в каждом из них различаются свои уровни территориальной дифференциации, аналогичные уровням или рангам геосистем. Поэтому компонент природной зоны – это иное, чем компонент ландшафта, а компонент урочища – это не компонент фации.

Между территориальными категориями или уровнями геосистем и отдельных компонентов должна существовать определенная таксономическая соразмерность. В определениях ландшафта обычно подчеркивается, что он имеет однородный геологический фундамент. Однородность фундамента ландшафта должна быть связана со строением складчатого основания, его впадинами, выступами и структурами разных типов. Но связь эта часто имеет косвенный характер, особенно на древних платформах, где складчатое основание погребено под мощной толщей осадочных пород. Петрографический состав по-

верхностных горных пород, условия их залегания, а также режим новейших и современных тектонических движений служат основными показателями строения земной коры ландшафта.

При этом под горными породами подразумеваются как дочетвертичные, так и четвертичные отложения, участие которых в формировании ландшафта может быть различным.

При широком толковании представления о фундаменте ландшафта в это понятие входит и рельеф земной поверхности, который тесно связан с геологическим строением.

В рельефе также существуют свои территориальные градации разных порядков – мегарельеф, макрорельеф, мезорельеф, микро-рельеф.

Однако различия между этими категориями определяются не вполне четко, и прямую связь между ними и уровнями иерархии геосистем не всегда легко установить.

Важнее различать **морфоструктуры и морфоскульптуры**, которые могут быть сопоставлены соответственно с региональными и локальными геосистемами. Ландшафт приурочен к самостоятельной морфоструктуре и в то же время характеризуется своеобразными морфоскульптурами (чаще – сочетанием различных морфоскульптур), т. е. ему соответствует определенный **геоморфологический комплекс**, который связан с однородным геологическим фундаментом и однотипным характером экзогенных геоморфологических процессов.

Сходные, повторяющиеся геоморфологические комплексы образуют один тип рельефа. Таким образом, **фундамент ландшафта в широком смысле слова – это отдельная морфоструктура или ее часть, образованная породами одной формации, с закономерным набором скульптурных форм и четвертичных отложений.**

К ландшафту в качестве одного из вещественных компонентов относится и часть тропосферы, но ландшафтные границы в воздушной среде отличаются крайней изменчивостью и неопределенностью. Обычно компонентом ландшафта считается лишь определенная совокупность свойств и процессов атмосферы, называемая климатом. Представление о климате требует своего ранжирования в зависимости от территориальных масштабов проявления климатических процессов и их соотношений с общей региональной и локальной дифференциацией. Это нашло свое выражение в таких понятиях, как макро-

климат, собственно климат, местный климат (или мезоклимат), микроклимат.

Полное представление о климате ландшафта складывается из двух составляющих: 1) **фонового климата**, отражающего его общие региональные черты, определяемые географическим положением ландшафта в системе региональной дифференциации, т. е. величиной получаемой инсоляции, атмосферной циркуляцией, гипсометрическим и барьерным положением, а также влиянием всех остальных компонентов; 2) **совокупности локальных (мезо- и микро-) климатов**, присущих различным урочищам и фациям. **Фоновый климат** есть некоторое интегральное понятие, которое не сводится к сумме локальных климатов и не может быть выведено из них. Представление о фоновом климате основывается на данных метеонаблюдений, которые имеют в значительной степени условный характер, но обеспечивают сравнимость всех ландшафтов в климатическом отношении.

Наблюдения каждой метеостанции характеризуют прежде всего местный климат, т. е. климат того урочища, в котором станция расположена. Характеристику климата ландшафта следовало бы строить на данных нескольких станций, расположенных в типичных урочищах, но такое условие редко осуществимо, так как сеть метеостанций недостаточно густа.

Гидросфера представлена в ландшафте крайне многообразными формами и находится в непрерывном круговороте, переходя из одного состояния в другое.

Разнообразие природных вод тесно связано с ландшафтом. В каждом ландшафте наблюдается закономерный набор водных объектов (текучих вод, озер, болот, грунтовых вод и др.), и все их свойства — режим, интенсивность круговорота, минерализация, химический состав и т. д. — зависят от соотношения зональных и азональных условий, а также от внутреннего строения самого ландшафта, от состава его компонентов и морфологических частей.

Органический мир представлен в ландшафте сложным комплексом биоценозов. В отличие от фации ландшафт невозможно характеризовать каким-либо одним растительным сообществом или типом сообществ. В одном и том же ландшафте встречаются сообщества, относящиеся к разным типам растительности. Например, почти в каждом ландшафте таежной зоны существует растительность лесного, болотного, лугового типов. С другой стороны, одна и та же расти-

тельная формация или ассоциация может встречаться в разных ландшафтах и не специфична для какого-либо одного из них.

Следовательно, каждый ландшафт может быть охарактеризован лишь закономерным сочетанием различных растительных сообществ, образующих в его пределах характерные топоэкологические ряды, связанные со сменой местообитаний по урочищам и фациям.

Топоэкологические ряды, отражающие упорядоченность размещения сообществ в конкретных ландшафтных условиях, являются основой выделения геоботанических районов. Практически из этого следует, что ландшафту территориально соответствует самостоятельный геоботанический район. Вопрос о животном населении как компоненте ландшафта разработан еще недостаточно. Бесспорно, однако, то, что зооценозы тесно связаны с ландшафтом и его морфологическими подразделениями. Некоторые виды животных более жестко приурочены к определенным местообитаниям и соответствующим фациям, другие более подвижны и периодически мигрируют. Зоогеографы пришли к заключению, что границы сообществ животных всегда совпадают с теми или иными природными ландшафтными границами (или с границами антропогенно-территориальных комплексов).

Между почвами и ландшафтом существуют такие же отношения, как между ландшафтом и биоценозами. Вряд ли можно найти такой пример, когда в ландшафте была бы представлена только одна почва, т. е. почва одного вида. Почвы различных видов, а нередко и различных типов обычно образуют более или менее сложные территориальные комбинации, подчиненные морфологическому строению ландшафта. Всякий ландшафт охватывает закономерное территориальное сочетание различных почвенных типов, видов и разновидностей, которое соответствует одному почвенному району.

Таким образом, ландшафт можно определить как природный географический комплекс, в котором все основные компоненты находятся в сложном взаимодействии и взаимообусловленности, образуя однородную по условиям развития единую неразрывную систему.

Как говорилось выше, в традиционных ландшафтных исследованиях рассматриваются **три основные ландшафтно-территориальные структуры (ЛТС)**, позволяющие решить разнообразные прикладные вопросы: 1 – генетико-морфологическая; 2 – позиционно-динамическая; 3 – бассейновая.

Бассейновая ландшафтная структура. Бассейновые ландшафтные структуры формируются общностью пространственных отношений, обусловленных поверхностным стоком воды и водным режимом почв (гидрофункционированием). В них отражается зависимость природных комплексов от их положения относительно направления стока и общей тенденции протекания гидрологических процессов.

Выделение бассейновых ландшафтных структур производят при анализе формирования стока, при оценке водного режима, транспорта наносов и растворимых веществ, при любых гидрологических расчетах и определении водохозяйственного баланса.

Речные бассейны в качестве объекта ландшафтного мониторинга чаще всего выбираются и при анализе антропогенных воздействий на миграционные потоки. Это обусловлено тем, что бассейны рек имеют четко выраженные природные границы и иерархическое строение, а наличие преобладающего однонаправленного потока вещества и энергии облегчает построение прогнозных моделей изменений природной среды.

Для правильной оценки зависимости стока от комплекса географических условий большое значение имеет площадь и форма бассейна. Чрезмерно малый бассейн не служит показателем всего комплекса условий, так как он обычно является случайным морфологическим элементом ландшафта. Чрезмерно обширный бассейн, напротив, нивелирует географические различия, имеющиеся в его пределах. В каждом случае необходимо исходить из некоторой оптимальной площади, которая была бы при этом однородной в географическом отношении.

Ландшафтные бассейновые системы подразделяют на **элементарные, каскадные, блоковые, внутриблоковые и межблоковые.**

В большей степени изучены **каскадные геосистемы.** К ним относятся **территории, расположенные на разных гипсометрических уровнях и связанные потоками вещества и энергии.**

Единицы бассейновой **ландшафтно-территориальной структуры (ЛТС)** представляют собой речные бассейны разного порядка. Бассейновые ландшафтные структуры объединяют другие типы ландшафтных структур в общности, замкнутые по признакам поверхностного стока.

Как и генетико-морфологические ЛТС, они имеют свою собственную структуру в виде бассейнов притоков все меньших порядков, вплоть до исходного.

В общем виде **бассейновая структура** – это два склона противоположной экспозиции с единым руслом или линейным размывом.

Позиционно-динамическая ландшафтная территориальная структура (ЛТС). Позиционно-динамическая ландшафтная структура отражает зависимость комплекса природных условий и процессов от положения фаций относительно границ, вдоль которых происходит изменение интенсивности и направления горизонтальных вещественно-энергетических потоков (поверхностного стока, переноса в приземном слое атмосферы, плоскостной и линейной эрозии, подтопления и заболачивания почв, их загрязнения техногенными элементами).

Так как отразить эти процессы при выделении территориальных единиц генетико-морфологической и бассейновой ландшафтных структур не всегда возможно, поэтому при исследовании ландшафтов необходимо выделение и анализ их позиционно-динамической структуры.

Территориальные единицы ЛТС этого типа выделяют таким образом, чтобы в их пределах интенсивность современных процессов, связанных с вещественно-энергетическими потоками, была в целом одинаковой и однотипной по динамическим показателям. Поэтому границы между единицами позиционно-динамической ЛТС проводятся в местах наибольших градиентов горизонтальных потоков. Эти места в большинстве случаев соответствуют **каркасным линиям рельефа** – водораздельной линии, тальвегу, бровке, подошве склона, линиям его перегибов. Иногда границы проводят между различными по фильтрационным свойствам и аэрации почвами и породами, так как в этих местах изменяется интенсивность грунтового стока и геохимической миграции, т. е. формируются **геохимические барьеры**. Общее положение фаций относительно указанных каркасных линий рельефа определяет динамический аспект рассматриваемой ландшафтной структуры, а морфолого-генетические отношения учитываются лишь постольку, постольку они связаны с этими линиями.

Основными единицами позиционно-динамической ЛТС являются **ландшафтные полосы и ярусы** [30].

Ландшафтная полоса – это группа фаций, сходных по интенсивности горизонтальных вещественно-энергетических потоков и характеризующихся в силу этого единообразным протеканием физико-географических процессов. В пределах одной ландшафтной полосы горизонтальные потоки однонаправленны и во всех точках имеют одинаковые градиенты. Таким образом, являясь тесно связанными с каркасными линиями рельефа, ландшафтные полосы отражают зависимость комплекса природных условий и процессов от высотного положения на элементе рельефа. В этом отношении они имеют много общего со «склоновыми микрizonaми ландшафта» [31].

Ландшафтные полосы, расположенные в определенном диапазоне высот, характеризуются различием морфологии рельефа, набора современных экзогенных факторов рельефообразования и осадконакопления, почвенно-фитоценологических процессов. Это является следствием вертикальной дифференциации, для анализа которой необходимо выделить **ландшафтные ярусы.**

Ландшафтные ярусы представляют собой группы территориально смежных и связанных однонаправленным вещественно-энергетическим потоком ландшафтных полос, имеющих общее высотное положение относительно гипсометрических рубежей.

Гипсометрические рубежи, которые определяют выделение и конфигурацию ландшафтных ярусов, являются отражением строения рельефа, стадийности рельефообразования, осадконакопления и связанных с ними почвообразовательных и фитоценологических процессов.

Границы между отдельными ярусами рельефа (поверхностями выравнивания или равновысотными комплексами форм рельефа) часто совпадают с тектоническими (линии разломов, надвигов и др.), геоморфологическими и климатическими рубежами. В совокупности это определяет четкую дифференциацию по ярусам рельефа ландшафтных процессов, обусловленных современными экзогенными факторами рельефообразования либо унаследованных от прежних этапов ландшафтогенеза.

В пределах участков с плоским аккумулятивным рельефом, ярусное строение которого морфологически выражено слабо, ведущим фактором формирования ландшафтных ярусов является их высота относительно зеркала грунтовых вод.

По этому признаку ландшафтные полосы группируются в ярусы по соотношению процессов подтопления, оглеения почв, гигрофитизации растительности и др.

Ландшафтные ярусы, так же как и ландшафтные полосы, связаны между собой в целом однонаправленными горизонтальными потоками и по общности направления этих потоков объединяются в высшую единицу позиционно-динамической ландшафтной структуры – **парадинамический район**.

Парадинамический район представляет собой совокупность ландшафтных ярусов, связанных горизонтальными вещественно-энергетическими потоками, берущими начало от общего «центрального места» – ландшафтного яруса, занимающего господствующее высотное положение. От этого яруса, как правило, радиально расходятся линии тока, объединяя в одну динамическую систему склоновые и равнинные ярусы.

Совокупность ландшафтных ярусов, имеющих одну макроэкспозицию, можно выделить в **парадинамический подрайон**. Как правило, эти единицы совпадают с определенной (левой или правой) частью бассейнов малых рек.

Ландшафтные полосы, ярусы и их системы, кроме основных – продольных – границ, имеют и поперечные. Последние обычно приурочены к тальвегам, границам лесных массивов, геоморфологическим границам, урезам воды в водоемах и др.

От рассмотренных позиционно-динамических ландшафтных структур существенно **отличаются ландшафтные полосы и ярусы, развитые в пределах пойм рек**, где резко меняется направление преобладающего массо- и энергопереноса (приблизительно на 90° по отношению к векторам потоков на склонах, примыкающих к поймам).

Здесь доминирующее значение приобретают **физико-географические процессы, обусловленные русловым потоком**, влияние которого на почвообразование, сукцессию растительных сообществ, водно-солевой и микроклиматический режимы имеет ярко выраженную специфику. Поэтому пойменные ландшафтные полосы и ярусы образуют собственную систему. Ее лучше всего анализировать с помощью территориальных единиц парагенетической ландшафтной структуры.

Контрольные вопросы

1. Что изучает раздел ландшафтоведения – морфология ландшафта?
2. Назовите единицы ландшафтной дифференциации.
3. Дайте характеристику основным составляющим локальный уровень иерархии геосистем: фация, урочище, местность, ландшафт.
4. Как проявляется воздействие сфер Земли (атмосферы, литосферы (+педосферы), гидросферы, биосферы) на особенности ландшафта?
5. Какие основные ландшафтно-территориальные структуры (ЛТС) позволяют решать разнообразные прикладные вопросы?
6. Охарактеризуйте ландшафтно-территориальные структуры (ЛТС): 1 – генетико-морфологическая; 2 – позиционно-динамическая; 3 – бассейновая.
7. Что понимается под ландшафтной полосой?
8. Почему ландшафтные ярусы являются следствием вертикальной дифференциации?
9. Что собой представляет высшая единица позиционно-динамической ландшафтной структуры – парадинамический район?

Модуль 2. ЛАНДШАФТНЫЙ МОНИТОРИНГ

Лекция 3. Организация и проведение ландшафтного мониторинга и его этапы. Методы ландшафтного мониторинга

1. Организация ландшафтного мониторинга.
2. Этапы проведения ландшафтного мониторинга.
3. Методология и методы ландшафтного мониторинга.
4. Критерии и методы выделения ландшафтных территориальных единиц.
5. Типология, генезис, иерархия локальных ТПК.
6. Методы полевых наблюдений.

1. Организация ландшафтного мониторинга

Включает следующие операции:

- 1) выбор типа ландшафтного мониторинга;
- 2) определение объектов ландшафтного мониторинга – ПТК, ЛТС;
- 3) интеграция элементарных ПТК в ландшафтные территориальные единицы таксономического ряда для выбранных типов ЛТС;
- 4) разработка и предварительный анализ ландшафтной карты на основе типологии и специфики взаимосвязей ландшафтных территориальных единиц;
- 5) выбор ареалов, границ, взаиморасположения ключевых точек (элементарных ПТК) в пределах ландшафтных территориальных единиц одного или нескольких рангов;
- 6) проведение комплексных наблюдений на ключевых ПТК в зависимости от вида мониторинга;
- 7) прикладная оценка ПТК – объектов ландшафтного мониторинга.

2. Этапы проведения ландшафтного мониторинга

Полный ежегодный объем работ по ландшафтному мониторингу осуществляется в три этапа: подготовительный (предполевой), полевые исследования и послеполевая камеральная обработка полученных материалов (табл. 3).

Таблица 3 – Организация работ при ландшафтном мониторинге, виды деятельности и характер [26]

Вид деятельности и характер работ	Результаты
I этап – подготовительный	
<i>Научная деятельность</i>	
Сбор и анализ фондовых, архивных и литературных материалов для характеристики компонентов ПТК	Предварительное описание компонентов ПТК
Анализ имеющихся схем ландшафтного районирования	Предварительная ландшафтная карта
Выбор и анализ картографической основы для мониторинга	Картограмма предполагаемых маршрутов, профилей и местоположения ключевых точек
<i>Организационная деятельность</i>	
Подбор состава и распределение обязанностей в бригадах	Списки рабочих отрядов и бригад
Тиражирование документации (картосхем, бланков, журналов наблюдений)	Бланки описания ключевых точек, паспортов, журналов наблюдений, карт и схем
Приобретение и проверка оборудования	
II этап – полевые работы	
Рекогносцировка	Уточненный план проведения полевых работ
Ландшафтная съемка: комплексное профилирование, маршрутная и площадная съемка с описанием ключевых точек и репрезентативных ПТК	Рабочий вариант ландшафтной карты с сетью маршрутов, профилей, положения ключевых точек и репрезентативных ПТК
Специальные наблюдения на ключевых ПТК, в том числе мониторинговые	Паспорта (описания) ключевых точек ЛТС и мониторинговых площадок
III этап – послеполевой камеральный период	
Подготовка ландшафтной карты с объяснительной запиской (анализ иерархии и разнообразия ЛТС исследуемой территории)	Легенда ландшафтной карты, ландшафтная карта и ее текстовый и статистический анализ
Подготовка оценочных картосхем и материалов для исследуемых ПТК	Оценочные картосхемы и их текстовый анализ
Прикладная оценка территории в соответствии с задачами мониторинга	Отчет о результатах проведения мониторинговых исследований и рекомендации для следующих наблюдений

Первый этап – подготовительный. Он включает: сбор и анализ фондовых, архивных и литературных материалов для характеристики компонентов ПТК; предварительное описание компонентов ПТК; анализ имеющихся схем ландшафтного районирования; предварительную ландшафтную карту [5, 6].

Виды деятельности и характер работ:

1. Научная деятельность – выбор и анализ картографической основы для ландшафтного мониторинга; картосхема предполагаемых маршрутов, ландшафтных профилей и местоположения ключевых точек.

2. Организационная деятельность – тиражирование документации (картосхем, бланков, журналов наблюдений); подготовка бланков описания ключевых точек, паспортов, журналов наблюдений, карт и схем; приобретение и проверка оборудования; подбор состава и распределение обязанностей в бригадах; списки рабочих отрядов и бригад.

В подготовительный (предполевой) этап особое внимание уделяется научной подготовке: собираются и анализируются материалы по геологическому строению территории, инженерно-географическим и геоморфологическим процессам, климату, гидрографии, почвам, флоре, растительности, фауне и животному миру. Изучаются средне- и крупномасштабные геологические и геоморфологические карты; описания геологических разрезов и профилей; данные метеорологических и гидрологических справочников; результаты крупномасштабного почвенного и геоботанического картирования; материалы лесоустройства. Особое внимание уделяется тектонике: структурам, разломам, направленности движений земной коры, в том числе и новейших. Важно проанализировать взаимосвязи между растительностью и условиями ее произрастания.

Традиционно ландшафтный мониторинг проводится на основе топографических карт, дешифрованных аэрофотоснимков и материалов полевого ландшафтного обследования.

Уже в подготовительный период рекомендуется составление предварительной ландшафтной карты по аэрофотоснимкам (возможно использование увеличенных космических снимков) с нанесением контуров урочищ на основу в карандаше. Границы ПТК устанавливаются при ландшафтном дешифрировании аэрофотоснимков соответствующего масштаба и наносятся на топографическую карту определенными в легенде знаками. На карте отображаются все выяв-

ляемые в заданном масштабе ПТК разных рангов (фации, урочища, местности, ландшафты).

Таким образом, предварительное изучение фондовых, архивных и литературных источников дает возможность анализа современного состояния и развития компонентов природы для рассматриваемой территории.

На основании комплексного анализа необходимо: 1) установить индикаторы типологических единиц ПТК и отразить их в бланках описаний ключевых точек; 2) составить предварительные крупномасштабные карты наиболее значимых компонентов и элементов природы исследуемой территории; 3) определить местоположение и размеры ключевых участков полевых исследований, составить на них предварительные ландшафтные карты; 4) определить перечень и ранг ПТК, изучаемых в полевых условиях.

Во время подготовки к экспедиционным исследованиям кроме научной работы необходимо провести ряд хозяйственных и организационных мероприятий: 1) определить объем и направление работ для каждого специалиста в составе бригад; 2) приобрести и подготовить оборудование (приборы, экспедиционное снаряжение); 3) тиражировать картографические, бланковые и графические материалы; 4) подготовить транспортные средства для маршрутных исследований.

В результате подготовительных работ на изучаемую территорию должны быть составлены (собраны) следующие материалы: 1) геологические и геоморфологические карты, по возможности в масштабе ландшафтной съемки; 2) текстовые и картографические характеристики рельефа, климата, гидрографии, почв, флоры, растительности; 3) предварительная ландшафтная карта, с выбранным в зависимости от ландшафта типом ЛТС; 4) образцы бланков описания ключевых точек с указанием адаптированных к ландшафтным условиям индикаторов компонентов и элементов ПТК.

Второй этап – полевые работы. Включает рекогносцировку, уточненный план проведения полевых работ, ландшафтную съемку: комплексное профилирование; маршрутную и площадную съемку с описанием ключевых точек и репрезентативных ПТК; рабочий вариант ландшафтной карты с сетью маршрутов, профилей, положения ключевых точек и репрезентативных ПТК; специальные наблюдения на ключевых ПТК, в т. ч. мониторинговые; паспорта (описания) ключевых точек ЛТС и мониторинговых площадок.

Одним из ключевых моментов этого этапа является геоморфологическая съемка, геоморфологическое картирование [2, 4, 28].

Цель полевых исследований – выявить факторы дифференциации территории; уточнить ее морфологическую структуру и взаимосвязи компонентов, степень и направления антропогенной трансформации ПТК.

Полевой этап является главным периодом работ, когда производится сбор фактического материала, на основе которого проверяются результаты подготовительного периода и выполняются заключительные работы по описанию ПТК региона. Основным содержанием полевых работ являются наблюдения на ключевых точках в процессе маршрутных исследований и профилирования. Предварительно места ключевых и маршрутных исследований намечаются на проекте ландшафтной карты. Они должны охватывать все выявленные по картографическим материалам и аэрофотоснимкам типы урочищ (доминантные, субдоминантные, содоминантные, реликтовые и уникальные), а также все ПТК, оставшиеся неясными после дешифрирования аэрофотоснимков и сбора материалов на предварительном этапе.

Количество ключевых элементарных ПТК (фаций), протяженность профилей и маршрутов определяются сложностью морфологической структуры ландшафта. Площадь ключей обычно составляет от 10 до 30 % обследуемой территории.

Маршрутные ландшафтные исследования на ключевых площадях (или площадках мониторинга) проводятся систематически в виде сетки направлений, соединяющих ключевые точки. Количество точек и протяженность маршрутов определяются задачами ландшафтной съемки и сложностью ЛТС района. Густота маршрутов, места их прохождения определяются характером растительности и заболоченности территории, а также качеством топоосновы. Намеченная на подготовительном этапе сетка маршрутов уточняется в поле, при этом уточнение и (или) изменение ее может происходить в течение всего полевого этапа. Все маршруты фиксируются на специальной карте, совместимой с топоосновой будущей ландшафтной карты – основы ландшафтного мониторинга. Кроме полного описания основных ключевых точек во время маршрутной съемки возможно частичное описание компонентов и элементов ПТК на дополнительных ключевых точках – аналогах уже зафиксированных ПТК.

Ландшафтное профилирование проводят для более детальных исследований участков со сложной ЛТС (террас, различных видов

склонов, поверхностей разного генезиса и увлажнения) с целью уточнения границ ПТК и координации групп фаций. Ландшафтные профили должны пересекать наибольшее количество урочищ и фаций – как дополнительных, так и редко встречающихся. Основным видом работ во время полевых исследований является описание ключевых точек. Число и размеры ключевых точек определяются рисунком фаций (биогеоценозов) и задачей съемки. Местоположение ключевой точки, обычно занимающей центральное положение на элементах рельефа, может быть изменено в связи с наличием обнажений четвертичных и (или) коренных пород, с распространением по участку типичных почв, с размерами доминирующих ассоциаций растительности. Привязка точек производится по маршруту с помощью компаса и карты или системы спутниковой навигации. Ключевые точки наносятся на карту фактического материала.

Порядок описания на ключевой точке определяется формой бланка описания, составленного во время подготовительного этапа с учетом специфики ПТК района исследований. На ключевых точках детально описываются все компоненты ПТК – геологическое строение, рельеф, почвы, растительность, увлажнение, местоположение, характер антропогенных модификаций.

Индикация природных процессов и явлений на бланке описания ключевых точек должна проводиться на основе рабочего инструктажа. Описание ключевых точек может сопровождаться зарисовкой элементов ПТК, фотографированием и другими средствами визуализации (видеокамера и т. п.). В тех случаях, когда задачи ландшафтной съемки требуют более глубокого изучения состояния ПТК, на ключевых точках производят отбор натурального материала (гербарий, пробы почв, воды и т. п.) и другие дополнительные работы со строгой фиксацией и консервацией материала согласно «гостированным» методикам.

Основные объекты полевого ландшафтного мониторинга (урочища, местности и ландшафты) – объекты камерального обобщения.

При картографировании ключевых участков выявляются генетически одинаковые урочища, т. е. совмещенные с формами рельефа одного происхождения и литологического состава и имеющие вследствие этого сходство других компонентов (например, различные междуречные равнины, части надпойменных террас и пойм крупных рек, долин небольших водотоков, овраги и другие эрозионные формы, моренные холмы, замкнутые западины, камы и т. д.).

Для каждого вида урочищ на основе анализа бланков описаний ключевых точек выясняются особенности его деления на фации.

Определяется место каждой фации в урочище по площади (фоновая, редкая), по положению в рельефе (аквальная, супераквальная и т. д.). Выявляются лимитирующие факторы существования растительности (характер и степень увлажнения, плодородие почв и т. д.). Описывается почвенный разрез, закладывается геоботаническая площадка, фиксируются процессы, происходящие в фации.

Особо следует отметить проявления хозяйственной деятельности в пределах каждой фации (группы фаций).

Сравнение свойств пограничных фаций позволяет уточнить границы ПТК более высоких рангов – подурочищ и урочищ. Выявляются признаки, на которые можно опереться при проведении границы исследуемого ПТК (например, перегибы в рельефе).

После этого граница изученной морфологической единицы ландшафта закрепляется на карте. При наличии аэрофотоснимков посещение каждого контура необязательно.

После опорного изучения фаций одного урочища полученные данные могут быть экстраполированы на аналогичные (того же вида) урочища. Этот прием значительно ускоряет съемочные работы, обеспечивая одновременно высокую точность картографирования. Общее количество точек зависит от количества видов урочищ в ландшафте. На каждый вид урочища рекомендуется не менее 2–3 комплексных описаний для каждого вида фации [5, 6].

В результате полевых работ должны быть предоставлены: 1) заполненные бланки полевого описания ключевых точек; 2) уточненная ландшафтная карта с рабочей легендой (на карточках); 3) картосхема расположения ключевых точек, маршрутов и профилей в пределах ПТК.

Третий этап – послеполевой камеральный этап. В его задачи входит подготовка ландшафтной карты с объяснительной запиской (анализ иерархии и разнообразия ЛТС исследуемой территории); легенда ландшафтной карты; ландшафтная карта и ее текстовый и статистический анализ. Для выполнения задач необходима подготовка оценочных картосхем и материалов для исследуемых ПТК; оценочные картосхемы и их текстовый анализ; прикладная оценка территории в соответствии с задачами мониторинга; отчет о результатах проведения мониторинговых исследований; рекомендации для следующих наблюдений.

Итогом послеполевого камерального (заключительного) этапа является научный (учебно-исследовательский) отчет. Он содержит компонентную характеристику территории, выполненную по типовому плану научного физико-географического описания; таблицы фактического материала; карты (отраслевые, производные, комплексные); графические приложения (профили, графики, диаграммы, графы, готовые бланки описаний фаций и т. п.).

Обязательным документом, создающимся на заключительном этапе работ, является уточненная ландшафтная карта. На ее основе составляется объяснительная записка или текстовый отчет об особенностях ЛТС, разнообразии ПТК, характере естественных и антропогенных процессов, а также производятся прикладные оценки территории в соответствии с целями ландшафтного мониторинга.

3. Методология и методы ландшафтного мониторинга

Ландшафтный мониторинг – это не только система постоянных наблюдений за состоянием ПТК, но и методология таких наблюдений, основывающаяся на комплексе общенаучных и естественно-научных (биологических, физико-химических, географических, экологических, математических, картографических, геоинформационных) методов [9, 10].

Методика проведения ландшафтного мониторинга ООПТ, предлагаемая в данной работе, основана на разработках лаборатории ландшафтоведения географического факультета Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова.

Изучению особенностей функционирования ООПТ посвящены исследования разнопрофильных специалистов [11,17, 25, 26, 41].

Организация ландшафтного мониторинга особо охраняемых природных территорий проводится с учетом следующих принципов:

- 1) ландшафтный мониторинг обязательно проводится в ООПТ любого статуса, категории и профиля, так как его результаты создают основу для объективного зонирования территории, обоснования географических границ, регламентации природопользования и прикладных оценок территории;

- 2) ландшафтный мониторинг основывается на классических для русской географии концепциях природно-территориального комплекса.

4. Критерии и методы выделения ландшафтных территориальных единиц

В первую очередь в поле проводятся работы по выделению единиц **генетико-морфологической структуры ландшафта**. В соответствии с общепринятыми в ландшафтоведении и ландшафтной экологии технологиями в ландшафтном мониторинге различают уровни его организации [8]: **элементарный, локальный и региональный**.

При **элементарном уровне организации ландшафтного мониторинга** изучение ПТК производится в масштабах 1 : 10000 и крупнее, а главными объектами становятся **фации (биогеоценозы)**.

При **локальном уровне организации ландшафтного мониторинга** проводят изучение **группы фаций и простые урочища** в масштабах от 1 : 25 000 до 1 : 10 000. При этом существенный размах уровня масштабирования связан с различиями рисунка ландшафтов – от **мелкоконтурного к крупноконтурному**.

При **региональном уровне организации ландшафтного мониторинга** изучают **сложные урочища и местности** как элементарные единицы этого уровня мониторинга. При этом «работают» на масштабах от 1 : 100 000 до 1 : 25 000, а начиная с масштаба 1 : 100 000 и до 1 : 1 000 000 и мельче эту роль принимают на себя **индивидуальные ландшафтные районы (ландшафты)**.

На каждом из указанных масштабных уровней возможна **экстраполяция** характеристик ПТК, полученных на ключевых участках, на всю исследованную территорию. Основным правилом экстраполяции является допустимость распространения исходных данных только на аналогичные геосистемы.

Соблюдение этого правила достигается обработкой репрезентативного количества (и площади) ключевых участков. Количество участков определяется в каждом случае индивидуально для геосистемы высшего (по отношению к картируемой) ранга в зависимости от сложности ее морфологической структуры. Как указывалось выше, в любом случае должны быть исследованы **доминантные, субдоминантные, содоминантные, уникальные и реликтовые ПТК**.

Оптимальные площади ключевых участков, определенные опытным путем, составляют: для **крупномасштабного мониторинга** – от 10 до 25 % территории; для **среднемасштабного** – от 6 до 11 %, для **мелкомасштабного** – не менее 1 %.

При ландшафтном мониторинге с использованием аэрофото-снимков для их дешифрирования выделяют **три группы ключевых участков: калибровочные** (охватывают от 2 до 5 % площади картирования), **проверочные** – (от 5 до 10 % площади картирования) и **экстраполяционные** – (от 10 до 25% площади картирования).

Опыт показывает, что эти соотношения могут быть использованы и при полевых работах.

Исходной единицей ландшафтных территориальных структур всех типов является фация. Ее диагностические признаки приведены в таблице 1. Последовательно применяя их, можно выделить участки территории, однородные по всем природным признакам. Такие участки оказываются малыми по площади – от 10 м² до нескольких гектаров, а в урочищах со сложной структурой почвенного покрова, вариациями степени «смытости» или увлажнения фации могут занимать и меньшие площади. Поэтому показать фации на ландшафтных картах масштаба мельче 1 : 10 000 затруднительно, да и для решения большинства прикладных задач ландшафтного мониторинга не обязательно.

Значение анализа фаций в том, что по их описаниям устанавливаются основные черты пространственной структуры ландшафтных единиц высших рангов (подурочищ и урочищ, ландшафтных полос, бассейновых ландшафтных систем первого порядка).

Поэтому при крупномасштабном ландшафтном мониторинге необходимо лишь описывать фации, а выделять их границы и показывать на карте не обязательно. В отчете дают описание доминантных и субдоминантных фаций, определяющих специфику урочищ. Редко встречающиеся фации могут указывать на тенденции динамических изменений ландшафтных территориальных единиц в целом, в этом случае тоже необходима их характеристика.

Выделение единиц позиционно-динамической ландшафтной структуры представляет собой особую процедуру, требующую и полевого изучения полигона, и проведения специальных расчетов. Иногда основанием для выделения ландшафтных полос служат границы частных крупномасштабных районирований исследуемого участка, отражающих дифференциацию ПТК по гипсометрическим уровням.

При увязке несовпадений, возникающих при выделении ландшафтных полос способом наложения компонентных границ, не следует объединять две границы в одну, если расстояние между ними

превышает 250 м на местности (25 мм на карте масштаба 1 : 10 000 и 10 мм масштаба 1 : 25 000).

При несовпадении границ компонентных районирований на меньшую величину продольную границу ландшафтной полосы проводят по одной из природных границ (если установлена ведущая роль этого компонента в дифференциации ПТК). Чаще всего границы ландшафтных полос проводят по линиям перегиба рельефа и подошве склона таким образом, чтобы в пределах одной ландшафтной полосы склон имел простую форму и близкую крутизну. Для этого на топографической карте выделяют каркасные линии рельефа, которые являются поперечными, то есть располагающимися поперек склона вдоль горизонталей.

Каркасные линии рельефа являются границами ландшафтных полос в их первом приближении. Необходимо иметь в виду, что точность нанесения на топографическую карту горизонталей колеблется в пределах величины, равной $1/2$ сечения рельефа, следовательно, ошибки (смещения границы) при определении местоположения каркасных линий рельефа наиболее значимы на участках с малыми уклонами поверхности.

Однородность крутизны рельефа ландшафтной полосы устанавливают путем сопоставления (наложения) карты углов наклона с картой выделенных границ ландшафтных полос. Установлено [58], что точность проведения границ на участках крутизной до 1° составляет 5 мм на карте; до $1-2^\circ$ – 3; $2-3^\circ$ – 1,6; 8° и более – порядка 1 мм.

Такие ситуации могут «провоцировать» несовпадение линий перегиба склона с границами почвенных групп или пород с разными условиями фильтрации. Поэтому при обнаружении таких расхождений рекомендуется поступать следующим образом: 1. Прежде всего следует построить вспомогательную карту углов наклона с градацией изогеклин (линий равной крутизны рельефа) $0-1^\circ$; $2-5^\circ$; $5-8^\circ$ и более 8° . 2. Если несовпадение линий перегиба рельефа с почвенными и геологическими контурами отмечено на участках с крутизной рельефа менее 2° и не превышает величины 5 мм на карте, границу ландшафтной полосы следует проводить по выделам почвенной (геологической и др.) карты. 3. В пределах склонов с крутизной $2-5^\circ$ при несовпадении границ до 5 мм истинную границу следует проводить на равном расстоянии от двух несовпадающих. 4. На склонах крутизной более 5° , если расхождения не превышают 3 мм, границы ландшафтных полос проводят по горизонталям. 5. Если несовпадение границ

превышает указанные величины (5 и 3 мм), необходим более детальный анализ причин расхождений. При этом если в пределах спорной полосы есть точки полевых описаний почвы (геологических скважин и т. п.), то граница должна быть проведена на **почвенной (геологической) карте**. Если точки полевых описаний расположены на достаточном отдалении от спорных полос (1 см и более на карте), то границу ландшафтной полосы целесообразно проводить по линиям, выделенным на **топографической карте**. Последние границы, однако, следует проверять в процессе полевых исследований. Относительную однородность (неоднородность) ландшафтной полосы устанавливают, сопоставляя карту ландшафтных полос с топографическим положением микроводоразделов и почвенных разностей. Ландшафтные полосы, неоднородные по почвенному покрову и направлениям стока, разделяют на участки, представляющие собой, как правило, отрезки полосы поперек горизонталей рельефа.

Основой ландшафтного мониторинга являются ландшафтные карты, которые в зависимости от целей и задач исследования подтверждают карты: **крупномасштабные** (1 : 10 000, 1 : 25 000, 1 : 50 000, 1 : 100 000), **среднемасштабные** (1 : 200 000, 1 : 500 000, 1 : 750 000) и **мелкомасштабные** (1 : 1 000 000, 1 : 1 500 000 и мельче). В соответствии с масштабом меняется ранг выделяемых ПТК (табл. 4, 5).

Таблица 4 – Зависимость масштабов и таксономического ранга единиц картографирования ЛТС от содержания решаемых задач [26, 30]

Решаемая задача	Масштаб карт	Картографируемые единицы ЛТС
1	2	3
Лесохозяйственное устройство	1: 10 000; 1: 25 000	Урочища, ярусы
Оценка сельскохозяйственных территорий	1: 10 000	Подурочища, местности, ландшафтные полосы
Проекты водоохранных зон	1: 10 000	Подурочища, урочища, местности, ландшафтные полосы
Схема противоэрозионных мероприятий	1: 10 000; 1: 25 000	Подурочища, урочища, местности, ландшафтные полосы

1	2	3
Проекты мелиорации	1: 5000; 1: 10 000	Подурочища, бассейны
Схема районной планировки	1: 50 000; 1: 100 000	Местности, урочища, ландшафтные полосы и ярусы, бассейны
Выделение ООПТ	1: 25 000; 1: 1 000	Урочища, подурочища, фации
Оценка биоразнообразия	1: 10 000; 1: 1 000 000	Фации, урочища, ландшафтные полосы, бассейны, физико-географические районы (ландшафты)

Таблица 5 – Классификация районов работ по сложности геоморфологического строения [26]

Категория сложности геоморфологического строения	Характеристика района по геоморфологическому строению
I (простое строение)	Равнины, образованные одним или несколькими близкими по происхождению генетическими типами рельефа со слабым проявлением неотектонических движений и слабым расчленением (озерно-аллювиальные равнины)
II (сложное строение)	1. Плоскогорья и возвышенные равнины, образованные несколькими генетическими типами рельефа с проявлением неотектонических движений преимущественно одного знака и небольших амплитуд и имеющие сравнительно простую историю развития (денудационные плоскогорья и возвышенности и т. п.). 2. Равнины первой категории, заболоченные. 3. Аккумулятивные равнины
III (очень сложное строение)	1. Аккумулятивные ледниковые и водноледниковые равнины. 2. Аккумулятивные и денудационные равнины разного генезиса с флювиальным и карстовым рельефообразованием

Типология, иерархия, классификация и индикаторы ПТК. При изучении ландшафтной структуры территории при ландшафтном мониторинге используют два подхода – региональный (индивидуальный) и типологический.

Базовой единицей ЛТС в обоих подходах является ландшафт (физико-географический район). Типология ландшафтных единиц основана на концепции ЛТС и подробно изложена выше.

Перечень и индикаторы (диагностические признаки) типологических таксономических единиц разных ландшафтных рангов соответствуют единицам генетико-морфологической ЛТС (табл. П.1.1–П.1.9).

Иерархия ПТК при региональном (индивидуальном) подходе строится на двухрядном принципе [20–23] и охватывает геосистемы высших рангов – крупнее ландшафтного района. При этом выделяются зональные (зоны, подзоны) и азональные (страны, области) ПТК.

5. Типология, генезис, иерархия локальных ПТК

Типология, генезис и иерархия локальных ПТК ранга урочищ представлены в таблице 6 и легенде ландшафтной карты масштаба 1 : 25 000–1 : 50 000 [26].

Таблица 6 – Разнообразие генетических групп и типов урочищ [26]

Ледниковые	Водно-ледниковые			Водные		Биогенные
	Внутри-ледниковые	Приледниковые		озерные	речные	
		потоковые	озерные			
Моренные холмы	Камовые холмы	Зандровые равнины	Озерно-ледниковые равнины	Озерные террасы	Долины малых рек	Болотные равнины
Моренные гряды			Озерно-ледниковые террасы		Речные террасы	
Моренные равнины						

6. Методы полевых наблюдений

Основным методом ландшафтных полевых работ является описание ключевых точек, которое проводится на элементарных ПТК локального уровня – фациях. Стандартное описание фаций выполняется на специальных бланках, это облегчает работу по типологии ландшафтных территориальных единиц и использованию данных ландшафтных исследований для решения конкретных задач.

Описание ключевых фаций осуществляется на исследуемой территории методами профилирования или площадной съемки.

Для детального изучения фаций, в соответствии с задачами мониторинга, разрабатывается дополнительный бланк наблюдений, который является приложением к стандартному. Так, например, при индикации загрязнения атмосферного воздуха по общепринятым методикам [4, 5, 23, 24, 50].

Речные террасы равнины для исследуемых фаций определяются параметрами состояния атмосферы. К их числу относятся рН осадков, запыленность воздуха, расстояние до антропогенных источников загрязнения атмосферы (городов, населенных пунктов, автомобильных и железных дорог, промышленных предприятий и т. п.), объемы выбросов вредных веществ, видовой состав биоиндикаторов загрязнения атмосферы, количество или проективное покрытие видов-индикаторов.

Описание урочищ в дальнейшем дается по результатам изучения доминантных, содоминантных, субдоминантных, редких и реликтовых фаций, которые играют различную роль в ландшафтной структуре, но именно их полный набор определяет ценность территории.

Контрольные вопросы

1. Какие мероприятия включает организация ландшафтного мониторинга?
2. Назовите этапы проведения ландшафтного мониторинга.
3. Дайте характеристики проведения работ во время подготовительного, полевого, заключительного (послеполевого камерального) этапов.
4. В чем особенности методики проведения ландшафтного мониторинга на территории особо охраняемых природных территорий (ООПТ)?
5. Какие принципы организации ландшафтного мониторинга применяются при его проведении на особо охраняемых природных территориях?
6. Какие уровни организации, по Б.В. Виноградову (1998), различают в ландшафтном мониторинге?
7. Дайте характеристику элементарному, локальному и региональному уровням организации ландшафтного мониторинга.
8. Границами чего являются каркасные линии рельефа?
9. Пользуясь таблицей 6, назовите разнообразие генетических групп.

Лекция 4. Ландшафтно-геохимический мониторинг

1. Ландшафтно-геохимические системы (элементарные ландшафты).
2. Каскадные ландшафтно-геохимические системы.
3. Виды ландшафтно-геохимического мониторинга.
4. Законы распределения химических элементов в ландшафтах.
5. Главная особенность распространенности химических элементов на Земле. Закон Кларка – Вернадского.
6. Методы проведения ландшафтно-геохимического мониторинга.
7. Геохимическая классификация городов и городских ландшафтов.
8. Состояние ландшафтов и здоровье человека.

1. Ландшафтно-геохимические системы (элементарные ландшафты)

По уровням организации и тесноте связей среди ландшафтно-геохимических систем выделяются **элементарные и сложные (каскадные) системы**.

Элементарные ландшафтно-геохимические системы. Своего рода «атомы ландшафта» – это единицы, из которых построена земная поверхность, получили свое представление благодаря изучению земной поверхности. Ученые присваивали им разные наименования: Б.Б. Польшов – *элементарный ландшафт*; И.В. Ларин – *микрولандшафт*; Л.С. Берг и Н.А. Солнцев – *фация*; В.Н. Сукачев – *биогеоценоз*. М.А. Глазовская – *элементарные ландшафтно-геохимические системы* (ЭЛГС).

М.А. Глазовская считает, что целостность таких систем скорее обеспечивается между собой тесными миграционными внутренними связями, чем с соседними элементарными системами. В дальнейшем мы будем употреблять термин **«элементарный ландшафт»**.

Б.Б. Польшов предложил в качестве главного критерия выделения элементарного ландшафта однородность почвы. По Б.Б. Польшову (1953): *элементарный ландшафт в своем типичном проявлении должен представлять один определенный тип рельефа, сложенный*

одной породой или наносом и покрытый в каждый момент своего существования определенным растительным сообществом. Все эти условия создают определенную разность почвы и свидетельствуют об одинаковом на протяжении элементарного ландшафта развитии взаимодействия между горными породами и организмами.

Элементарный ландшафт сложнее, когда интенсивнее протекает миграция химических элементов и больше видовое разнообразие. Площадь выявления больше, чем больше информации о элементарном ландшафте. Например, наименьшие площади выявления характерны для пустынь без высшей растительности (такыры, солончаки); а наибольшие – для лесных ландшафтов влажных тропиков, имеющих огромное видовое разнообразие биологической информации. То есть площадь выявления – важная константа, имеющая большое значение для классификации элементарных ландшафтов.

Под **мощностью** элементарного ландшафта принято понимать расстояние от верхней до нижней границы. Верхняя граница – в тропосфере (определяется зоной распространения пыли земного происхождения из данного или соседнего ландшафта, а также зоной обитания организмов). Нижней границей является горизонт грунтовых вод. Мощность элементарного ландшафта испытывает колебания в больших пределах и подчиняется тем же закономерностям, что площадь выявления: чем разнообразнее элементарный ландшафт, тем он сложнее и содержит больше информации, тем больше его мощность (например, на такыре мощность мала; а в экваториальном лесу – велика).

В вертикальном направлении элементарный ландшафт неоднороден вследствие миграции химических элементов. Это создает **радиальную геохимическую структуру** (ярусы), которая характеризуется рядом ландшафтно-геохимических коэффициентов (R-анализ). В каждом элементарном ландшафте имеются не все ярусы. В отдельных элементарных ландшафтах отсутствует водоносный горизонт (так как находится за пределами ландшафта); в других – водоносный горизонт совмещен с почвой (поймы, некоторые болота), в отдельных – кора выветривания совмещена с почвой и так далее.

Как правило, каждый ярус отличается от другого химическим составом. Также вертикальная дифференциация характерна для отдельных ярусов. Например, горизонты одной и той же почвы обладают различным составом и различными физико-химическими условиями среды. Дифференцирован растительный покров, состоящий из ярусов (например, ярус мхов, ярус деревьев в тайге). Более всего контрастны в вертикальном профиле *элементарные ландшафтно-геохимические системы* (ЭЛГС), отражающие дифференциацию подвижных форм химических элементов. Характерная особенность элементарного ландшафта и его структуры – это резкая по вертикали дифференциация вещества и физико-химических условий.

По условиям миграции химических элементов Б.Б. Польшов выделил **три основных элементарных ландшафта** (рис. 2): **элювиальный**, **супераквальный** (надводный) и **субаквальный** (подводный).

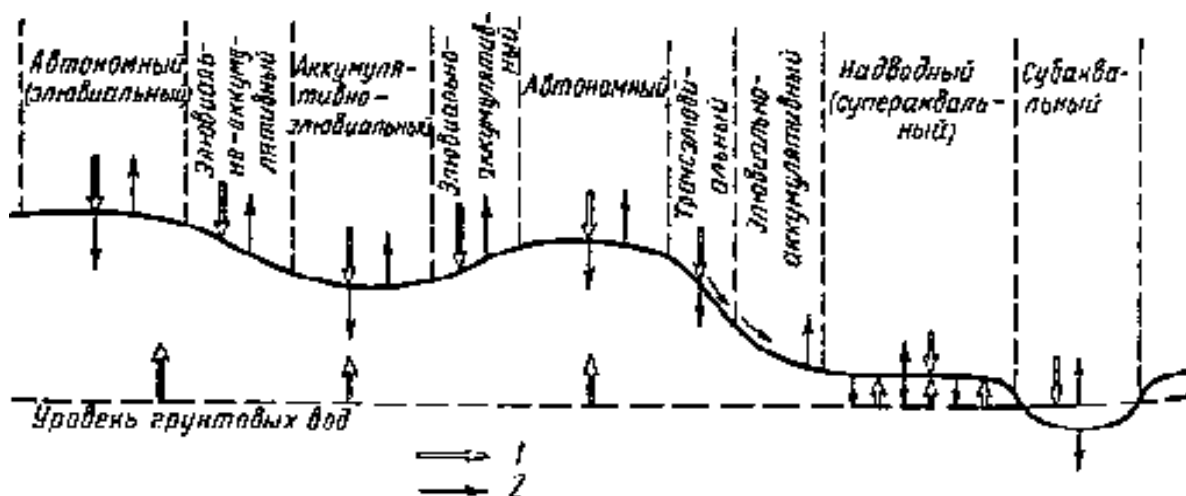


Рисунок 2 – Основные типы элементарных ландшафтов (по Б.Б. Польшову с дополнениями М.А. Глазовской): 1 – поступление вещества в ландшафт (из атмосферы, грунтовых вод); 2 – удаление веществ из ландшафта в атмосферу, грунтовые и поверхностные воды

Элювиальный ландшафт приурочен к плоским водоразделам с глубоким залеганием грунтовых вод, которые не оказывают явного влияния на биологический круговорот вещества. Вещество и энергия поступают из атмосферы или через атмосферу. Характерны прямые нисходящие водные связи. В элювиальных почвах происходит вымывание растворимых веществ и образование иллювиальных горизонтов.

Хотя водораздел плоский, с него все-таки возможен смыв. Поэтому в связи с ходом своей истории почва постепенно теряет верхнюю часть горизонта А, а почвообразовательные процессы все глубже проникают в подстилающую породу. Б.Б. Полынов писал: «...водораздельные почвы как бы разъедают эти водоразделы и снижают их превышение над базисом эрозии». Когда формирование ландшафтов продолжается в течение длительного геологического времени, а вынос протекает непрерывно, под почвой образуется мощная кора выветривания различного типа (латеритная, красноземная, каолиновая). Именно элювиальные условия определяют жизненные формы организмов и их видовой состав.

Супераквальные (надводные) элементарные ландшафты характеризуются близким залеганием грунтовых вод. Грунтовые воды существенно влияют на ландшафт, потому что поставляют в этот ландшафт различные вещества, вымытые из коры выветривания и почв водоразделов. В супераквальных ландшафтах возможна значительная аккумуляция химических элементов, обладающих наибольшей миграционной способностью. Например, в супераквальных ландшафтах в солончаках аккумулируются сульфаты, хлориды, нитраты и другие вещества. Извне поступление ряда химических соединений оказывает глубокое влияние в супераквальных ландшафтах на интенсивность и направление химических реакций; внешние формы; анатомию и физиологию организмов и их общую массу. В супераквальных ландшафтах преобладают обратные водные связи.

Для **субаквальных** (подводных) элементарных ландшафтов характерен принос материала с твердым и жидким боковым стоком (речной или озерный ил растет снизу вверх и может быть не связан с подстилающей породой). В субаквальных ландшафтах наблюдаются особые жизненные формы растений и животных и местами особые систематические группы. В водоемы поступают химические элементы с прилегающих водосборов. В первую очередь поступают наиболее подвижные элементы, накопление которых типично для субаквальных ландшафтов. Может в отдельных местах поступать избыточное количество растворимых соединений, с которыми организм приходится вести «борьбу». Условия разложения остатков растений и животных в элювиальных и субаквальных ландшафтах различны, поэтому различны и получающиеся продукты (например, гумус и сапропель). Характерны обратные водные связи (положительные и отрицательные).

Продукты выветривания и почвообразования элювиального ландшафта поступают с поверхностным и подземным стоком в пониженные элементы рельефа и влияют на формирование надводных и подводных ландшафтов. Поэтому надводные и подводные ландшафты называются **подчиненными**. Ландшафты водоразделов, напротив, менее зависят от надводных и подводных ландшафтов, потому что не получают от них химических элементов с жидким или твердым стоком. Поэтому элювиальные ландшафты водоразделов называются **автономными**, а их почвы и растительность образуют центр всего ландшафта.

Независимость автономных ландшафтов от надводных и подводных весьма условна, так как поймы и водоемы оказывают определенное влияние на ландшафты водоразделов (через циркуляцию водяных паров, распространение туманов, перенос ветром различных соединений, содержащихся в воздухе, миграцию флоры и фауны с прибрежных участков на водораздельные). Под автономностью водоразделов понимается отсутствие поступления жидкого и твердого стока от надводных и подводных ландшафтов.

Таким образом, различия между автономными (элювиальными) и подчиненными ((супераквальными (надводными) и субаквальными (подводными)) ландшафтами заключаются в характере аккумулятивных процессов и водных связей. В автономных ландшафтах аккумуляция связана с поступлением веществ из горных пород и атмосферы, а в подчиненных (супераквальных и субаквальных) еще имеет место поступление из грунтовых и поверхностных вод. Для автономных ландшафтов характерны прямые нисходящие водные связи, для подчиненных – обратные.

Наряду с основными элементарными ландшафтами существуют многочисленные переходные формы, приуроченные к склонам, поймам рек и т. д. Например, М.А. Глазовская кроме элювиальных (автономных) еще различает: **трансэлювиальные** (ландшафты верхних частей склонов), **трансэлювиально-аккумулятивные** (нижних частей склонов), **элювиально-аккумулятивные** (сухих ложбин), **аккумулятивно-элювиальные** (местных замкнутых понижений с глубоким уровнем грунтовых вод). Супераквальные ландшафты она делит на **транссупераквальные** и **собственно супераквальные** (замкнутых понижений со слабым водообменом). Субаквальные – на **транссаквальные** (реки, проточные озера) и **аквальные** (непроточные озера).

2. Каскадные ландшафтно-геохимические системы

В.В. Докучаев и Н.М. Сибирцев заложили идеи взаимосвязи и взаимозависимости между компонентами почвенного покрова. В наиболее целостном виде это направление в географии почв нашло отражение в учении о структуре почвенного покрова В.М. Фридланда. В этих работах были введены понятия о почвенных комбинациях, почвенных комплексах, почвенных цепях и катенах, отражающих генетические и топологические связи почв с рельефом, горными породами, условиями стока и дренажа.

Б.Б. Полиновым [40] показано, что в сопряженных почвах и элементарных ландшафтах системообразующую роль играет миграция химических элементов. Б.Б. Полинов назвал геохимическим ландшафтом районы: водоразделы со стоком, склоны, долины, водоемы, где образует единое целое.

По мнению А.И. Перельмана [36, 37], **геохимический ландшафт** – это парагенетическая ассоциация сопряженных элементарных ландшафтов, связанных между собой миграцией элементов.

Характерное для каждого геохимического ландшафта закономерное сочетание элементарных ландшафтов называется его **геохимическим сопряжением**. Это присущий геохимическому ландшафту тип обмена веществ, энергии и информации между элементарными ландшафтами.

Для геохимического ландшафта характерны: площади выявления, мощность, структура (комплекс элементарных ландшафтов и их геохимическое сопряжение), окраска и другие морфологические признаки. Чем больше площадь выявления, мощность, сложнее структура, пестрее окраска, тем больше разнообразия (информации) в ландшафте.

Каскадными геохимическими системами называются природные системы с однонаправленными потоками вещества. Водосборные бассейны обладают наиболее целостным проявлением свойств каскадных геохимическими системы. Они многими географами выдвигаются в качестве основных объектов не только гидролого-геоморфологической, но и физико-географической, ландшафтно-геохимической организации поверхности Земли.

По мнению М.А. Глазовской, **каскадные ландшафтно-геохимические системы (КЛГС)** – это парагенетические ассоциации

ЭЛГС, целостность которых определяется потоками вещества, энергии и информации от верхних гипсометрических уровней рельефа к нижним. Каскадные ЛГС весьма разнообразны по структуре, протяженности, типам функционирования, начиная от простых водосборных бассейнов малых рек и кончая бассейнами высоких порядков (Волги, Оби, Енисея и др.).

Наиболее просто организованной каскадной системой является геохимическое сопряжение элементарных ландшафтов на склоне – **катена**. Это не только топографический ряд почв и ландшафтов, но и отражение почвенных и склоновых процессов и явлений, взаимодействие которых образует более сложные системы, чем элементарные ландшафты.

Понятие о катенах возникло независимо от геохимии ландшафта, не на основе геохимической методологии. Однако это определение важно для науки, что позволяет говорить о **ландшафтно-геохимических катенах**. Катены в зависимости от сложности пространственной структуры (в первую очередь литогенного субстрата) делятся на монолитные и гетеролитные.

Монолитные катены характеризуются одинаковым составом почвообразующих пород и располагаются обычно в каскадных системах водосборных бассейнов 1-го и 2-го порядков, где геохимия супераквальных ландшафтов практически полностью определяется миграцией веществ из автономных ландшафтов. Это **автохтонные**, или **геохимически подчиненные** катены.

В каскадных системах более высоких порядков формируются в основном **гетеролитные катены**. В них вещество поступает из других ландшафтов, они называются **геохимически слабоподчиненными**, или **аллохтонными**.

Так же, как радиальная, геохимическая структура отражает характер взаимодействия и соотношения между компонентами и блоками, **каскадные ландшафтно-геохимические системы** (ЭЛГС) отражают отношения химических элементов в катенах. Они характеризуются **латеральной геохимической структурой** – инвариантными связями геохимически сопряженных систем типа «автономный ландшафт – подчиненный ландшафт» (L-анализ).

Следующим по сложности уровнем каскадных систем являются **водосборные бассейны**. Для кодирования их порядка удобно использовать схемы А. Стралера и В.П. Философова, в которых наименьшие

водосборы отнесены к речным долинам первого порядка. Они представляют собой **каскадные системы первого порядка (КЛГС₁)** и в большинстве случаев соответствуют геохимическим ландшафтам в понимании Б.Б. Польшова [40]. Но понятие геохимического ландшафта шире, так как он может и не включать водосборный бассейн, как, например, в пустынях.

Каждая КЛГС состоит как минимум из двух склоновых катен с общим днищем. Обычно число катен в каскадных системах первого порядка может составлять 3–7. Поэтому возможно, не нарушая принципов кодирования водосборных бассейнов, их относить к КЛГС нулевого порядка.

Речным бассейнам второго, третьего и более высоких порядков соответствуют КЛГС этих же порядков. М.А. Глазовская [14] в зависимости от закрытости или открытости аккумулятивных звеньев выделяет каскадные системы рассеяния и концентрации. Последние она именует **ландшафтно-геохимическими аренами**. Уже в каскадных системах четвертого порядка на долю водосборов первого и второго порядков приходится 75–80 % площади, что определяет важность исследования ландшафтно-геохимического катенарного уровня организации природной среды.

Геохимические катены и арены первого и второго порядков представляют собой локальные каскадные системы, являющиеся базовыми для установления основных особенностей ландшафтно-геохимической дифференциации территорий. Исследования на этом уровне дают информацию о радиальной почвенно-геохимической и биогеохимической контрастности ландшафтов, латеральной миграции веществ. М.А. Глазовская в зависимости от порядка водосборных бассейнов выделяет микро-, мезо-, макро- и мегаарены.

Региональные КЛГС речных бассейнов более высоких порядков (макро- и мегаарены) практически всегда гетеролитны, что затрудняет анализ их латеральной структуры. Сложная геохимическая дифференциация региональных КЛГС требует выявления объектов, химический состав которых отражает особенности латеральной миграции элементов в водосборных бассейнах. Наиболее информативны в этом отношении илы (донные отложения). По аналогии с наземными почвами их можно назвать «зеркалом» подводного ландшафта.

3. Виды ландшафтно-геохимического мониторинга

Экологический мониторинг – слежение за состоянием природных систем и их изменением под воздействием антропогенных нагрузок. Важной составной частью этого мониторинга является геохимический мониторинг, т. е. наблюдение за геохимическими параметрами природных и техногенных ландшафтов.

Различают **фоновый и импактный** геохимический мониторинг.

Фоновый геохимический мониторинг заключается в наблюдении за распределением и поведением химических элементов и соединений в ландшафтах вне сферы влияния локальных источников загрязнения. Он занимает важное место в международных программах по окружающей среде ЮНЕСКО и ЮНЕП и проводится главным образом на фоновых станциях и биосферных заповедниках (И.П. Герасимов, Ю.А. Израэль, Ф.Я. Ровинский, В.Е. Соколов, М. Gwine, R. Munn и др.). Фоновый мониторинг дает информацию не только о локальных параметрах конкретных ландшафтов станций и заповедников. Проводимый на единой методической основе во многих странах, он позволяет оценивать глобальные изменения природной среды. Поэтому фоновый мониторинг иногда называют глобальным.

Без определения содержания элементов в окружающей среде, которое было до глобально-регионального (фоновое) загрязнения, невозможно оценить уровень техногенного загрязнения. Кроме традиционных геохимических методов изучения ландшафтов и их компонентов при этом используются специфические приемы и объекты (глубокие горизонты верховых торфяников, растения из гербариев, многолетние льды, погребенные почвы, волосы и кости человека, старые вина и т. д.).

Импактный геохимический мониторинг – это слежение за региональным и локальным антропогенным воздействием в местах кризисных экологических ситуаций – городах, промышленных центрах, зонах радиоактивного загрязнения и т. д.

По иерархии ландшафтов или экосистем мониторинг делится на **комплексный** (экосистемный, геосистемный) и **компонентный** (атмосферный, водный, биологический, почвенный). Методология геохимии ландшафта, базирующаяся на сопряженном анализе отдельных блоков ландшафта, особенно адекватна целям комплексного экологического мониторинга.

4. Законы распределения химических элементов в ландшафтах

Законы распределения химических элементов в подсистемах ландшафта. На содержание химического элемента в почве, коре выветривания, водах, организмах и других подсистемах ландшафта влияет большое число равновероятных случайных, независимых друг от друга причин. Однако распределение элемента подчиняется нормальному закону, графическим выражением которого служит кривая Гаусса (рис. 3). При нормальном распределении наиболее вероятным значением служит среднее арифметическое $\bar{x}$, которое совпадает с модой (наиболее распространенным значением) и медианой (среднее значение в ранжированном ряде величин). Правда, построение кривых на основе опытных данных, как правило, позволяет говорить лишь о приближении к нормальному закону, т. е. об аппроксимации.

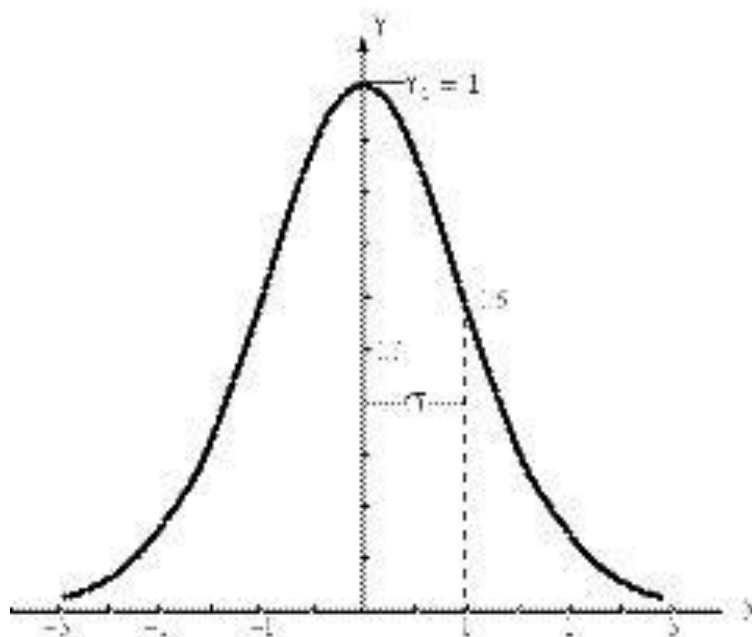


Рисунок 3 – Кривая нормального (гауссовского) распределения

К параметрам нормального распределения, кроме среднего арифметического $\bar{x}$, относится также величина S , или среднее квадратичное отклонение, которое характеризует разброс изучаемой величины. Важным показателем является и коэффициент вариации: $V = (S/\bar{x}) 100$.

Расчет по формуле Гаусса показывает, что при нормальном распределении в пределах $\bar{x} \pm S$ находится 68,3 % значений. Если же пользоваться величиной $\pm 3S$, то в ее пределах будет уже 99,7 % зна-

чений, т. е. можно быть уверенным, что из 1000 значений за этим пределом будет не более трех. Следовательно, если распределение элементов в системе подчиняется нормальному закону, то с вероятностью 99,7 % можно считать, что все значения в пределах $x \pm 3S$ будут относиться к данной совокупности, данной системе и различия между ними определяются случайными причинами.

Значения, отличные от $x \pm 3S$, будут относиться к геохимическим аномалиям (Ca), т. е. принадлежать уже к другой совокупности, другой системе. Поэтому за нижний предел аномальности Ca нередко принимают величину $C_{\text{ф}} + 3S$ («правило трех сигм»): $Ca \geq C_{\text{ф}} + 3S$, где $C_{\text{ф}}$ – фоновая концентрация (среднее арифметическое).

При $Ca \geq x + 3S$ аномалия положительна, а при $Ca < x - 3S$ отрицательна. Опытным путем установлено, что существуют геохимические аномалии, соответствующие и менее «жестким критериям»: $Ca \geq C_{\text{ф}} + 2S$ или даже $Ca \geq C_{\text{ф}} + S$.

Распределение химических элементов, аппроксимирующееся нормальным законом, наблюдается в некоторых минералах, породах, почвах, водах. Однако чаще распределение подчиняется логарифмически нормальному (логнормальному) закону – нормальное распределение характерно не для самой величины, а для ее логарифма. Параметрами в этом случае будет уже не среднее арифметическое, а среднее геометрическое (x) и сигма логарифмированных значений признака (e). Соответственно «жесткий» критерий аномальности будет $Ca \geq C_{\text{ф}}e^3$, а более мягкие: $Ca \geq C_{\text{ф}}e^2$ и $Ca \geq C_{\text{ф}}e$. Распределение разных элементов в одних и тех же объектах нередко подчиняется разным законам. Так, если распределение K в некоторых микроклинах и мускрвитах аппроксимируется нормальным законом, то распределение Li, R и Cs – логнормальным. Это объясняют разной ролью элементов в решетке: K – элемент «хозяин», а Li, R и Cs – изоморфные примеси.

Н.К. Разумовский установил, что распределение многих редких и рассеянных элементов в изверженных породах подчиняется логнормальному закону, по его мнению, «основному закону геохимии». Обсуждение этого вопроса многими учеными показало, что логнормальный закон по своей значимости не может претендовать на роль основного закона геохимии. Из сказанного следует, что данные о содержании химических элементов в ландшафте необходимо распределить на однородные совокупности.

Техногенные геохимические аномалии. Выявление техногенных аномалий является одной из важнейших эколого-геохимических задач при оценке состояния окружающей среды. **Геохимические аномалии** образуются в компонентах ландшафта в результате поступления различных веществ от техногенных источников и представляют собой некоторый объем, в пределах которого значения аномальных концентраций элементов (C_a) больше фоновых значений (C_f). Сильные аномалии, контрастность которых составляет десятки и сотни единиц геохимического фона, выявляются и интерпретируются сравнительно просто. Для оценки слабых аномалий используются статистические критерии (правило трех стандартов и др.). Техногенные аномалии искусственных веществ (пестицидов и др.) выделяются в основном по санитарно-гигиеническим, а не геохимическим критериям.

Если техногенная аномалия имеет четкую пространственную и генетическую связь с конкретным источником загрязнения, то такая аномалия называется **техногенным ореолом рассеяния**. Они фиксируются главным образом в депонирующих средах – почвах, донных отложениях, растениях, снежном покрове. В транзитных средах – воздухе, водах, частично донных отложениях – аномалии именуются **техногенными потоками рассеяния**.

По распространенности выделяются следующие техногенные аномалии:

- **глобальные** – охватывающие весь земной шар (повышенное содержание CO_2 в атмосфере, накопление искусственных радионуклидов после ядерных взрывов);
- **региональные** – формирующиеся в отдельных частях континентов, природных зонах и областях в результате применения ядохимикатов, минеральных удобрений, подкисления атмосферных осадков выбросами соединений серы и др.;
- **локальные** – образующиеся в атмосфере, почвах, водах, растениях вокруг местных техногенных источников: заводов, рудников и т. д. Сравнительно локальные источники загрязнения, сливаясь, могут привести к образованию техногенных аномалий регионального масштаба (крупные промышленные города, их агломерации).

По влиянию на окружающую среду техногенные аномалии делятся на три типа [36–38].

- **Полезные** аномалии улучшают состояние окружающей среды. Это известкованные кислые почвы, добавки (NaJ и KJ) к поваренной соли в районах развития эндемического зоба, фторированная питьевая вода, микроудобрения, подкормка домашних животных (Со) и т. д.

- **Вредные** аномалии ухудшают состояние природной среды в результате появления повышенных концентраций токсичных веществ, отрицательно влияющих на живые организмы. Большинство техногенных аномалий относятся к этому типу.

- **Нейтральные** аномалии не оказывают влияния на качество окружающей среды (золото в банках, железо в городах и др.).

По среде образования техногенные аномалии делятся:

- на **литохимические** (в почвах, породах, строениях), *гидрогеохимические* (в водах);
- **атмогеохимические** (в атмосфере, снеге);
- **биогеохимические** (в организмах): фито-, зоо- и антропогеохимические аномалии.

Как правило, техногенные аномалии образуются в нескольких компонентах ландшафта.

По длительности действия источника загрязнения они делятся:

- на **кратковременные** (аварийные выбросы и т.д.);
- **средневременные** (с прекращением воздействия, например разработка месторождений полезных ископаемых);
- **долговременные стационарные** (аномалии заводов, городов, агроландшафтов).

Понятие аномальности тесно связано с представлениями о геохимическом фоне. При оценке техногенных аномалий фоновые территории выбираются вдали от локальных техногенных источников загрязняющих веществ, как правило, более чем в 30–50 км.

Обобщающим показателем, учитывающим как концентрацию химических элементов в выпавшей пыли, так и массу этих выпадений, является **суммарный показатель нагрузки (Z_p)** [29], который рассчитывается по формуле: $Z_p = \sum K_p - (n - 1)$.

По величине суммарного показателя загрязнения почв и снега, пылевой нагрузке и суммарному показателю нагрузки выделяются территории с разными уровнями загрязнения (табл. 7).

Таблица 7 – Уровни загрязнения почв и снежного покрова металлами

Уровень загрязнения	Суммарный показатель загрязнения почв	Суммарный показатель загрязнения снежного покрова	Выпадение пыли, кг/км ² в сутки	Суммарный показатель нагрузки,
Низкий	8 – 16	32 – 64	100 – 250	1000
Средний	16 – 32	64 – 128	250 – 450	1000 – 5000
Высокий	32 – 128	128 – 256	450 – 850	5000 – 10000
Очень высокий	Более 128	Более 256	Более 850	Более 10000

Для оценки воздействия количества поллютантов, поступающих в организм человека, используются гигиенические нормативы загрязнения – **предельно допустимые концентрации (ПДК)**. Это максимальное содержание вредного вещества в природном объекте или продукции (воде, воздухе, почве, пище), за определенный период еще не влияющее на здоровье человека или другие организмы. ПДК устанавливают для отдельных химических элементов и соединений.

Геохимические барьеры. Геохимическими барьерами А.И. Перельман [12] предложил именовать участки земной коры, в которых на коротком расстоянии происходит резкое уменьшение интенсивности миграции химических элементов и, как следствие, их концентрация. Аналогично макро- и микроклимату, макро-, мезо- и микрорельефу выделяют макро-, мезо- и микробарьеры. Например, в дельтах рек зона смешения пресных речных вод и соленых морских вод представляет собой **макробарьер** шириной в сотни и тысячи метров (при длине рек и морских акваторий в тысячи километров). К **мезобарьерам** относятся краевые зоны болот, где накапливаются многие элементы, выщелоченные из почв водоразделов и склонов. Ортзанды в почвах мощностью в несколько сантиметров и миллиметров относятся к **микробарьерам**.

Явление, которое именуется геохимическим барьером, привлекало внимание исследователей и ранее. Например, при изучении условий образования минералов и руд; при трактовке процессов осаждения элементов из вод. Однако ранее оно рассматривалось изолированно, как предмет разных наук – минералогии, литологии, почвоведения, науки о рудных месторождениях и т. д. Однако в почвах, илах рек и озер, корах выветривания, горизонтах грунтовых вод, зонах

разломов и других системах протекают сходные процессы концентрации элементов. Эти сходные процессы концентрации элементов позволили установить общие типы таких процессов, сформулировать понятие о геохимическом барьере, которое относится к фундаментальным понятиям геохимии.

По мнению А.И. Перельмана: *«Главная особенность геохимического барьера – резкое изменение условий концентрации элементов, это зона, где одна геохимическая обстановка сменяется другой. Между понятием “геохимический барьер” и “геохимическая обстановка”, следовательно, имеется глубокая связь: уменьшение пространства, занимаемого обстановкой, приводит к переходу количества в качество, превращению обстановки в барьер и наоборот»* [38].

На геохимических барьерах образуются руды большинства месторождений, различные геохимические аномалии, приводящие к загрязнению окружающей среды, и другие практически важные виды концентрации элементов. Все это определяет важность изучения геохимических барьеров.

Классификация геохимических барьеров. При совмещении в одном месте различных геохимических процессов формируются **комплексные барьеры**, образующиеся в результате наложения двух или нескольких взаимосвязанных геохимических процессов. Выделяются также **двусторонние барьеры**, которые формируются при движении различных элементов к барьеру с разных сторон. На двустороннем барьере происходит осаждение разнородной ассоциации химических элементов. Различаются также **латеральные барьеры**, образующиеся при движении вод в субгоризонтальном направлении, например на границе элементарных ландшафтов, и **радиальные (вертикальные) барьеры**, формирующиеся при субвертикальной (снизу вверх или сверху вниз) миграции растворов в почвах, зонах разломов, корях выветривания и т. д. **В зависимости от способа массопереноса различаются диффузионные и инфильтрационные барьеры.** В.С. Голубев разработал понятие о подвижном геохимическом барьере, когда барьер перемещается медленнее фильтрации вод.

В основу классификации геохимических барьеров также положены виды миграции. Выделяется два основных их типа – **природные и техногенные.** Природные в свою очередь разделяются на три класса. **Наиболее простые – механические барьеры** – участки рез-

кого уменьшения интенсивности механической миграции. К ним приурочены различные продукты механической дифференциации осадков. В местах резкого уменьшения интенсивности физико-химической миграции формируются **физико-химические барьеры**. Они возникают в местах изменения температуры, давления, окислительно-восстановительных, щелочно-кислотных и других условий. **Биогеохимические барьеры** обязаны уменьшению интенсивности биогенной миграции – угольные залежи, торф, концентрации элементов в телах организмов и т. д.

Среди **техногенных барьеров** также выделяются **механические, физико-химические и биогеохимические классы**. Более сложные процессы образования геохимических барьеров обычно включают в себя менее сложные. Например, в образовании техногенных барьеров могут участвовать механические, физико-химические и биогенные процессы, но сущность данных барьеров не может быть понята без учета особенностей техногенной миграции. Главное внимание исследователей до сих пор привлекали природные и техногенные физико-химические барьеры. Изменение геохимических показателей m (t , p , E_h , pH и т. д.) в направлении миграции химических элементов называется градиентом барьера G

$$G = dm, \text{ или } G = (m_2 - m_1) / dl \cdot l,$$

где m_1 – значение данного геохимического показателя до барьера; m_2 – после барьера; l – ширина барьера. После изучения геохимических барьеров желательно строить функции $m = f / l$ и устанавливать тип кривой.

Контрастность барьера S характеризуется отношением величины геохимических показателей в направлении миграции до и после барьера: $S = m_2 / m_1$.

Интенсивность накопления элемента увеличивается с ростом контрастности и градиента барьера.

Ореолы рассеяния. Понятие «ореолы рассеяния» возникло при разработке геохимических методов поисков рудных месторождений. Часть месторождений поля концентрации, в которой содержание рудных элементов достигает величин, допускающих их эксплуатацию, называется **рудным телом**, или **залежью полезного ископаемого**, а само вещество с кондиционным содержанием элемента – **рудой**. Остальная часть поля концентрации – это **первичный геохимический ореол месторождения**. Он образовался одновременно с рудным телом и в результате тех же процессов. Граница между рудным

телом и первичным ореолом определяется требованиями промышленности. Например, в конце XIX в. в США перерабатывались медные руды, содержащие более 5 % Cu, и прилегающие породы с первыми процентами Cu представляли первичный ореол. В середине XX в. перерабатывались уже руды с 1 % Cu, а то, что ранее считалось первичным ореолом, стало рудой. Протяженность первичных ореолов измеряется десятками, сотнями и тысячами метров, причем нередко ореол достигает земной поверхности, в то время как рудное тело расположено на глубине.

В ландшафтах рудные тела и первичные ореолы подвергаются выветриванию и денудации. В результате почва, кора выветривания, континентальные отложения, подземная и надземная атмосфера вблизи месторождения обогащаются индикаторными элементами (рудными и их спутниками). При выщелачивании руд и ореолов элементы поступают в поверхностные и подземные воды. Растения также накапливают рудные элементы, повышается их содержание и в животных. Так возникает повышенная концентрация элементов в ландшафте, образующая **вторичный (эпигенетический) ореол рассеяния**. Различают: **литохимические ореолы** – в почвах, породах, **гидрогеохимические** – в водах, **атмохимические** – в атмосфере, **биогеохимические** – в организмах.

Размеры вторичных ореолов достигают сотен и тысяч метров. Содержание индикаторных элементов в литохимических ореолах местами лишь незначительно отличается от их содержания во вмещающих породах, причем искомые элементы в подавляющем большинстве случаев находятся в неминеральной форме (адсорбированы глинами и т. д.). Определяя содержание химических элементов в коренных горных породах, во всех компонентах ландшафта – почвах, рыхлых отложениях, водах, растениях, атмосфере – можно обнаружить первичный или вторичный ореол, а по нему и само месторождение.

5. Главная особенность распространенности химических элементов на Земле. Закон Кларка – Вернадского

Среднее содержание химического элемента в земной коре или отдельной его части называют **кларком (К)**. Главная особенность распространенности химических элементов на Земле заключается в огромной контрастности кларков. Так, из 89 элементов, существующих в природе в естественном состоянии, 99,48 % приходится на до-

лю кларков: О (47 %), Si (29,5), Al (8,05), Fe (4,65), Ca (2,96), Na (2,50), К (2,50), Mg (1,87), Ti (0,45 %). В то время как остальные 80 элементов занимают менее 1 %. Кларки большинства элементов не превышают 0,01–0,0001 % [38].

Анализ распределения химических элементов позволил В.И. Вернадскому (1954) сделать вывод о всеобщем рассеянии химических элементов, о том, что «все элементы есть везде». В любой песчинке или капле могут быть найдены все те же химические элементы, какие наблюдаются на Земле или в космосе. Вопрос связан лишь с улучшением и уточнением методов определения их содержания. Это положение о всеобщем рассеянии химических элементов Н.И. Сафронов предложил именовать **законом Кларка – Вернадского**.

Кларки элементов тесно связаны со строением атомного ядра. Так, в земной коре преобладают ядра с небольшим и четным числом протонов и нейтронов. Особенно велики кларки элементов, атомная масса которых делится на 4 (О, Mg, Si, Ca и др.).

Геохимические спектры. Для количественной характеристики степени отличия в той или иной конкретной природной системе или ее части от кларка литосферы В.И. Вернадский предложил использовать **кларк концентрации (КК)**, представляющий собой отношение весового содержания данного элемента в природном объекте (C_i) к кларку литосферы (К): $КК = C_i / К$.

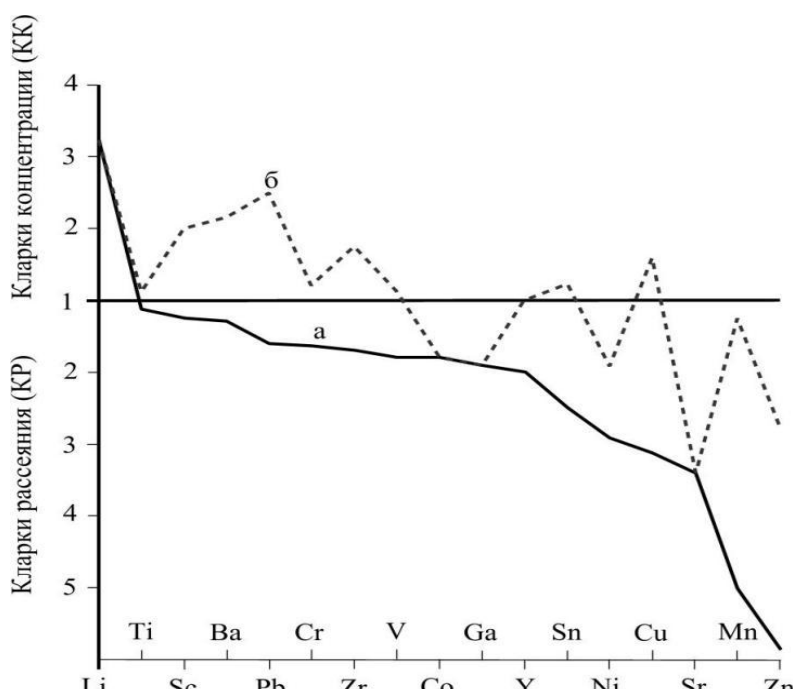


Рисунок 4 – Геохимические спектры аллювиальных суглинков (а) и образованного на них гумусового горизонта аллювиальных почв (б)

Кларк концентрации позволяет судить о степени концентрации ($KK > 1$) или рассеяния ($KK < 1$) химического элемента в исследуемом объекте относительно литосферы. Если содержание химического элемента значительно меньше кларка, для получения целых чисел и большей кратности показателя рассчитывается величина, обратная кларку концентрации, – **кларк рассеяния** (КР). Данный коэффициент показывает, во сколько раз кларк элемента больше его содержания в изучаемом природном объекте: $KP = K / C_i$.

При эколого-геохимических исследованиях часто приходится сравнивать разные системы по распределению в них многих химических элементов. Для этого рекомендуется строить геохимические спектры (см. рис. 4), на которых показаны кларки концентрации (КК) и кларки рассеяния (КР) изучаемых элементов.

6. Методы проведения ландшафтно-геохимического мониторинга

Существует несколько методов ландшафтно-геохимического мониторинга: **метод кларков; анализ геохимической структуры ландшафта (R, L-анализ)** и т. д.

Метод кларков. Так называются исследования распространенности химических элементов в различных природных средах: от глобальных геосфер до локального уровня (ландшафтов, экосистем). Кларки являются геохимической константой, отражающей фоновое распределение элементов и соединений, без знания которого невозможна оценка импактного воздействия. Наряду с достоинствами (массовость, сопоставляемость) метод кларков имеет и недостатки. Прежде всего это излишняя обобщенность данных, полученных в результате статистической обработки, малая степень сепарации геохимических материалов. Самое главное, он не дает целостного представления о геохимических и биогеохимических процессах в таких сложных системах, как природные и тем более техногенные ландшафты.

Анализ геохимической структуры ландшафта (R, L-анализ). Фоновый и импактный мониторинг должен базироваться на изучении миграции химических элементов в ландшафтах, учитывать роль и место геохимических барьеров и зон выщелачивания в распределении элементов, на представлениях об элементарных и каскадных ландшафтно-геохимических системах. Для оценки геохимического состояния и ответных реакций природных ландшафтов на внешнее воз-

действие используются представления о фоновой геохимической структуре ландшафта, отражающие характер связей между различными компонентами.

Фоновые и техногенные геохимические структуры должны устанавливаться для отдельных регионов с учетом зонально-провинциальной и локальной ландшафтно-геохимической типичности (центральные, типичные части регионов) и уникальности (пограничные районы, экотоны, дельты рек и другие территории), лито-, палео- и биогеохимической дифференциации ландшафтов, степени их геохимической автономности, подчиненности и латеральной контрастности, близости к техногенным источникам и т. д.

Различные ландшафты имеют не только определенную радиальную и латеральную геохимическую структуру, но и свойственные только им типы атмо-, гидро- и биогеохимического круговорота и баланса веществ. Индикатором антропогенного воздействия часто является нарушение того или иного типа круговорота и баланса веществ, появление дисбаланса.

Существуют два направления исследования состояний ландшафтов для целей мониторинга. **Первое из них пользуется методом кларков, но с учетом временных изменений параметров.** Это направление в целом преобладает сейчас в программе фонового геохимического мониторинга в биосферных заповедниках и на фоновых станциях. **Второе направление исследований – анализ фонового функционирования ландшафта на основе изучения потоков и балансов вещества и энергии, биогеохимических круговоротов элементов.** Данное направление не является специфическим для геохимии ландшафта и наибольшее развитие получило в экологии, биогеоценологии и почвоведении, где установлены фундаментальные закономерности энергетических и биогеохимических циклов на локальном и глобальном уровнях.

7. Геохимическая классификация городов и городских ландшафтов

Основание геохимической классификации городов. Города и городские ландшафты относятся к отряду антропогенных ландшафтов. Ведущим в них является техногенный вид миграции вещества. Поэтому при их геохимической классификации на верхних таксономических уровнях должны анализироваться особенности техногенной миграции, а на нижних – природно-обусловленные.

При классификации городов выделяют следующие таксономические уровни:

разряды – по степени техногенного воздействия на население и городскую среду. Одним из показателей может выступать коэффициент эмиссионной нагрузки $E = P/N$, где P – количество выбросов, тыс. т в год, а N – число жителей, тыс. чел.;

подразряды – по геохимической специализации выбросов в городах («серные», «азотные», «свинцовые», «фторные» и т. д.);

группы – соответствуют группам природных ландшафтов (лесные, степные, пустынные и т. д.);

типы – соответствуют типам природных ландшафтов (для лесной группы: тропических лесов, тайги, широколиственных лесов и т. д.);

семейства – по особенностям воздушной миграции продуктов техногенеза (одним из показателей может служить геоморфологическое положение города: равнинные, горно-долинные, предгорные, приморские и др.);

классы – по классам водной миграции продуктов техногенеза (кислые, глеевые, кальциевые и др.);

роды – по геохимической специализации литогенной основы (фоновые, субаномальные, природно-аномальные).

Геохимическая классификация городов для городских ландшафтов выделяет таксономические уровни:

порядки – по принадлежности к функциональной зоне (парково-рекреационные, агротехногенные, селитебные, селитебно-транспортные, промышленные);

отделы – по геохимической специализации выбросов и отходов, особенностям воздушного приноса и выноса загрязняющих веществ (селитебные – по этажности, промышленные – по видам производства и т. д.);

семейства – по уровням и опасности загрязнения и динамическим особенностям загрязнения (по уровням – низкий, средний, высокий; по динамическим особенностям загрязнения – устойчивое, реликтовое, современное);

группы – соответствуют группам природных ландшафтов (лесные, степные, пустынные и т. д.);

типы – соответствуют типам природных ландшафтов (для лесной группы: тропических лесов, тайги, широколиственных лесов и т. д.);

классы – по классам водной миграции продуктов техногенеза (кислые, глеевые, кальциевые и др.);

роды – по особенностям воздушной и водной миграции, положению в ландшафтно-геохимических катенах (элювиальный, трансэлювиальный, супераквальный, субаквальный и др.);

виды – по геохимической специализации литогенной основы (гранулометрический состав – пески, супеси, суглинки, глины и т. д.).

8. Состояние ландшафтов и здоровье человека

Биогеохимические провинции. Дефицитными называются химические элементы, добавление подвижных форм которых в ландшафт увеличивает биомассу. К ним в разных ландшафтах относятся О, N, P, K, F, B, J, Cu и многие другие элементы. В большинстве случаев недостает именно подвижных форм, в то время как общее (валовое) содержание элемента может быть достаточно велико.

Элементы, удаление которых из ландшафта увеличивает продукцию живого вещества, называются **избыточными**. К ним в разных ландшафтах относятся Cl, S, Na, Cu, Ni, Fe, F и др. Один и тот же элемент может быть дефицитным в одном ландшафте и избыточным в другом.

Резкий дефицит или избыток элементов приводит к заболеваниям животных, растений, а иногда и человека. Такие болезни А.П. Виноградов назвал **биогеохимическими эндемиями**, а районы их распространения – **биогеохимическими провинциями**. Известны биогеохимические провинции с дефицитом J (в почвах и кормах), дефицитом и избытком F (в питьевой воде), избытком B (в кормах), избытком и дефицитом Cu, Co и т. д.

В.В. Ковалевский, развивая учение о биогеохимических провинциях, предложил понятие **геохимическая экология**. Основная задача геохимической экологии состоит в изучении взаимодействия организмов и их сообществ с геохимической средой, а также организмов между собой.

Информация по биогеохимии растений очень велика. При расчете «на живую массу» все растения концентрируют О, Н, С, N, а считая «на золу», отдельные виды также накапливают Li, Be, Na, Mg, Al, Si, P, S, Cl, K, Ca, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Ge, Se, Sr, Mo, Ag, J, Au, Pb, Ra, U.

Растительный покров является биогеохимическим барьером, на котором концентрируются воздушные мигранты (С, О, Н, N, J), а в

некоторых ландшафтах еще и многие водные мигранты. Если считать «на золу», то на биогеохимическом барьере накапливаются P, S, Cl, Br, B, а в некоторых ландшафтах отдельными видами растений – Ca, Mg, Na, Zn, Cu, Mo и другие элементы.

Морские водоросли по сравнению с наземными растениями обогащены Mg, Na, K, S, Cl, Si, Fe, Sr, F, Ba, Br, J, Se, B, Li, Ti, As, Ag, W, Pb и обеднены Ca, Mn, Al, Rb, Cs (при расчете на сухое вещество). Многие из этих закономерностей объясняются особенностями состава морской воды. Четко вырисовывается при более дробной систематике своеобразие отдельных систематических единиц. Например, диатомовые водоросли северных озер концентрируют Si, скелет состоит из кремнезема. Морская трава, водяной орех содержат 0,2–0,4 % Mn.

При разговоре о концентрации часто имеют в виду накопление элемента в золе, т. е. величину A_x . В агрономии еще в XIX столетии установили, что зола злаков богата SiO_2 , зола бобовых – Ca, а зола картофеля и подсолнечника – K. Позднее были выделены «алюминиевые растения» (плауны, чай), «железные» (мхи), «иодные» (водоросли), солянки (Na, Cl и др.), гипсофиты, селитрянки (NO_3) и т. д. Известны виды, в золе которых повышено содержание Zn, Cu, Se, Li, Mo и других редких элементов. Особенно большой способностью к поглощению редких элементов обладают мхи и лишайники.

Токсичностью называется способность химических элементов вызывать нарушение жизнедеятельности организма человека и животных. В зависимости от степени воздействия на человека химические элементы делятся на классы опасности (СН 245-71):

- чрезвычайно опасные;
- II – высокоопасные;
- III – умеренно опасные;
- IV – малоопасные.

Среди химических элементов, поступающих в почву из выбросов, сбросов и отходов, наиболее опасными (**I класс опасности**) являются мышьяк, кадмий, ртуть, свинец, селен, цинк, бенз(а)пирен и фтор; умеренную опасность (**II класс опасности**) представляют бор, кобальт, никель, молибден, медь, сурьма и хром; мало опасны (**III класс опасности**) – барий, ванадий, вольфрам, марганец и стронций.

В воде большинство из перечисленных химических элементов по их содержанию относятся ко II классу опасности, за исключением ртути, бериллия, таллия, которые относятся к I классу опасности.

Комплексный и куммулятивный характер действия загрязняющих веществ на живые организмы, **полиэлементность** техногенных геохимических аномалий требуют разработки более синтетических показателей оценки качества среды. Так, геохимическими и гигиеническими исследованиями установлена зависимость между показателями здоровья населения и уровнем загрязнения почв территории, на которой оно проживает (табл. 8).

Таблица 8 – Ориентировочная оценочная шкала опасности загрязнения почв по суммарному показателю

Уровень загрязнения	Категория загрязнения	Величина суммарного показателя загрязнения почв (Z_c)	Изменения показателей здоровья населения в очагах загрязнения
Низкий	Допустимая	Менее 16	Наиболее низкий уровень заболеваемости детей и минимальная частота встречаемости функциональных отклонений
Средний	Умеренно опасная	16–32	Увеличение общей заболеваемости
Высокий	Опасная	32–128	Увеличение общей заболеваемости, числа часто болеющих детей, детей с хроническими заболеваниями, нарушениями функционального состояния сердечно-сосудистой системы
Очень высокий	Чрезвычайно опасная	Более 128	Увеличение заболеваемости детского населения, нарушение репродуктивной функции женщин (увеличение числа случаев токсикоза беременности, числа преждевременных родов, мертворождаемости, гипотрофий новорожденных)

Санитарно-гигиенические нормативы качества природной среды. В качестве санитарно-гигиенического норматива выступают **предельно допустимые концентрации (ПДК)** и **ориентировочно допустимые концентрации (ОДК)** вредных веществ, которые при воздействии за определенный промежуток времени практически не влияют на здоровье человека или состояние экосистемы.

К комплексным показателям, характеризующим совместное воздействие различных химических элементов и их соединений, относятся **индекс загрязнения атмосферы (ИЗА); индекс загрязнения воды (ИЗВ).**

Индекс загрязнения атмосферы рассчитывают как сумму нормированных по ПДК_{сс} среднесуточного содержания различных веществ

$$\text{ИЗА} = \sum C_{\text{сс}} / \text{ПДК}_{\text{сс}},$$

где $C_{\text{сс}}$ – среднесуточная концентрация загрязняющего вещества в воздухе;

$\text{ПДК}_{\text{сс}}$ – его среднесуточная предельно допустимая концентрация.

Комплексные ИЗА для оценки загрязненности атмосферного воздуха в различных частях города должны быть рассчитаны для одинакового количества примесей. При составлении ежегодного списка загрязнения атмосферы городов ИЗА рассчитывают для первых по концентрации пяти веществ. Поэтому в данном списке указывают не только величину ИЗА, но и перечень учитываемых веществ.

Нормирование качества воды предусматривает установление для воды водного объекта совокупности допустимых значений показателей ее состава и свойств, в пределах которых надежно обеспечивается здоровье населения, благоприятные условия водопользования и экологическое благополучие водного объекта. Значения **нормы качества воды** зависят от видов водопользования: хозяйственно-питьевого, культурно-бытового и для рыбохозяйственных целей.

В соответствии с Санитарными правилами и нормами (СанПиН 2.1.4.1074-01) питьевая вода должна быть безопасна в эпидемическом и радиационном отношении, безвредна по химическому составу и иметь благоприятные органолептические свойства (температуру, запах, привкус, цветность, мутность).

По санитарному признаку устанавливаются **микробиологические и паразитологические показатели воды** (число микроорганизмов и число бактерий группы кишечных палочек в единице объе-

ма). **Токсикологические показатели воды**, характеризующие безвредность ее химического состава, определяются содержанием химических веществ. **Органолептические свойства** включают мутность, прозрачность, цветность, запах, вкус.

Предельно допустимая концентрация (ПДК_в) в воде водоема хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования – это концентрация вредного вещества в воде, которая не должна оказывать прямого или косвенного влияния на организм человека в течение всей его жизни и на здоровье последующих поколений, а также не ухудшать гигиенические условия водоема.

Предельно допустимая концентрация (ПДК_{вр}) в воде водоема, используемого для рыбохозяйственных целей – это концентрация вредного вещества в воде, которая не должна оказывать вредного влияния на популяции рыб, в первую очередь промысловых.

Комплексная оценка качества воды и сравнение современного состояния водного объекта с установленными в прошлые годы характеристиками проводятся на основании **индекса загрязнения воды (ИЗВ)** по гидрохимическим показателям. Этот индекс рассчитывается нормированием по ПДК_i шести-семи показателей качества воды: растворенного кислорода, биологического потребления кислорода, водородного показателя, содержания фенолов, аммиачного и нитратного азота, нефтепродуктов. Первые два показателя из них (растворенного кислорода, биологического потребления кислорода) являются обязательными [13]:

$$\text{ИЗВ} = 1/N \sum C_i / \text{ПДК}_i,$$

где C_i – концентрация i -го вещества в воде;

ПДК_i – его предельно допустимая концентрация для соответствующего типа водного объекта;

N – число показателей, используемых для расчета индекса.

В гидрохимической практике используется и метод интегральной оценки качества воды, по совокупности находящихся в ней загрязняющих веществ и частоты их обнаружения.

Контрольные вопросы

1. Какие уровни организации выделяются среди ландшафтно-геохимических систем?

2. Смысловое понятие термина «элементарный ландшафт».
3. Почему в вертикальном направлении элементарный ландшафт неоднороден? Может ли это быть следствием миграции химических элементов?
4. Вертикальное направление элементарного ландшафта может ли создать радиальную геохимическую структуру (ярусы), которая характеризуется рядом ландшафтно-геохимических коэффициентов (R-анализ)?
5. Почему водосборные бассейны обладают наиболее целостным проявлением свойств каскадной геохимической системы (КЛГС)?
6. Почему катена считается наиболее просто организованной каскадной системой, отражающей геохимическое сопряжение элементарных ландшафтов на склоне?
7. Покажите взаимосвязь геохимического состояния ландшафта и здоровья человека. Дайте понятие токсичности.
8. Назовите санитарно-гигиенические нормативы качества природной среды. Понятия ПДК и ОДК.

Лекция 5. Применение ГИС-технологий при ландшафтном мониторинге ООПТ

1. Применение ГИС-технологий при ландшафтном мониторинге ООПТ.
2. Составление ландшафтных карт.
3. Принципы составления легенды для ландшафтных карт.
4. Оформление ландшафтной карты.

1. Применение ГИС-технологий при ландшафтном мониторинге ООПТ

При ведении мониторинговых ландшафтных наблюдений обрабатывается и анализируется большой объем информации не только о состоянии компонентов ключевых ПТК, но и об их пространственных связях.

Это требует создания и систематизации массива пространственно-временных данных в удобной для пользователя форме.

Оптимальной основой для создания информационных систем ландшафтного мониторинга могут служить геоинформационные тех-

нологии. Они призваны автоматизировать трудоемкие операции хранения, сбора, анализа и картографической визуализации информации о состоянии ПТК – объектов ландшафтного мониторинга.

Условием применения ГИС при организации ландшафтного мониторинга ООПТ является наличие технических средств, программного обеспечения, умения работы с аппаратно-техническими и программными средствами (компьютерными сетями с полноформатным периферийным обеспечением, GPS-системами глобального спутникового позиционирования, программными пакетами).

По определению, **географическая информационная система** – это система, обеспечивающая сбор, хранение, обработку, доступ, отображение и распространение пространственно-координированных данных.

Под **ГИС-технологиями** в настоящее время понимают **комплекс методов и подходов, основанных на точном географическом позиционировании информации о различных объектах.**

Таким образом, при ландшафтном мониторинге на основе географической информационной системы, с одной стороны, можно оперировать разнообразными пространственными данными (топографическими или тематическими картами, материалами космической и аэрофотосъемки), с другой – результатами полевых исследований, литературными данными, кадастровой и другой фондовой информацией.

Мониторинговая геоинформационная система ПТК включает в себя пять блоков.

А. Блок «Базовая информация» – банк данных, содержащий набор разнообразных, системно организованных географических сведений о конкретных ЛТС. Включает в себя **четыре подблока**: I – природный, II – хозяйственный, III – социальный, IV – нормативный.

А.1. Природный подблок предназначен для накопления информации о природных условиях, о ландшафтном и биологическом разнообразии территории, т. е. о факторах, определяющих устойчивость природной среды к антропогенному воздействию, и о факторах, определяющих перенос и аккумуляцию техногенных продуктов, их распад, а также самоочищение природной среды. Природный подблок включает в себя статичные или динамичные параметры, такие как особенности тектонического строения, геоморфолого-геологические (литологические) характеристики, морфометрия мезо- и микрорельефа, гидрографические показатели, климатические дан-

ные, описания и геохимические характеристики почвы, оценки биоразнообразия (растительного покрова и животного мира), ландшафтный кадастр. Поскольку климат, растительность и природно-территориальные комплексы характеризуются большей динамикой во времени, то для определения тенденций их развития необходимы картографические временные «срезы» и палеогеографические реконструкции, для отдельных регионов области охватывающие десятки – сотни лет. Наиболее динамическими параметрами являются гидрологические характеристики (сток, его объемы, сезонные колебания и т. п.), а также климатические и погодные элементы. Климатические характеристики, полученные по многолетним наблюдениям (например, за осадками, температурой, ветром и т. п.), дают возможность оценить природный потенциал самоочищения крупного региона, возможные его сдвиги в лучшую или худшую сторону. Типы погодных явлений (туманы, смог, грозы, снегопады, температурные инверсии) и их повторяемость в течение года или сезона определяют потенциал самоочищения для малых территорий, конкретных объектов и зон воздействия разнообразных факторов окружающей среды. Для любой территории с развитым экономическим потенциалом важным элементом мониторинга становится ресурсный потенциал.

К объектам контроля при этом относятся **воды** (поверхностные и подземные, чистые и загрязненные, для питьевого и хозяйственно-бытового назначения); **почвы** (плодородие, агротехнические характеристики); **типы угодий земель** сельскохозяйственного назначения (поля севооборота, пастбища, сенокосы, неудобья); **фонд земель** промышленной и жилой застройки (их кадастровая характеристика, стоимость, форма землевладения и т. п.); **лесные ресурсы** (лесотаксационная характеристика); минеральные ресурсы и т. п.

Органы местного самоуправления при решении многих хозяйственных, природоохранных и других вопросов, как правило, нуждаются в наличии как опорной, так и оперативной (мониторинговой) информации, поэтому ресурсный блок является одним из основных в базе данных ГИС.

Последним элементом из природного подблока, отражающим процессы, которые существенным образом могут влиять на местную экологическую обстановку, является составляющая, отслеживающая влияние на данную территорию смежных регионов. Например, зарегулированность стока и загрязненность на региональных водных ар-

териях и других крупных водных объектах, атмосферный перенос загрязнений из соседних индустриальных центров и т. п.

А. 2. Хозяйственный подблок должен содержать информацию обо всех видах деятельности человека, непосредственно использующих ресурсный потенциал или влияющих на состояние природной среды. Информация о хозяйстве, как и о природе, может быть базовой, медленно меняющейся, и динамичной, меняющейся за довольно короткие промежутки времени (сутки, недели, сезоны, месяцы, годы).

К базовой можно отнести организационно-справочную информацию о сложившейся системе управления природными ресурсами и административном делении, а также действующей системе мониторинга. Информация может быть представлена на цифровой адресной карте с границами административного деления региона, размещением городских и муниципальных органов управления, а также постов наблюдения за состоянием атмосферы, водных объектов и почв. Пространственная неоднородность природных условий и ресурсов, история и характер освоения территории обуславливают различия в пространственной структуре природопользования.

Основной информацией для характеристики территориальной структуры природопользования служат данные о дифференциации земельного фонда по землепользователям, землевладельцам и видам использования земель, о характере размещения земель различного хозяйственного назначения, о размещении потенциальных источников загрязнения.

Информация такого рода обычно вводится в единую базу данных в виде статистических характеристик в соответствии с принятыми формами учета государственной статистики и отображается в виде базовых карт структуры земельного фонда и природопользования.

На первой карте показывается размещение землепользователей и землевладельцев и стоимостная оценка земель, включающая оценку их экологического состояния. На карте природопользования показывается размещение хозяйственных систем и их элементов: территорий с жилой застройкой, промышленных предприятий, промзон, ТЭЦ, хранилищ отходов, свалок, автопарков, магистралей, ареалов лесохозяйственных и сельскохозяйственных земель, включая фермерские земли и садово-дачные участки, ареалов зеленых насаждений общего пользования, объектов историко-архитектурного и природного наследия, водных объектов, рекреационных зон.

А.3. Социальный подблок при ландшафтном мониторинге фиксирует и отражает ответную реакцию населения на нарастающее антропогенное давление на ПТК. В этой связи в социальном блоке накапливается базовая и динамическая информация о численности и плотности населения по районам и населенным пунктам; об удаленности населенных пунктов от промышленных объектов, представляющих потенциальную экологическую опасность; о производственной принадлежности, профессиональной структуре и заболеваемости населения, вызванной экологическими факторами. Наибольшую сложность при создании баз данных социально-экономического содержания представляет приведение информации, изначально систематизированной по административным выделам, к сетке ландшафтного районирования.

А.4. Нормативный подблок предназначен для сосредоточения в структуре ГИС документальной базы, регламентирующей порядок ввода и анализа информации, классификаторов и ГОСТов по отдельным компонентам природной среды, нормативов ПДК, ПДВ и т. д. Не менее важным является подбор информационной базы, регламентирующей порядок природопользования как на уровне государства, так и на уровнях субъектов федерации и муниципалитетов.

Б. Блок «Обновление информации» – система сбора данных, обеспечивающая получение новых сведений о состоянии ПТК, поступающих из литературных, статистических, ведомственных, в том числе картографических источников, а также при полевых наблюдениях с их обязательной пространственно-временной привязкой.

В. Блок «Обработка, анализ и синтез информации» – технологии обработки данных, пространственно-временного анализа и моделирования, синтезирующие полученные данные для оценок современного состояния ПТК ООПТ и прогноза их развития.

Г. Блок «Визуализация» – устройства, выдающие по запросу потребителя мониторинговую информацию в разнообразной форме (текстовой, табличной, картографической).

Д. Блок «Принятие решений» – программные продукты, позволяющие анализировать базовую информацию и принимать прикладные решения, например: моделирование различных сценариев динамики и эволюции ПТК в зависимости от изменения социально-экономических условий региона; расчет оптимальности сети ООПТ для сохранения ландшафтного и биоразнообразия; оценка эффективности природоохранных мероприятий и т. п.

2. Составление ландшафтных карт

Основой ландшафтного мониторинга являются ландшафтные карты, которые в зависимости от целей и задач исследования могут быть **крупномасштабными** (1 : 10 000, 1 : 25 000, 1 : 50 000, 1 : 100 000), **среднемасштабными** (1 : 200 000, 1 : 500 000, 1 : 750 000) и **мелкомасштабными** (1 : 1 000 000, 1 : 1 500 000 и мельче).

В соответствии с масштабом меняется ранг выделяемых ПТК.

Ландшафтная карта отражает современные ПТК, представленные коренными (инвариантными), производными (переменными) состояниями и антропогенными модификациями.

На карте должны быть показаны основные особенности региональной и локальной дифференциации ландшафтов, разнообразие ПТК, их естественная и антропогенная динамика.

Особое внимание должно быть уделено отображению пространственно-временного состояния геосистем. Это достигается показом всех типов ландшафтно-территориальных структур, особенно генетико-морфологической, а также фиксацией современной ситуации с учетом динамических тенденций. При отображении антропогенной динамики необходимо указать классы антропогенной трансформации, степень антропогенных модификаций. Выделение и систематизация картографируемых единиц ЛТС осуществляются с учетом ряда принципов, каждый из которых отрабатывается на разных иерархических уровнях легенды для выявления наиболее значимых качественных признаков соответствующих ПТК.

Выделение и систематизация картографируемых единиц ЛТС осуществляются с учетом ряда принципов, каждый из которых отрабатывается на разных иерархических уровнях легенды для выявления наиболее значимых качественных признаков соответствующих ей подразделений.

3. Принципы составления легенды для ландшафтных карт

Легенда представлена в виде дополняющих друг друга смысловых блоков, под разным углом зрения систематизирующих весь набор картографируемых единиц на типологическом уровне.

В основу картирования и создания легенды карты положены **стандартные принципы ландшафтных исследований – генетический, комплексности, универсальности, типизации и уникальности.**

Генетический принцип заключается в отражении истории развития территории, каждого типа ЛТС и их единиц. Этот принцип позволяет выяснить не только причины дифференциации ПТК, но и этапы их формирования и тенденции развития. Принцип реализуется путем применения генетических классификаций и индикаторов в рельефе, почвенно-растительном покрове, при учете антропоизации ПТК. Генетические параметры легенды позволяют определить возраст ПТК. Принцип комплексности проявляется в учете взаимосвязей между компонентами и элементами ПТК при горизонтальной и вертикальной стратификации. Наиболее полный список элементов и компонентов изучается при полевом фациальном анализе территории. В легенде на всех уровнях иерархии обособление ПТК проводят с учетом взаимосвязи компонентов.

Принцип универсальности основан на адекватном применении общепринятых систем иерархии ПТК. Это, во-первых, дает возможность применять разработанную легенду не только для определенной области, но и смежных территорий; во-вторых, совмещать ландшафтную карту определенной области (масштаба 1: 25 000, 1: 50 000) с ландшафтными картами других регионов лесной зоны. Типизация как принцип составления карт широко применяется в географии для выявления территорий, однородных по каким-либо условиям. Классификация типологических ПТК проводится по стандартным признакам, апробированным для геосистем разных рангов, и отражается в легенде. Типологическое выделение геосистем позволяет расширить возможность прикладных оценок территории, особенно в связи с регламентацией природопользования.

Принцип комплексности проявляется в учете взаимосвязей между компонентами и элементами ПТК. В легенде на всех уровнях иерархии обособление ПТК проводят с учетом взаимосвязи компонентов. Принцип проявляется в учете взаимосвязей между компонентами и элементами ПТК при горизонтальной и вертикальной стратификации. Наиболее полный список элементов и компонентов изучается при полевом фациальном анализе территории.

Принцип уникальности основан на адекватном применении общепринятых систем иерархии ПТК. Это, во-первых, дает возможность применять разработанную легенду для разных территорий; во-вторых, совмещать ландшафтные карты (масштаба 1: 25 000, 1 : 50 000) регионов разных природных зон. Применяется для учета индивидуальных

особенностей ПТК, их специфики, отличия от других геосистем. Уникальность ПТК необходимо учитывать при освоении территории, создании особо охраняемых природных территорий. На ландшафтной карте уникальные ПТК выделяются особыми знаками.

Типизация как принцип составления карт широко применяется в географии для выявления территорий, однородных по каким-либо условиям. Классификация типологических ПТК проводится по стандартным признакам, апробированным для геосистем разных рангов, и отражается в легенде. Типологическое выделение геосистем позволяет расширить возможность прикладных оценок территории, особенно в связи с регламентацией природопользования.

4. Оформление ландшафтной карты

Перед оформлением ландшафтной карты составляется **предварительная классификационная таблица ПТК**. В ней дается список видов фаций, объединенных в подурочища и урочища определенного генезиса.

Предварительную классификационную таблицу можно заменить **системой рабочих карточек**, в которых урочища характеризуются по фациям (в индексах). Карточки удобны, так как их можно легко перемещать в нужном порядке и соединять при генерализации видов ПТК (урочищ).

Урочища классифицируются по видам и родам в границах своего ландшафта с учетом генетического признака и возраста (типа), например: крупные и мелкие моренные холмы, поймы низкого уровня.

Местности и ландшафты классифицируются тоже по генетическому признаку: для первых индикатором служит соотношение доминантных и субдоминантных урочищ, для вторых – их набор.

Составленная легенда должна отражать морфологическую структуру ландшафта и включать все выявленные в заданном масштабе фации, урочища, местности и ландшафты. Характеристика основной единицы морфологической структуры ландшафта – урочища – раскрывается через фации.

В легенде указываются доминантные, содоминантные, субдоминантные, редко встречающиеся и уникальные фации.

Для каждой группы фаций указываются генезис литогенной основы, состав слагающих пород и характер их залегания, положение в рельефе, характер и степень увлажнения, разновидности почв, растительные группировки, основные динамические процессы и их интенсивность.

При анализе морфологической структуры ландшафта следует обращать внимание, а при составлении легенды карты **особо обозначать реликтовые и самые молодые урочища и фации**. Реликтовые ПТК представляют интерес как уникальные и очень уязвимые, а молодые ПТК, особенно с несформированным почвенным профилем и пионерной растительностью, несут информацию о направленности процессов и тенденции развития морфологической структуры ландшафта.

При составлении легенды для **основных ПТК ранга выше урочища** для их дополнительной характеристики используются карточки – бланки, в которых раскрывается компонентная и морфологическая структура местности и даются ее прикладные оценки.

Легенда ландшафтной карты оформляется следующим образом: ранг ПТК изображается толщиной линии границы или значком, а генезис ПТК отображается цветом. На карте, согласно легенде, в каждом контуре проставляют цифровые индексы: I, II, ... – для ландшафтов; 11, 12, 13... – для урочищ; а, б. – для фаций.

В качестве примера легенды ландшафтной карты возможно привести Легенду ландшафтной карты Вологодской области (масштаба 1 : 50 000 – 1 : 25 000) [26].

Контрольные вопросы

1. Почему геоинформационные технологии служат основой для создания информационных систем ландшафтного мониторинга?
2. Какую структуру имеет мониторинговая геоинформационная система природно-территориальных комплексов (ПТК)?
3. Какого масштаба ландшафтные карты являются основой ландшафтного мониторинга?
4. Почему перед оформлением ландшафтной карты составляется предварительная классификационная таблица ПТК?

Лекция 6. Мелиорация земель

1. Понятие мелиорации. Мелиоративная устроенность и ее виды.
2. Классификация мелиораций.
3. Водная мелиорация и ее значение.
4. Осушение, виды и способы осушения.
5. Орошение и его способы. Основные элементы оросительной системы.
6. Искусственные водные объекты. Водохранилища.
7. Земельная мелиорация, ее виды и разновидности.
8. Противозерозионные мелиорации. Эрозия почв.
9. Фитомелиорация.

1. Понятие мелиорации. Мелиоративная устроенность и ее виды

Мелиорация (лат. melioratio – улучшение) – **система организационно-хозяйственных и технических мероприятий**, задачей которых является коренное улучшение неблагоприятных природных условий (агроклиматических, гидрологических, почвенных и др.) для **наиболее эффективного использования природных ресурсов в соответствии с потребностями хозяйства.**

Окружающая природная среда – одно из постоянных и жизненно необходимых условий материальной жизни общества. Однако естественные природные условия (климатические, гидрологические, гидрогеологические, почвенные) часто не обеспечивают получение необходимого объема продукции.

Комплекс факторов, ограничивающих возможности оптимального использования природных условий и ресурсов, называется **мелиоративной неустроенностью**. **Основные виды** мелиоративной неустроенности: **переувлажненность, засушливость, засоленность, эродированность, закустаренность, завалуненность** и др. Мелиоративная неустроенность определяется физико-географическими процессами и явлениями, которые могут быть зональными и азональными, интрозональными и природно-антропогенными. Степень выраженности видов и комплексов мелиоративной неустроенности отражает естественную пригодность территории для хозяйственного использования и необходимость проведения мелиораций.

Мелиорация включает в себя систему мероприятий по орошению и осушению, обводнению пастбищ, по борьбе с эрозией, суховеями и пыльными бурями, по улучшению химических свойств почвы (известкование кислых почв, гипсование заселенных почв), очистке полей, сенокосов и пастбищ от камней, корчеванию пней, улучшению рельефа местности, микроклимата полей и многие другие мероприятия.

2. Классификация мелиораций

Классификация мелиораций – система, по которой мелиорации разделены на классы, роды, виды и разновидности.

По целям для отдельных отраслей экономики выделяют следующие **классы мелиораций** окружающей природной среды: 1) сельскохозяйственные мелиорации; 2) лесохозяйственные мелиорации; 3) водохозяйственные мелиорации; 4) мелиорации для здравоохранения и отдыха населения; 5) мелиорации для градостроительства; 6) мелиорации для транспорта; 7) многоцелевые мелиорации.

Одним из первых классификацию сельскохозяйственных мелиораций разработал А.М. Шульгин [19] (табл. 9).

Таблица 9 – Классификация сельскохозяйственных мелиораций

Род	Вид	Разновидность
1	2	3
Водная	Орошение	Регулярная
		Лиманная
		Вегетативная
		Влагозарядная
		Очистная
		Промывная
	Обводнение	Пастбищная
		Хозяйственно-бытовая
	Осушение	Болот
		Заболоченных земель
		Польдерная
Снежная	Терморегулирующая	Снегозадержание
		Снегоуплотнение
	Влагорегулирующая	Снегонакопление
		Снегоудержание весной

1	2	3
Земельная	Почвозащитная	Противоэрозионная
		Противодефляционная
	Культуртехническая	Землеочистная
		Планировочная
	Почвоулучшающая	Оструктурирующая
		Мульчирующая
	Химическая	Солеобогатительная
		Кислоторегулирующая
Почвоукрепляющая		
Санитарнодезинфекционная		
Рекультивационная	Культуртехническая	Глинование
		Пескование
	Химическая	Известкование
		Гипсование
Кислование		
	Фосфоритование	
Климатическая	Микроклиматическая	Противозаморозковая
Фитомелиорация	Лесомелиорация	Полезащитная
		Водоохранная
	Кустарниковая Травянистая	Пескозащитная
		Почвозащитная
		Противоградовая
		Утепляющая в защитном грунте
		Увлажнительная
	Мезоклиматическая	Оросительная или осушительная (на больших территориях)
	Макроклиматическая	Активные способы воздействия на атмосферу, гидросферу и деятельную поверхность

Роды мелиораций выделяются по прямому воздействию на ведущие свойства (геокомпоненты) геосистем (водные, земельные, климатические, фитомелиорации и пр.).

Виды мелиораций выделяются по характеру избирательного воздействия на ведущие свойства геосистем. Например, водные мелиорации подразделяются на осушение, орошение и обводнение.

Разновидности мелиораций выделяются по конкретному воздействию на процессы и свойства отдельных геокомпонентов. Так, осушение подразделяется на осушение болот, осушение заболоченных земель.

3. Водная мелиорация и ее значение

Водная мелиорация (гидромелиорация) – один из основных видов мелиораций, способ, связанный с перераспределением влаги в ландшафте.

Свыше 50 % поверхности суши занимают аридные и семиаридные земли. Значительная часть этой территории страдает от недостатка влаги. С другой стороны, значительная часть земель, расположенных в лесной зоне, в поймах рек, страдает от избыточного увлажнения. Избыток влаги нередко сочетается с недостатком тепла в воздухе и почве и слабой аэрацией почв. Здесь же в лесной зоне расположены огромные массивы заболоченных земель. Нередко избыток влаги в одни периоды чередуется с недостатком ее в другие периоды. Как избыток, так и недостаток влаги сказывается на продуктивности сельскохозяйственных культур. Кроме того, необходимо отметить, что водные ресурсы на Земле распределены крайне неравномерно. Гидрологический режим многих рек неустойчив в течение года. Распределение речного стока неблагоприятно для сельского хозяйства.

Значение водных мелиораций заключается в следующем:

- 1) они обеспечивают оптимальный режим тепла и влаги в ландшафте;
- 2) способствуют резкому повышению биологической продуктивности земель (производство зерна, хлопка, овощей, кормов, фруктов, винограда, бахчевых культур);
- 3) улучшают санитарное состояние территории;
- 4) позволяют создать запасы поверхностного стока.

К водным мелиорациям относят орошение, осушение и обводнение.

Гидромелиорации позволяют устранить диспропорцию в отношении природных факторов и создать оптимальный режим тепла и влаги, необходимый для земледелия.

4. Осушение, виды и способы осушения

Осушение – система инженерных мероприятий, направленная на снижение уровня грунтовых вод, а также удаление излишков воды из почв и горных пород. Оно осуществляется в целях улучшения водновоздушного режима почв, повышения их плодородия, оздоровления местности, добычи торфа, устройства дорог и других инженерных коммуникаций.

Различают два вида осушения: 1) регулирование поверхностного стока и поступления избыточных поверхностных вод; 2) регулирование оттока и притока избыточных грунтовых вод.

Выделяют три способа осушения: 1) **открытый дренаж** – искусственное понижение уровня грунтовых вод путем создания открытых дрен – канав, траншей; 2) **подземный дренаж** – искусственное понижение грунтовых вод путем их подземного отвода по трубам; 3) **обваловывание** – создание земляных валов для отвода поверхностного стока.

Подземный дренаж в зависимости от использованного материала бывает: 1) **гончарный** (используются керамические трубы); 2) **деревянный** (используются бревна и доски); 3) **каменный** (используется камень); 4) **бетонный** (используются бетонные трубы); 5) **пластмассовый** (используются пластмассовые трубы); 6) **земляной (или кротовый)**.

Основными видами осушения являются: осушение болот, осушение заболоченных земель, польдерное осушение.

Польдерными системами осушения называются такие системы, в которых осушаемая территория защищена от затопления насыпными валами.

Осушительная система включает следующие основные элементы: 1) регулирующая осушительная сеть – дрены для отвода избыточной влаги с массива осушения; 2) проводящая собирательная сеть – водоотводные и магистральные каналы, производящие отвод воды за пределы площади осушения; 3) водоприемник (искусственный водный объект, река, ручей); 4) оградительная сеть – ловчие каналы для отвода грунтовых и поверхностных вод со смежных территорий; 5) шлюз-регулятор.

5. Орошение и его способы. Основные элементы оросительной системы

Орошение – система мероприятий, направленных на искусственное увлажнение почвы и поверхности растений путем подачи воды из водного источника (наземного или подземного).

По методам подачи и распределения воды на поля выделяют следующие способы орошения: 1) аэрозольное; 2) поверхностное; 3) дождевание; 4) внутрипочвенное; 5) подземное; 6) лиманное.

Аэрозольное (или мелкодисперсное) орошение направлено на улучшение микроклимата полей. Специальные установки создают мельчайшие капли воды. Во время заморозков при таком увлажнении повышается температура приземного слоя воздуха. Этот способ применяется в садах, виноградниках, теплицах.

Поверхностное орошение – вода самотеком поступает на поливную площадку и впитывается в почву, создавая в ней запасы влаги. Существует несколько **разновидностей этого способа**, главные из них – **затопление**, напуск и бороздной полив. При затоплении участок поля заливается слоем воды глубиной 10–15 см. Таким образом, например, выращивают рис. При поливе напуском вода самотеком распределяется равномерно тонким слоем по поверхности длинных полос и в процессе движения проникает в почву. При **бороздном способе** вода поступает по бороздам и проникает в почву в боковом направлении. Этот способ используется для полива овощных, технических и кормовых культур.

При орошении дождеванием вода, поднятая насосами из источников орошения, разбрызгивается при помощи специальных машин. Существуют **три вида дождевальных систем: стационарные, полустационарные и передвижные**.

Внутрипочвенное орошение позволяет **увлажнять корневые системы сельскохозяйственных растений** и создавать оптимальную влажность почвы, вносить с водой минеральные удобрения. По способу подачи воды такое орошение может быть: **вакуумным** (вода поступает в почву в силу сосущих свойств почвы – адсорбции), **безнапорным** (в почве происходит капиллярное движение воды), **напорным** (вода поступает в почву под гидродинамическим напором). Внутрипочвенное орошение применяют в теплицах, садах, огородах и виноградниках.

Подземное орошение осуществляется подачей воды снизу капиллярным путем из заложенных в почву на глубине 40–50 см от ее поверхности специальных труб, которые имеют отверстия. При подземном орошении почвенная корка не образуется.

Лиманное орошение применяется при наличии естественного поверхностного стока. На поверхности стока сооружаются земляные валы или дамбы высотой от 0,5 до 2,0 м. Стекающие с водосбора талые или паводковые речные воды задерживаются на полях и поглощаются почвой, а излишки воды сбрасываются по концам боковых дамб или через водоспуски, устраиваемые в дамбах. Продолжитель-

ность стояния воды небольшое (до 10 суток), глубина затопления лиманов до 0,8 м.

Оросительная система включает следующие **основные элементы**: 1) источник орошения (участок реки, искусственный водный объект, подземные воды); 2) водозаборное сооружение или насосная станция; 3) главный (магистральный) канал; 4) распределительные каналы; 5) временная оросительная сеть (выводные и поливные борозды); 6) водоотводная сеть для сброса излишней воды и дренажа на участках с близким залеганием уровня грунтовых вод; 7) шлюз-регулятор.

6. Искусственные водные объекты. Водохранилища

Важный элемент водных мелиораций – **искусственные водные объекты**. К ним относят водохранилища, пруды, копани, речные каналы.

Водохранилище – искусственный водоем с замедленным водообменом емкостью более 1 млн м³, уровневый режим которого искусственно изменен и постоянно регулируется гидротехническими сооружениями в целях накопления и последующего использования запасов воды.

Водохранилища подразделяются по генезису на речные, долинные, наливные, смешанные, озера-водохранилища, водохранилища на временном водотоке; по форме – на пойменные (русловые), долинные, озеровидные, водохранилища сложной формы; по характеру регулирования стока различают водохранилища многолетнего, сезонного (годового), месячного, недельного и суточного регулирования.

7. Земельная мелиорация, ее виды и разновидности

Земельные мелиорации – система технических и организационно-хозяйственных мероприятий по улучшению почвенно-земельных ресурсов.

Объект воздействия земельных мелиораций – почвенно-земельные ресурсы. Виды и разновидности земельных мелиораций представлены в таблице 10.

С точки зрения жизни человека почва играет исключительно важное значение. Главной особенностью почвенно-земельных ресурсов является их количественная и качественная ограниченность. В настоящее время во всем мире используется около 10 % (1,5 млрд га)

земель. Общая площадь потенциально пригодных для земледелия земель составляет 3,2 млрд га.

Таблица 10 – Основные виды и разновидности земельных мелиораций [19]

Вид мелиорации	Разновидность мелиорации
Почвозащитная	Противоэрозионная
	Противодефляционная
Культуртехническая	Землеочистная
	Планировочная
Почвоулучшающая	Оструктурирующая
	Мульчирующая
Химическая	Солеобогатительная
	Кислоторегулирующая
	Почвоукрепляющая
	Санитарно-дезинфекционная
Рекультивационная	Подготовительная
	Горнотехническая
	Биологическая

Особое значение среди земель имеют **сельскохозяйственные земли**, к которым относят **пашни, пастбища, сенокосы и многолетние насаждения**.

Наличие больших площадей неудобных земель, малопродуктивных угодий, мелкоконтурность пахотных земель понижают продуктивность земельного фонда и требуют вовлечения в хозяйственный оборот новых площадей, а интенсификация земледелия требует также химизации почв.

В задачи земельных мелиораций входят:

1) борьба с водной и ветровой эрозией почв, засолением, заболачиванием, кислотностью почв;

2) культуртехнические мероприятия – очистка земель от камней, кочек на заболоченных землях, планировка полей, приведение их в пригодное для использования состояние, рекультивация земель;

3) повышение плодородия почв путем внесения удобрений, рациональной агротехнической обработки почв. Таким образом, земельные мелиорации направлены на расширение площади сельскохозяйственных земель и улучшение качества почв.

8. Противозерозионные мелиорации. Эрозия почв

Эрозия почв (лат. erosion – разъедание) – процесс разрушения почв и подстилающих их пород водой, ветром, антропогенным воздействием и другими факторами и вынос продуктов разрушения.

Классификация эрозии почв. По характеру протекания и интенсивности воздействия на земную поверхность эрозию принято делить на геологическую (нормальную) и современную (ускоренную).

Эрозию почв в зависимости от факторов подразделяют на **водную** (главным фактором разрушения является движущаяся поток воды) и **ветровую**, или дефляцию (главным фактором являются потоки ветра).

Водная эрозия подразделяется на **плоскостной смыв** (поверхностную или плоскую эрозию) и **линейную** (овражную) эрозию.

Дефляция подразделяется: на **местную ветровую эрозию** (выдувание почв), **пыльные или песчаные бури** и **снежные бури**.

Факторы, вызывающие развитие эрозионных процессов, можно подразделить на две группы: 1) **природные условия**; 2) **хозяйственная деятельность**. Из **природных факторов** следует выделить литологию подстилающих почву горных пород, климат, рельеф, механический состав и водно-физические свойства почв, растительность. **Хозяйственная деятельность** проявляется в уничтожении или сокращении растительного покрова, интенсивной распашке территории, снижении грунтовых вод, преобразовании речных систем, строительстве дорог и т. д. [35].

Основная причина **дефляции** – освоение органогенных почв, переосушение пахотного горизонта до влажности разрыва капилляров, а иногда до влажности устойчивого завядания растений.

Антропогенная эрозия подразделяется на **механическую** (техногенную), **ирригационную** и **биологическую**.

Механическая эрозия возникает при разрушении верхнего горизонта почв почвообрабатывающей техникой.

Ирригационная эрозия возникает при широком развитии оросительных мелиораций.

Биологическая эрозия возникает в результате разрушения (минерализации) торфяных запасов при осушении болот и добыче торфа.

Эрозия приводит к изменению морфологии почвенного профиля (сокращению или полному уничтожению верхних горизонтов почв) и

гранулометрического состава (выносу частиц физической глины) почвы, сокращению содержания гумуса и других элементов, что вызывает снижение плодородия, изменение химического состава.

По показателю эродированности (смытости) почвы подразделяются на три категории: слабоэродированные (слабосмытые), среднеэродированные (среднесмытые) и сильноэродированные (сильносмытые).

В результате линейной эрозии образуются промоины, рытвины, овраги.

По своему назначению **противоэрозионные мероприятия** делятся на **профилактические, общие и специальные. Профилактические мероприятия** включают запрет или ограничение рубки леса, регулирование пастбы скота на эрозионноопасных участках, ограничение распашки луговых ландшафтов.

К **общим мероприятиям** относят агротехнические приемы (обработка почв и посевы поперек склона, снегозадержание, оструктурирование почв, безотвальная обработка почв).

В систему **специальных мероприятий** входят устройство гидротехнических сооружений для регулирования стока (лотки, противоэрозионные валы и др.), укрепление вершин и бортов оврага, создание лесополос, облесение и залужение эродированных земель.

По характеру проведения все противоэрозионные мероприятия подразделяются:

1) на агротехнические – введение специальных противоэрозионных севооборотов, глубокая вспашка для накопления влаги, безотвальная обработка почв, бороздование, регулирование поверхностного стока с учетом микрорельефа (обваловывание, щелевание, заравнивание мелких ложбин и промоин);

2) фитомелиоративные – использование древесной, кустарниковой и травянистой растительности, например создание приовражных лесных полос. Наиболее распространены случаи расположения лесных полос на эродированных склонах;

3) гидротехнические – создание специальных технических устройств по отводу водных потоков (лотки, быстротоки, ступенчатые перепады из железобетона, канавы, земляные запруды, пруды, водохранилища), закрепление оврагов, террасирование склонов;

4) организационно-хозяйственные – правильное размещение населенных пунктов, дорог, отдельных угодий, правильное распределение сельскохозяйственных угодий по элементам рельефа местности,

регулирование пастбы скота, рациональное размещение всех мер по борьбе с эрозией.

Вышеперечисленные организационно-хозяйственные мероприятия базируются на материалах полевого изучения почв и степени их эродированности.

9. Фитомелиорация

Фитомелиорация – направление прикладной экологии, состоящее в исследовании, прогнозировании и использовании растительных систем для улучшения геофизических, геохимических, биотических, пространственных и эстетических характеристик окружающей человека среды, проектировании и создании искусственных растительных группировок (включая целенаправленное использование природных растительных сообществ) с высокими преобразующими физическую среду свойствами.

Использование фитомелиоративных систем предполагает вовлечение механизмов изменения среды обитания, основанных на принципах *компенсации* (например, восполнение запасов кислорода воздуха, потребленного населением, промышленностью и энергетикой), *сопротивляемости* внешнему воздействию (например, способность слабо чувствительных к газопылевому загрязнению растений поглощать примеси из атмосферы) и *усиления* (например, выделение фитонцидов).

Зеленые насаждения города. Основная экологическая функция зеленых насаждений – получение первичной продукции за счет фотосинтеза. В городской экосистеме важное значение приобретают и другие функции, выполняемые зелеными насаждениями. К ним относятся улучшение качества и оздоровление воздушной среды города, благоприятное влияние на микроклимат. Кроме этого, зеленые насаждения выполняют противоэрозионные, эстетические и архитектурно-планировочные функции.

Улучшение качества воздуха зелеными растениями происходит за счет выделения ими кислорода и поглощения углекислого газа. Так, наибольшее количество кислорода выделяет тополь. Кроме того, в атмосфере над древесно-кустарниковыми насаждениями увеличивается концентрация отрицательно заряженных ионов, которые благоприятно влияют на здоровье человека. Зеленые насаждения усиливают ассимиляцию и фильтрацию загрязнителей атмосферного воз-

духа. Они способны улавливать пыль, аэрозоли и вредные газы. Наилучшими пылезащитными свойствами обладают сирень и вяз, меньше пыли улавливают дуб и ель. Зеленые насаждения поглощают из воздуха тяжелые металлы. Крона хвойных деревьев адсорбирует свинец, цинк, кобальт, хром, медь, титан, молибден. Свинец поглощается тополем и кленом. Зеленые растения выделяют биологически активные вещества, подавляющие развитие патогенных агентов в атмосферном воздухе.

Зеленые насаждения снижают уровень шума за счет погашения звуковых колебаний.

Улучшение микроклимата происходит вследствие следующих процессов. Зеленые насаждения стабилизируют ветровой режим, вовлекая воздушные потоки в процессы диффузии. Озелененные территории способны повышать влажность воздуха. Поверхность листьев деревьев и кустарников, стеблей трав и цветов, испаряющих влагу, в 20 и более раз превышает площадь почвы, занимаемой этой растительностью. Зеленые насаждения уменьшают суточные и сезонные колебания влажности.

Растительный покров задерживает часть осадков и уменьшает поверхностный сток. Растения закрепляют сыпучие грунты, почву на склонах, тем самым снижая уровень эрозии.

Зеленое строительство составляет неотъемлемую часть современного градостроительства. Парки, скверы, аллеи, бульвары, защитные посадки, лесопарки, пригородные леса являются необходимыми элементами городского ландшафта, входят в планировочную структуру города.

Выбор ассортимента пород деревьев и кустарников. Газовые выбросы автотранспорта и промышленных предприятий, токсичные вещества, находящиеся в самой почве, влияют на растительность города. Происходит ускоренное отмирание ветвей основной части кроны, снижение линейного прироста оси ствола и ветвей, ослабление побегообразования за счет отмирания почек и т. д. При этом состояние древесных растений в уличных посадках заметно хуже, чем в других типах городских насаждений. Наибольшее угнетение растительности происходит на перекрестках. Наблюдается прямая зависимость между интенсивностью газопылевых выбросов транспортными потоками и внешним состоянием деревьев.

В городских условиях зеленые насаждения более ослаблены и в связи с этим более подвержены нападению насекомых и поражению

грибными болезнями. Так, в г. Омске встречаются очаги массового размножения тополевой моли-пестрянки, поражающей листья тополя. Насаждения вяза заселяют особи ильмового струйчатого заболонника, который заражает деревья «голландской болезнью». При этом в течение одного-двух месяцев происходит усыхание ильмовых. Острая форма обычно наблюдается в засушливые годы. В отдельные годы бересклетовая паутинная моль полностью уничтожает листья на бересклете. В результате, из-за поражения насекомыми и грибными болезнями, растения теряют свою декоративность, их средозащитные свойства снижаются, они часто усыхают.

При выборе ассортимента деревьев и кустарниковых пород для озеленения придорожных территорий, санитарно-защитных зон промышленных предприятий и других участков территорий города с развитыми промышленными и автотранспортными функциями необходимо учитывать биологическую устойчивость растений к атмосферным загрязнениям и их средозащитные свойства. При этом нужно использовать растения, произрастающие в данной местности.

Растения придорожных территорий, выполняющие роль шумозащитных экранов, должны иметь ветвистые кроны с густой и плотной листвой или хвоей. Высота деревьев должна быть не менее 5–8 метров. Пространство под кронами заполняется кустарником в виде подлеска с максимальной плотностью посадки. Шумозащитные полосы зеленых насаждений могут состоять из одной полосы деревьев – однорядные. Используется шахматная посадка деревьев, наиболее эффективная для шумозащиты. Ширина полосы от 10 до 20 м способствует снижению уровня звука на 4–8 дБА. Двухрядные полосы шириной от 20 до 25 м и с расстоянием между рядами 3–5 м снижают уровень звука на 8–10 дБА. Двух- или трехрядные полосы шириной от 26 до 30 м снижают уровень звука на 10–12 дБА. Рекомендуются породы быстрорастущих деревьев и кустарников, произрастающих в данной климатической зоне и устойчивых к условиям городской среды.

В архитектурно-планировочных композициях городов растения должны обладать эстетическими качествами – иметь красивые кроны, побеги, листья, цветы, плоды.

Реконструкцию зеленых насаждений нужно проводить с учетом их возрастной структуры. Спелые и перестойные древостои из-за возрастных изменений теряют свои биологические, средозащитные и эстетические функции.

Помимо традиционных функций, выполняемых растительным блоком в любой экосистеме, а именно – производство первичной продукции в результате фотосинтеза, потребляемой затем консументами и редуцентами (после отмирания частей растений), и формирование жизненного пространства для консументов и редуцентов (средообразующая функция), – в урбоэкосистеме существенное значение приобретают такие функции растительности, как:

- охлаждение городского «острова тепла» за счет увеличения альбедо поверхности и транспирации;
- стабилизация ветрового режима, «разгрузка» воздушных масс;
- увеличение относительной влажности воздуха и «сглаживание» ее суточных и сезонных колебаний;
- выделение кислорода (как побочного продукта фотосинтеза) в атмосферу;
- увеличение концентрации отрицательно заряженных ионов (благоприятно влияющих на здоровье человека) в атмосфере над древесно-кустарниковыми насаждениями;
- выделение биологически активных веществ, подавляющих развитие патогенных агентов в атмосфере;
- поглощение загрязняющих атмосферный воздух пыли и газов;
- снижение уровня шума вследствие поглощения энергии вызывающих его механических колебаний;
- задержание части осадков и уменьшение поверхностного стока;
- в водных и болотных экосистемах – формирование условий аэробного разложения загрязняющих воду веществ, поглощение биогенных элементов;
- улучшение структуры, увеличение проницаемости и в ряде случаев плодородия почв;
- задержание снегового покрова и талых вод;
- закрепление сыпучих грунтов, снижение уровня эрозии;
- улучшение визуальных свойств урбанизированных ландшафтов.

Урболесомелиорация – это ландшафтные лесомелиорации и озеленение, назначением которых является экологическое благоустройство городских и пригородных земель, обеспечивающее улучшение условий жизни, отдыха и производственной деятельности населения городов и пригородов в результате восстановления и улучшения свойств окружающей среды.

Содержание исследований в урболесомелиорации должно группироваться по двум взаимосвязанным и взаимообусловленным направлениям:

а) пространственное размещение городских зеленых и пригородных защитных лесонасаждений и их нормативы при организации городских и пригородных территорий, обеспечивающие выполнение ими необходимых функций и биологического благоустройства, формирующие оптимальный экологический баланс для решения социально-оздоровительных задач населения, включающие решение необходимых вопросов в области градостроительства, экологии, географии, геоморфологии, экономики, городского кадастра и др.;

б) разработки по созданию и обеспечению необходимого состояния насаждений: выявление оптимального ассортимента пород, технологий создания, поддержка высокой эффективности, жизнестойкости и надлежащего эстетического состояния, обеспечение перманентности воздействия на смежные объекты, их возобновление и восстановление.

Концепция адаптивно-ландшафтного обустройства городских и пригородных земель должна включать следующие основы:

– урболесоландшафт в географическом пространстве имеет общие и достаточно отчетливые границы, поэтому планирование и создание урболесоландшафтов должно базироваться на геоморфологических особенностях его элементов (местностей, урочищ, водосборов);

– урболесоландшафт размещается в геоботаническом районе с определенной растительностью, что на видовом и ценотическом уровнях создает благоприятные предпосылки как для решения вопроса подбора ассортимента деревьев и кустарников, так и для создания пространственной структуры рекреационных и защитных лесонасаждений;

– озеленение и лесомелиоративное обустройство должны учитывать катенарную дифференциацию ландшафтов, в которой наиболее важным и экологически значимым является ярусность рельефа, определяющая экспозиционные, мезо- и микроклиматические различия, геоморфологические, почвенно-эрозионные и аккумулятивные процессы;

– разработка конкретных лесомелиоративных мероприятий, особенно технологий производства работ, должна выполняться для структурных единиц ландшафта низшего таксономического уровня – местностей и фаций.

Таким образом, урболандшафтное обустройство земель – это система природоохранных мероприятий, интегрирующая в себе как традиционные, так и новейшие технологии восстановления подверженных различным видам деградации территорий и последующего целенаправленного улучшения их экологических условий.

Конструктивную основу системы составляют ландшафтоформирующие функции биологических и инженерно-биологических систем (комплекс планировочных, озеленительных, фито- и лесомелиоративных мероприятий).

Озеленение и лесомелиоративное обустройство, включающие лесную рекультивацию деградированных элементов ландшафтов, являются важнейшей экологической и биологической составляющей ландшафтного планирования урбанизированной территории.

Урболесомелиорация для решения своих функциональных задач использует разнообразные свойства городских зеленых насаждений, пригородных лесных экосистем и их воздействие на различные элементы городской среды.

Сознательное использование человеком перечисленных функций растительного покрова в формировании и оптимизации урбанизированной среды воплотилось в теории и практике фитомелиорации.

Фитомелиоративные системы и их классификация

Любое растительное сообщество естественного или искусственного происхождения, используемое в целях мелиорации окружающей человека среды, является фитомелиоративной системой. Для классификации фитомелиоративных систем используют различные признаки.

Во-первых, в зависимости от того, растения каких жизненных форм преобладают в составе фитомелиоративных систем, различают древесно-кустарниковые насаждения, травянистые наземные сообщества и водно-болотные сообщества.

В зависимости от принадлежности видов растений к разным экологическим группам по признаку условий произрастания их подразделяют на следующие типы:

- с преобладанием растений воздушно-водной группы;
- с преобладанием полупогруженных и погруженных растений;
- с преобладанием плавающих растений;
- комбинированные.

Во-вторых, по происхождению и степени участия человека в контроле функционирования растительных систем различают:

- культурфитоценозы – растительные сообщества, созданные человеком для получения первичной продукции (поля, сады, газоны и т. п.);

- искусственные растительные группировки, не обладающие фитоценотической структурой (искусственные уличные или внутриквартальные насаждения с искусственными покрытиями между отдельными деревьями);

- спонтанные фитоценозы – нарушенные естественные сообщества и сообщества синантропных растений;

- природные фитоценозы.

В-третьих, по признаку целевого использования фитомелиоративные системы делят на следующие категории:

- специальные, не используемые с целью получения первичной продукции или эксплуатируемые в определенном режиме (парки, скверы, защитные полосы, насаждения охраняемых территорий в пределах зеленых зон городов);

- продукционные, фитомелиоративные функции которых используются без ущерба для производства первичной продукции (поля, плодовые сады, виноградники, фитоаквакультура и т. д.);

- рудеральные, фитомелиоративные функции которых выполняются спонтанно.

Независимо от того, в каком направлении используются фитомелиоративные системы, все упомянутые группы фитомелиоративных систем находят в них свое место.

В одних и тех же условиях различные фитомелиоративные системы или же одни и те же фитомелиоративные системы в различных условиях обладают различной эффективностью.

Эффективность фитомелиоративной системы определяется:

- как отношение количества поглощенного загрязняющего вещества к общему количеству поступающего извне за определенное время (в случае фильтрующей функции по механизму сопротивления внешним воздействиям);

- отношение количества выделенного растениями за определенное время в определенном объеме вещества с мелиоративными свойствами к количеству вещества в некоторый исходный момент времени в том же объеме до начала работы фитомелиоративной системы (в случае работы системы по принципу усиления);

- отношение количества выделенного растениями вещества в определенном объеме за определенное время к количеству этого вещества в том же объеме, потребленного человеком за тот же период времени (в случае компенсирующего действия фитомелиоративной системы).

При определении фитомелиоративной эффективности рекультивирующих систем используются косвенные показатели, такие как, например, содержание гумуса в почве до рекультивации и по прошествии определенного периода после введения в действие фитомелиоративной системы, т. е. скорость гумусообразования в новых условиях.

Наибольшей эффективностью отличаются многовидовые, многорусные фитомелиоративные системы древесно-кустарниковых насаждений. Травянистые рудеральные сообщества в целом уступают по эффективности природным травянистым и древесно-кустарниковым, но, тем не менее, выполняют ряд важных функций в урбоэкосистеме: закрепляют нарушенные субстраты, препятствуя запылению атмосферы, поглощают значительное количество токсичных веществ, поступающих в окружающую среду с выбросами предприятий и выхлопными газами от автотранспорта, например до 400 г свинца/га в год.

Различные фитомелиоративные системы функционально дополняют друг друга, поэтому в каждом крупном городе целесообразно использовать все возможные в данных условиях фитомелиоранты в комбинациях, позволяющих максимизировать желаемый эффект.

Контрольные вопросы

1. Что такое мелиорация?
2. Классификация мелиораций.
3. Классификация сельскохозяйственных мелиораций по родам.
4. Назовите основные виды земельной мелиорации.
5. Назовите основные виды и разновидности земельных мелиораций.
6. Что такое эрозия почв? Назовите виды эрозии почв в зависимости от факторов.
7. Как подразделяются водная и ветровая эрозии почв? От каких факторов, вызывающих эрозионные процессы, они зависят?
8. Что такое антропогенная эрозия почв? Назовите ее виды.
9. Как делятся по своему назначению противоэрозионные мероприятия?
10. Как подразделяются по характеру проведения все противоэрозионные мероприятия?

Лекция 7. Прикладная оценка территории

1. Прикладные оценки территории.
2. Оценка разнообразия ПТК.
3. Выбор эталонных участков ПТК и определение их значения.
4. Оценка условий существования биоты.
5. Оценка уязвимости ПТК.
6. Оценка антропогенной нарушенности ПТК.
7. Определение степени благоприятности ПТК для рекреационного использования.
8. Оценка аттрактивности (эстетической привлекательности) ПТК.

1. Прикладные оценки территории

Ландшафтная карта дает возможность анализа свойств ПТК, поскольку отражает естественные взаимосвязи компонентов, генетическое единство и относительную однородность ПТК (полная однородность отражается только на уровне фации).

Необходимые **виды и набор оценок** могут различаться в зависимости от целевого назначения ландшафтного мониторинга; объектов мониторинга; степени нарушенности территории; социально-экономических условий ее эксплуатации.

Для ландшафтного мониторинга особо охраняемых природных территорий (ООПТ) наиболее важны следующие оценки (или виды работ):

- 1) оценка разнообразия ПТК;
- 2) выбор эталонных (фоновых и уникальных) ПТК и определение их назначения;
- 3) оценка условий существования биоты;
- 4) определение степени уязвимости и нарушенности ПТК по отношению к антропогенному воздействию;
- 5) оценка благоприятности ПТК для рекреационного и (или) иного использования;
- 6) оценка аттрактивности (эстетической привлекательности) ПТК;
- 7) изучение функционирования ПТК.

2. Оценка разнообразия ПТК

Дифференциация ПТК зависит от особенностей радиационного, теплового, водного, энергетического балансов территории [13, 39, 43, 46–48, 53, 57] (табл. П.2.1–П.2.8).

Так как ландшафт характеризуется очень большим числом переменных, то измерение его полного разнообразия, учитывающего варьирование в пространстве каждой переменной и каждого компонента с учетом их взаимосвязей, ограничивающих разнообразие, является весьма сложной задачей, решение которой возможно только при организации специальных исследований.

Обычно ландшафтное разнообразие измеряется на основе пространственной структуры. Оценка разнообразия при этом проводится для ПТК всех рангов – от ландшафтов до фаций, но чаще всего при оценке структуры используется пространственный анализ урочищ.

Основой для оценки разнообразия структуры являются **ландшафтные карты**. В зависимости от площади и значения в морфологии ландшафта урочища могут быть **фоновыми (доминантными), субдоминантными и подчиненными (второстепенными)**.

Смысл этого деления только в применении к конкретному ландшафту, так как роль одних и тех же (однотипных) урочищ в разных ландшафтах может оказаться неодинаковой: доминантные урочища одного ландшафта могут перейти на положение подчиненных в другом. Во многих ландшафтах ярко выражен один доминантный тип урочищ, но часто фоновым является сочетание двух сопряженных типов урочищ, например грядовых и ложбинных, которые рассматриваются как содоминантные.

Не всегда верно оценивать значение урочищ с формальной точки зрения, то есть исходящей из соотношения их площадей. С функциональной точки зрения в случае примерно одинаковых площадей, занимаемых урочищами положительных и отрицательных мезоформ рельефа, правильнее первые считать доминантными, а вторые подчиненными. Это объясняется тем, что первые урочища относительно автономны и в меньшей степени зависят от вторых, чем вторые от первых.

Количество урочищ и их особое сочетание в ландшафте формируют своеобразие его структуры. Одни ландшафты, в которых встречаются разнообразные урочища, отличаются сложной структурой, а

другие, с преобладанием одного или двух типов урочищ, устроены более просто.

3. Выбор эталонных участков ПТК и определение их значения

Ландшафтная карта дает возможность обоснованного выбора эталонных участков, где в соответствии с основной задачей их создания может быть обеспечено детальное изучение и сохранение разнообразия ПТК.

Выбор эталонных участков производится по следующим **признакам: типичность, уникальность, сохранность (естественность), возраст и эффективность функционирования ПТК. Типичные ПТК** – доминантные (фоновые) урочища, занимающие наибольшую площадь в данном ландшафте. **Уникальные ПТК** – урочища, единично встречающиеся в ландшафте, поэтому статус уникальности определяется для каждого ландшафта отдельно. Важно включить в эталонные участки **реликтовые ПТК**, которые являются индикаторами динамических процессов в ландшафте, в них обычно сосредоточены и редкие элементы биоты. **Естественными ПТК** считаются слабо нарушенные хозяйственной деятельностью ПТК.

Для учета возрастных особенностей ПТК в состав эталонных объектов обязательно должны входить:

1) участки леса в стадии стабилизации основных процессов формирования сообществ. Предпочтение следует отдавать древостоям из осины и березы до 50–60 лет, а из сосны и ели – старше 70–80 лет;

2) участки, где в однородных лесорастительных условиях встречаются насаждения всего возрастного ряда;

3) участки, где в однородных лесорастительных условиях представлен весь сукцессионный ряд.

Признак эффективности означает обеспечение относительной автономности развития ПТК. Для этого при определении границ эталонного участка учитывается сопряжение ПТК, характер и степень которого проявляются в морфологической структуре.

Каждый эталонный участок должен включать всю серию переходов фаций – от автономных до аккумулятивных. Для лесных биоценозов эффективность функционирования ПТК означает определенную степень саморегуляции сообществ.

В качестве **индикационных признаков саморегуляции** могут быть использованы два критерия – площадь биоценоза и наличие семенников и подроста.

Эталонные ПТК выделяются и используются с целями сохранения генофонда флоры и фауны; мониторинга за динамикой происходящих естественных и антропогенных процессов; расчета фоновых геофизических и геохимических показателей; сравнения ненарушенных и антропогенных ПТК; наблюдения за процессами восстановления в ПТК нарушенных биотических компонентов.

4. Оценка условий существования биоты

Биота и ее состояние является важным геоботаническим показателем экологического состояния территории [3, 7, 45].

Значительная часть ООПТ территории – лесные ПТК [18, 32, 33, 49].

Подход к лесу с точки зрения взаимосвязи насаждения с условиями лесопроизрастания утвержден в науке в работах Г.Ф. Морозова [32, 33] и П.С. Погребняка [42].

Г.Ф. Морозов писал, что «... лес – явление географическое». Пространственное распространение конкретных условий лесопроизрастания, выявленных на отдельном ключевом участке, наиболее обоснованно можно установить только по ландшафтной карте, в легенде которой каждый выдел имеет характеристику всех компонентов.

При этом учитывают, что если в пределах фации наблюдается однородность геоматических компонентов (литогенная основа + вода + воздух) [51, 52], то, по мнению В.Н. Сукачева [54, 55], ей соответствует один коренной тип биогеоценоза (коренной тип леса).

Временной ряд развития может быть представлен серией производных типов леса. Частными случаями таких серий могут быть **возрастные, дигрессивные, демутационные** ряды сукцессии, связанные с процессами естественного восстановления растительности.

Анализ условий существования **биоты** дает возможность:

- 1) определить компонентные и комплексные параметры типов условий лесопроизрастания;
- 2) выявить пространственное распределение типов леса;
- 3) обеспечить сравнимость показателей и (или) лесных пробных площадей разного целевого назначения;
- 4) произвести подбор видов для восстановления растительности на нарушенной территории;

5) выполнить экстраполяцию учетов животных, особенно – зависимость от геоматических компонентов.

5. Оценка уязвимости ПТК

Оценка уязвимости ПТК с точки зрения устойчивости его морфологической структуры и взаимосвязей компонентов производится на основании ландшафтной карты и анализа существующих антропогенных воздействий. **Под устойчивостью природных и полуприродных ландшафтов понимается их способность сохранять свою структуру под влиянием внешних (природных и антропогенных) воздействий.**

А также устойчивость антропогенных ландшафтов подразумевает еще и выполнение ими, несмотря на внешние воздействия, неких социально-экономических функций в заданных пределах [34]. К важным социально-экономическим функциям относятся: сохранение естественного разнообразия ПТК, генофонда флоры и фауны, естественной направленности развития ПТК, выполнение биотой средозащитных функций.

Виды внешнего воздействия могут быть различными, могут затрагивать как биотические, так и геоматические компоненты. В ПТК наиболее сильны геоматические, а наиболее слабы (уязвимы) биотические компоненты, соответственно, сильнее всего на усиление антропогенных нагрузок будет отрицательно реагировать биота. Устойчивость биотических компонентов по отношению к разным видам воздействий определяется обычно на уровне биоценотических связей. Сейчас анализируются только воздействия, затрагивающие геоматические компоненты ПТК, так как антропогенные воздействия распространяются как на биоту, так и на геоматические компоненты. Например, многие виды рубок леса проводятся с созданием лесных дорог с нарушением почвенного покрова.

Наиболее **уязвимыми считаются** ПТК с интенсивными геоматическими процессами, находящиеся в начальной стадии формирования; реликтовые ПТК, несоответствующие современным природным условиям; ПТК с критическими значениями условий существования биоты (лимитирующих факторов – степени увлажнения, плодородия почв, термических условий).

Для определения степени уязвимости ПТК проводятся следующие работы:

1) составляется список существующих и проектируемых антропогенных воздействий;

2) определяется характер воздействий (нарушение литогенной основы, разрушение почвенного покрова, химическое загрязнение, механическое нарушение растительности и т. п.);

3) определяется площадь воздействия;

4) устанавливается вид и ранг ПТК, оказавшихся под воздействием;

5) анализируется реакция ПТК на воздействие на уровне фации (по компонентам);

6) проводится анализ реакции сопряженных ПТК на существующее воздействие;

7) выявляется реакция ПТК в экстремальных погодных условиях.

Анализ реакции на существующее воздействие в первую очередь определяется в полевых условиях и (или) по аэрофотоснимкам. Необходимо проследить реакции на существующее воздействие в разных ПТК (урочищах, ландшафтах).

Характеристика реакций включается в легенду ландшафтной карты или заносится в карточку – характеристику каждого ПТК. Реакции ПТК на проектируемые виды воздействия, а также на воздействия, не определяемые визуально в данный момент, прогнозируются по аналогам (соответствующие виды ландшафтов) и по литературным источникам.

По степени уязвимости ПТК объединяются в группы. Для каждой группы определяется набор ограничений в хозяйственной деятельности или рекомендуются мероприятия по повышению устойчивости. Соответственно этому в дальнейшем устанавливается режим использования территории, ее функциональное зонирование и распределяются антропогенные нагрузки.

6. Оценка антропогенной нарушенности ПТК

Антропогенная нарушенность ПТК определяется последовательно, по ряду компонентов в зависимости от силы их воздействия друг на друга: литогенная основа, воздух, воды, растительность, животное население (табл. П.3.1–П.3.6).

В разных ПТК реакции на антропогенное воздействие при нарушенности биотических компонентов различны, также будут различны и скорости восстановления биоты (если возможно).

Наиболее нарушенными считаются ПТК, в которых происходят необратимые изменения, и воздействия, которые влекут за собой изменение сопряженных ПТК, находящихся вне зоны непосредственного воздействия на ландшафт.

Все виды нарушений в соответствии с легендой наносятся на схему нарушенности. Схема нарушенности используется при определении эталонных участков и назначении режима использования территории, а также при определении мероприятий по восстановлению ПТК.

7. Определение степени благоприятности ПТК для рекреационного использования

Степень благоприятности ПТК для рекреационного использования должна оцениваться по видам отдыха. При этом учитываются возможность проявления неблагоприятных природных явлений, степень увлажнения, литологический состав пород, характер растительности, пейзажное разнообразие и эстетическая значимость территории. Благоприятность лесной территории для отдыха оценивается по материалам лесоустройства, в которых учтены антропогенные модификации биогенных компонентов на момент последней ревизии лесных ПТК. Рекреационное использование природных комплексов ООПТ возможно в ограниченном количестве случаев и зависит главным образом от категории и профиля охраняемой территории. Организация отдыха предусмотрена федеральным и региональным законами об ООПТ для зоны обслуживания посетителей национальных парков, природных парков, природных резерватов, некоторых памятников природы и частично – для буферной зоны заповедников.

8. Оценка аттрактивности (эстетической привлекательности) ПТК

По ландшафтным картам масштаба 1 : 25 000; 1 : 50 000 и мельче аттрактивность (эстетическую привлекательность) рекомендуется определять по следующим признакам:

- контрастность сопряжений ПТК;
- мозаичность;
- разнообразие.

Контрастность сопряжений ПТК выявляется по контрастности свойств соседних ПТК и положению их в генетическом ряду. Например, наиболее контрастны сопряжения зандровых и моренных равнин. **Мозаичность** – это количество конкретных урочищ на единицу площади. **Разнообразие** – количество видов урочищ на единицу площади.

Разнообразие и мозаичность определяются для ландшафтов или местностей, так как в пределах этих единиц показатели должны быть достаточно однородны.

На ключевых участках с разными показателями аттрактивности проводится детальный анализ территории по ландшафтным картам в масштабах 1: 50 000, 1: 25 000 и крупнее.

По ландшафтной карте можно также определить:

- 1) эстетические особенности территории в связи с особенностями ее рельефа, растительности и условий увлажнения;
- 2) направление планировочных преобразований по естественному типу, которые обеспечивают минимальные нарушения территории (в силу учета природных особенностей и уязвимости ПТК);
- 3) перечень местных видов растений и их сочетаний для восстановления ПТК в соответствии с условиями местообитания (на уровне конкретных фитоценозов фаций).

Контрольные вопросы

1. Почему ландшафтная карта дает возможность анализа свойств ПТК?
2. Какие оценки (виды работ) наиболее важны для ландшафтного мониторинга особо охраняемых природных территорий (ООПТ)?
3. Почему оценка ландшафтного разнообразия ПТК измеряется на основе пространственной структуры?
4. По каким признакам производится выбор эталонных участков?
5. Почему на основании ландшафтной карты и анализа существующих антропогенных воздействий производится оценка уязвимости ПТК?
6. Как определяется оценка антропогенной нарушенности ПТК?
7. Почему именно по ландшафтным картам масштаба 1 : 25 000; 1 : 50 000 и мельче оценивается аттрактивность (эстетическая привлекательность) ПТК?

ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ

1. Б.Б. Полынов предложил использовать в качестве главного критерия выделения элементарных ландшафтов:

- 1) однородность литологического состава;
- 2) сходный характер увлажнения;
- 3) одинаковый тип растительности;
- 4) однородность почвы.

2. Наибольшая площадь выявления элементарных ландшафтов характерна:

- 1) для степей;
- 2) пустынь;
- 3) лесов;
- 4) тундры.

3. Геохимические показатели, характеризующие каскадную ландшафтно-геохимическую систему:

- 1) кларки концентрации и кларки рассеяния;
- 2) коэффициенты радиальной дифференциации;
- 3) коэффициенты латеральной дифференциации;
- 4) коэффициенты водной миграции.

4. Закон, содержащий положение о всеобщем рассеянии химических элементов:

- 1) Кларка – Вернадского;
- 2) Гольдшмидта;
- 3) Перельмана – Глазовской;
- 4) Полынова.

5. Химические элементы, имеющие наибольшее распространение в земной коре:

- 1) с четным числом протонов и нейтронов;
- 2) нечетным числом протонов и нейтронов;
- 3) большим и четным числом протонов и нейтронов;
- 4) небольшим и четным числом протонов и нейтронов.

6. Компоненты ландшафта, имеющие наибольшее сходство химического состава с земной корой:

- 1) почва;
- 2) растительность;
- 3) атмосфера;
- 4) воды.

7. Вид миграции, являющийся наиболее сложным:

- 1) биогенная;
- 2) техногенная;
- 3) физико-химическая;
- 4) механическая

8. Миграция вещества зависит:

- 1) от строения атомов;
- 2) ландшафтно-геохимических условий;
- 3) величины кларка;
- 4) строения атомов и ландшафтно-геохимических условий

9. Могут быть типоморфными химические элементы:

- 1) активно мигрирующие в данных ландшафтах;
- 2) активно накапливающиеся в данных ландшафтах;
- 3) активно мигрирующие и накапливающиеся в данных ландшафтах и имеющие большие кларки;
- 4) активно мигрирующие и накапливающиеся в данных ландшафтах и имеющие маленькие кларки.

10. Виды геохимических барьеров, имеющих наибольшее значение для формирования золотых россыпей:

- 1) механические;
- 2) физико-химические;
- 3) биогеохимические;
- 4) техногенные.

11. Геохимические аномалии, обычно имеющие наибольшую площадь распространения:

- 1) первичный ореол месторождения;
- 2) рудное тело;
- 3) вторичный ореол рассеяния;
- 4) имеют одинаковые размеры.

12. Статистические показатели, совпадающие при нормальном распределении химических элементов в подсистемах ландшафтов:

- 1) среднее арифметическое, мода и медиана;
- 2) мода и медиана;
- 3) среднее арифметическое и медиана;
- 4) среднее арифметическое и мода.

13. Химические элементы, из которых состоит живое вещество:

- 1) водные мигранты;
- 2) воздушные мигранты;
- 3) малоподвижные элементы;
- 4) инертные элементы.

14. Геохимический показатель, характеризующий отношение содержания элемента в золе растений к его содержанию в горной породе и почве, на которой это растение произрастает, называется:

- 1) биофильностью;
- 2) биотичностью;
- 3) коэффициентом биологического поглощения;
- 4) коэффициентом биогеохимической активности.

15. Основная масса живого вещества сосредоточена:

- 1) в лесах;
- 2) саваннах и степях;
- 3) океанах;
- 4) тундре.

16. Ландшафты, для которых характерно близкое соотношение биомассы и ежегодной продукции:

- 1) лесные;
- 2) болотные;
- 3) тундры;
- 4) степи.

17. Группа ландшафтов, обладающая наибольшей самоорганизацией и устойчивостью:

- 1) лесные;
- 2) степные;
- 3) пустыни;
- 4) тундры.

18. Ведущая роль живого вещества заключается:

- 1) в образовании пород с органоморфной структурой и текстурой;
- 2) формировании физико-химических условий миграции элементов в данной биокосной системе;
- 3) суммарном эффекте деятельности вещества за геологическую историю;
- 4) концентрировании химических элементов.

19. Химический состав, преобладающий в речных, почвенных и грунтовых водах гумидных ландшафтов:

- 1) хлоридно-натриевый;
- 2) гидрокарбонатно-кальциевый;
- 3) сульфатно-магниевый;
- 4) гидрокарбонатно-натриевый.

20. Геохимические условия, характерные для глеевых вод:

- 1) большое содержание кислорода;
- 2) присутствие сероводорода;
- 3) большое содержание кислорода и сероводорода;
- 4) отсутствие сероводорода и низкое содержание кислорода.

21. Группы химических элементов, легко мигрирующих в сильнокислых водах:

- 1) свинец, медь, алюминий;
- 2) ванадий, молибден, алюминий;
- 3) свинец, кремний, ванадий;
- 4) медь, молибден, серебро.

22. Существенное отличие ноосферы от биосферы заключается:

- 1) в изменении физико-химических условий;
- 2) огромном ускорении геохимических процессов;
- 3) увеличении загрязнения окружающей среды;
- 4) использовании атомной энергии.

23. Главным источником загрязнения окружающей среды являются:

- 1) промышленные стоки;
- 2) выбросы предприятий;
- 3) твердые отходы.

24. Виды загрязняющих веществ, являющиеся наиболее токсичными:

- 1) стоки;
- 2) выбросы;
- 3) коммунально-бытовые отходы;
- 4) промышленные отходы.

25. Геохимические показатели, для которых установлена связь со здоровьем человека:

- 1) коэффициент загрязнения почв;
- 2) коэффициент загрязнения снежного покрова;
- 3) суммарный показатель загрязнения почв;
- 4) суммарный показатель загрязнения снежного покрова.

Ключи к тестам

1	4) Однородность почвы
2	3) Лесов
3	3) Коэффициенты латеральной дифференциации
4	1) Кларка – Вернадского
5	4) С небольшим и четным числом протонов и нейтронов
6	1) Почва
7	2) Техногенная
8	4) От строения атомов и ландшафтно-геохимических условий
9	3) Активно мигрирующие и накапливающиеся в данных ландшафтах и имеющие большие кларки
10	1) Механические
11	3) Вторичный ореол рассеяния
12	1) Среднее арифметическое, мода и медиана
13	2) Воздушных мигрантов
14	3) Коэффициентом биологического поглощения
15	1) В лесах
16	4) Степи
17	1) Лесные
18	3) В суммарном эффекте деятельности вещества за геологическую историю
19	2) Гидрокарбонатно-кальциевый
20	4) Отсутствие сероводорода и низкое содержание кислорода
21	1) Свинец, медь, алюминий
22	2) В огромном ускорении геохимических процессов
23	3) Твердые отходы
24	2) Выбросы
25	3) Суммарный показатель загрязнения почв

ВОПРОСЫ К ЗАЧЕТУ

1. Отличие геохимического мышления от химического.
2. История развития геохимии окружающей среды.
3. Связь геохимии окружающей среды с другими науками.
4. Элементарные ландшафтно-геохимические системы (элементарные ландшафты).
5. Каскадные ландшафтно-геохимические системы.
6. Понятие о кларке вещества.
7. Закон Кларка – Вернадского.
8. Распределение химических элементов в земной коре.
9. Закон Гольдшмидта. Внутренние и внешние факторы миграции.
10. Виды миграции химических элементов.
11. Типоморфные (ведущие) элементы, принцип подвижных компонентов.
12. Параметры миграции.
13. Геохимические барьеры.
14. Ореолы рассеяния.
15. Кларки живого вещества.
16. Биогеохимические коэффициенты.
17. Химический элементный состав организмов.
18. Геохимическая роль живого вещества.
19. Биологический круговорот атомов.
20. Количество живого вещества.
21. Классификация биогенных ландшафтов.
22. Три аспекта геохимической деятельности организмов. Закон Вернадского.
23. Отличие элювиальных почв от коры выветривания.
24. Геохимическая структура почв.
25. Газовый состав атмосферы.
26. Загрязнение атмосферы.
27. Химический состав воды зоны гипергенеза. Интенсивность водной миграции химических элементов.
28. Формирование химического состава поверхностных и подземных вод.
29. Окислительно-восстановительные условия вод.
30. Щелочно-кислотные условия вод.
31. Эволюция техногенеза.

32. Ноосфера.
33. Энергетика техногенеза.
34. Два геохимических типа техногенной миграции.
35. Загрязнение окружающей среды.
36. Промышленные отходы.
37. Химизация почв.
38. Коммунально-бытовые отходы.
39. Показатели техногенеза.
40. Законы распределения химических элементов в подсистемах ландшафта.
41. Техногенные геохимические аномалии.
42. Количественные показатели загрязнения.
43. Геохимическая классификация городов.
44. Геохимическая классификация городских ландшафтов.
45. Классификация горнопромышленных ландшафтов (ГПЛ).
46. Эколого-геохимическая характеристика горнопромышленных ландшафтов.
47. Типы агротехногенеза.
48. Источники загрязнения агроландшафтов.
49. Виды эколого-геохимического мониторинга.
50. Методы проведения ландшафтно-геохимического мониторинга.
51. Биогеохимические провинции.
52. Влияние химических элементов на здоровье человека.
53. Санитарно-гигиенические нормативы качества природной среды.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Территория России имеет существенное разнообразие ландшафтно-территориальных структур, возникшее в результате взаимодействия локальных неотектонических, геологических, климатических, морфологических, гидрологических и других природных процессов, а также исторических событий и деятельности человека в области природопользования.

Совокупность ландшафтных территориальных единиц (ЛТС), связанных определенными пространственными отношениями, определяет ландшафтный облик территории. На территории краев и областей существуют административные районы, имеющие своеобразную ЛТС, определяющую ландшафтный облик района.

Наиболее изучена аднетико-морфологическая ландшафтно-территориальная структура на уровне физико-географических районов и более крупных ПТК.

Разнообразие ЛТС административных районов повышает рекреационную, эстетическую и ресурсную ценность, однако осложняет природопользование, требуя дифференцированного подхода к организации хозяйственной деятельности. Границы ландшафтных и административных районов, как правило, не совпадают. При этом некоторые ландшафтные районы оказались разделены административными границами на несколько частей.

Мониторинг ландшафта на различных иерархических уровнях можно рассматривать как одно из направлений комплексных исследований, прямо связанное с ландшафтным картографированием, исследованием генезиса пространственной структуры территории, ландшафтного планирования. Ландшафтный анализ организации территории относится к современным высокотехнологичным направлениям пространственного анализа. Он опирается на математические методы обработки дистанционной космической информации, технологические средства ГИС, целенаправленные и обоснованные комплексные полевые измерения и исследования. Без владения современными технологиями невозможно формирование современной экологической культуры и понимания механизмов развития природных процессов, экономических, экологических и социальных аспектов отношения человека к среде и используемым ресурсам.

Система охраняемых природных территорий любого региона России состоит из двух групп объектов. К первой из них следует от-

нести ареалы (полосы) охраняемой природной среды, выполняющие защитную роль при объектах хозяйственной деятельности. Прежде всего это зеленые зоны населенных пунктов, запретные и защитные леса, водоохранные полосы. К этой же группе следует отнести и охраняемые торфяные и клюквенные болота.

Вторая группа объектов отнесена федеральным и региональным законодательством к числу особо охраняемых природных территорий. ООПТ – это участки земли, водных объектов и воздушного пространства над ними, где располагаются природные комплексы и объекты, которые имеют особое природоохранное, научное, культурное, эстетическое, рекреационное и оздоровительное значение. Эти территории решениями органов государственной власти или местного самоуправления полностью или частично могут быть изъяты из хозяйственного использования, и для них устанавливается режим особой охраны. Особо охраняемые природные территории относятся к объектам общенационального достояния.

В федеральном законе названы комплексные (ландшафтные), палеонтологические, геологические, биологические (зоологические и ботанические) и гидрологические (морские, озерные, речные, болотные) заказники и памятники природы. Кроме того, к числу ООПТ отнесены лесные генетические резерваты, дендрологические парки и сады, лечебно-оздоровительные местности и курорты, парки и лесопарковые части зеленых зон населенных пунктов. Нередко объекты одних категорий и профилей пространственно совпадают с объектами других категорий и профилей, а иногда и иного статуса.

В последние годы становится особенно актуальной организация мониторинга сети ООПТ, направленная как на оценку ее ландшафтной репрезентативности и современного состояния, так и на выявление места каждой ООПТ в проектируемом экологическом каркасе региона.

При ландшафтном мониторинге антропогенных воздействий на ООПТ очень важно соблюдать основной принцип прикладных исследований — «не навреди». Чем выше социально-экономическая и природная ценность территории, тем глубже и полнее должно быть обоснование любой формы хозяйственной деятельности. Среди приоритетных видов работ для студенческих исследовательских групп следует назвать фотофиксацию объектов, ревизию списков флоры и фауны, сбор гербариев и зоологических коллекций, изучение разно-

образия почвенного покрова, состояния экосистем, характера природопользования.

Ландшафтный мониторинг приобретает ведущее значение в организации и обосновании всех видов хозяйственной деятельности, в том числе создания ООПТ и проектирования экологического каркаса территории.

Дисциплина «Ландшафтный мониторинг» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений Блока 1 (дисциплина по выбору) подготовки студентов по направлению подготовки 35.04.09 «Ландшафтная архитектура». Дисциплина нацелена на формирование профессиональных компетенций выпускника: ПК-6 – способен осуществлять мониторинг состояния и инвентаризационный учет объектов ландшафтной архитектуры.

ЛИТЕРАТУРА

1. Арманд, Д.Л. Наука о ландшафте / Д.Л. Арманд. – Москва: Мысль, 1975. – 288 с.
2. Башенина, Н.В. Методическое руководство по геоморфологическому картированию и производству геоморфологической съемки в масштабе 1 : 50 000 – 1 : 25 000 / Н.В. Башенина, О.К. Леонтьев, М.В. Пиотровский, Ю.Г. Симонов. – Москва: Изд-во МГУ, 1962. – 204 с.
3. Вернадский В.И. Избранные сочинения / В.И. Вернадский; отв. ред. А.А. Виноградов. – Москва: Академия наук СССР, 1954. – Т. 1. – 694 с.
4. Видина, А.А. Методические вопросы полевого крупномасштабного картирования / А.А. Видина // Ландшафтоведение. – Москва: Изд-во АН СССР, 1963. – С. 102–127.
5. Видина, А.А. Некоторые вопросы методики подготовительных работ к крупномасштабной ландшафтной съемке / А.А. Видина // Методика ландшафтных исследований. – Ленинград: ГО СССР, 1971. – С. 44–58.
6. Видина, А.А. Топологическая классификация морфологических частей ландшафтов на равнинах / А.А. Видина // Ландшафтный сборник. – Москва: Изд-во МГУ, 1973. – С. 50–101.
7. Викторov, С.С. Индикационная геоботаника / С.С. Викторov, Г.Л. Ремезова. – Москва: Изд-во МГУ, 1988. – 168 с.
8. Виноградов, Б.В. Основы ландшафтной экологии / Б.В. Виноградов. – Москва: ГЕОС, 1998. – 418 с.
9. Воробьев, Г.А. Ландшафтный мониторинг и комплексная полевая практика студентов. Программы. Методики. Оснащение / Г.А. Воробьев, Н.К. МаксUTOва, Л.Г. Шестакова. – Санкт-Петербург: Крисмас+, 2002. – С. 103–123.
10. Воробьев, Г.А. Ландшафтный мониторинг / Г.А. Воробьев, Н.К. МаксUTOва, Л.Г. Шестакова // Экологический мониторинг. – Вологда: Русь, 1998. – С. 20–39.
11. Временная методика ландшафтного картографирования рекреационных и особо охраняемых территорий. – Москва: Союзгипролесхоз, 1988. – 54 с.
12. Геохимия ландшафтов: к 100-летию со дня рождения Александра Ильича Перельмана / под ред. Н.С. Касимова, А.Н. Геннадиева. – Москва: АПР, 2017. – 544 с.

13. Гидрохимические показатели состояния окружающей среды: справочные материалы. – Москва: ИНФО, 2000. – 78 с.
14. Глазовская, М.А. Геохимические основы типологии и методики исследования природных ландшафтов. – Москва: Изд-во МГУ, 1964. – 230 с.
15. Глазовская, М.А. Ландшафтно-геохимические основы фонового мониторинга природной среды / М.А. Глазовская, Н.С. Касимов // Вестник Моск. ун-та. Сер. геогр. – 1987. – № 1. – С. 18–24.
16. Голубев, В.С. Модель эволюции геосфер / В.С. Голубев. – Москва: Наука, 1990. – 94 с.
17. Демиденко, Г.А. Особо охраняемые природные территории: учебное пособие / Г.А. Демиденко. – Красноярск: КрасГАУ, 2022. – 248 с.
18. Ильинская, С.А. Ландшафтные комплексы типов леса / С.А. Ильинская // Лесоведение. – 1980. – № 4. – С. 20–29.
19. Иванова, О.И. Введение в природообустройство: учебное пособие / О.И. Иванова. – Красноярск: КрасГАУ, 2021. – 88 с.
20. Исаченко, А.Г. Ландшафтоведение и физико-географическое районирование / А.Г. Исаченко. – Москва: Высшая школа, 1991. – 366 с.
21. Исаченко, А.Г. Экологические проблемы и эколого-географическое картирование / А.Г. Исаченко // Известия ВТО. – 1990. – Т. 1. – С. 122–189.
22. Исаченко, А.Г. Экологическая география Северо-Запада России / А.Г. Исаченко. – Санкт-Петербург: РГО, 1995. – Ч. 1. – 206 с.
23. Комплексная полевая практика по физической географии. – Москва: Высшая школа, 1986. – 208 с.
24. Комплексная полевая практика студентов. Программы. Методики. Оснащение / под ред. Л.А. Коробейниковой. – Санкт-Петербург: Крисмас+, 2002. – 266 с.
25. Клевер, В.Г. Особо охраняемые природные территории России: современное состояние и перспективы развития / В.Г. Клевер, М.А. Стишов, И.А. Онуфреня // WWF России. – 2009. – 276 с.
26. МаксUTOва, Н.К. Ландшафтный мониторинг охраняемых природных территорий: учебное пособие / Н.К. МаксUTOва, Е.А. Скупинова. – Вологда: Вологодский ГУ, 2003. – 120 с.
27. Малышев, Ю.С. Оценка состояния экосистем – ключевое звено экологического мониторинга / Ю.С. Малышев, Ю.В. Полюшкин // География и природные ресурсы. – 1998. – № 1. – С. 35–42.
28. Мамай, И.И. Некоторые вопросы методики полевых ландшафтных исследований равнинных территорий / И.И. Мамай // Мето-

дика ландшафтных исследований. – Ленинград: ГО СССР, 1971. – С. 25–37.

29. Методические рекомендации по оценке степени загрязнения атмосферного воздуха населенных пунктов металлами по их содержанию в снежном покрове и почве. – Москва: ИМГРЭ, 1990. – 17 с.

30. Методические указания по ландшафтным исследованиям для сельскохозяйственных целей / под ред. Г.И. Швебса и П.Г. Шищенко. – Москва: ВАСХНИЛ, 1990. – 58 с.

31. Мильков, Ф.Н. Физическая география: учение о ландшафте и географическая зональность / Ф.Н. Мильков. – Воронеж: Изд-во Воронеж. ун-та, 1986. – 327 с.

32. Морозов, Г.Ф. Учение о лесе / Г.Ф. Морозов. – Москва-Ленинград: Госиздат, 1928. – 368 с.

33. Морозов, Г.Ф. Учение о лесе / Г.Ф. Морозов; под ред. В.Г. Нестерова. – 7-е изд-е. – Москва: Гослесбумиздат, 1949. – 453 с.

34. Охрана ландшафтов: толковый словарь. – Москва: Прогресс, 1982. – 272 с.

35. Пашкевич, В.И. Влияние мелиораций на формирование химического состава грунтовых вод под влиянием антропогенных факторов / В.И. Пашкевич. – Москва: Наука и техника, 1990. – С.74–87.

36. Перельман, А.И. Геохимия: учебник / А.И. Перельман. – 2-е изд-е. – Москва: Высшая школа, 1989. – 528 с.

37. Перельман, А.И. Геохимия: учебник / А.И. Перельман. – 3-е изд-е. – Москва: ЛЕНАНД, 2016. – 531 с.

38. Перельман, А.И. Геохимия ландшафта / А.И. Перельман, А.С. Касимов. – Москва: МГУ, 1999. – 610 с.

39. Павлов, А.В. Энергообмен в ландшафтной сфере Земли / А.В. Павлов. – Новосибирск: Наука, 1984. – 256 с.

40. Полынов, Б.Б. Геохимические ландшафты / Б.Б. Полынов // Избранные труды. – Москва: Изд-во АН СССР, 1956. – 180 с.

41. Природное районирование Вологодской области для целей сельского хозяйства / под ред. Л.К. Давыдова [и др.]. – Вологда: ЛГУ им. А.А. Жданова, 1970. – 286 с.

42. Погребняк, П.Г. Основы лесной типологии / П.Г. Погребняк. – Киев: Изд-во АН Украинской ССР, 1955. – 452 с.

43. Разумовский, Н.К. Как определять минералы / Н.К. Разумовский. – Москва: Детгиз, 1957. – 81 с.

44. Раман, К.Г. Значение информационной передачи структуры в природных и социогенных геосистемах / К.Г. Раман // Теоретическая география. – Рига: Лиесма, 1973. – С. 77–79.
45. Раменский, Л.Г. Введение в комплексное почвенно-ботаническое исследование земель / Л.Г. Раменский. – Москва: Сельхозгиз, 1938. – 150 с.
46. Рекомендации по оценке микроклиматических ресурсов Нечерноземной зоны РСФСР. – Москва: Гидрометеиздат, 1981. – 81 с.
47. Руднев, Н.И. Радиационный и тепловой баланс фитоценозов / Н.И. Руднев. – Москва: Наука, 1984. – 111 с.
48. Романова, Е.Н. Микроклиматическая изменчивость основных элементов климата / Е.Н. Романова. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1977. – 280 с.
49. Рысин, Л.П. Лесная типология и биогеоценология / Л.П. Рысин // Лесоведение. – 1974. – № 6. – С. 15–19.
50. Скупинова, Е.А. Экоград / Е.А. Скупинова, Л.И. Соколов. – Вологда: Полиграфист, 2000. – 160 с.
51. Солнцев, Н.А. Природная география / Н.А. Солнцев. – Москва: МГУ, 1960. – С. 63–66.
52. Солнцев, Н.А. Некоторые дополнения и уточнения в вопросе о морфологии ландшафта / Н.А. Солнцев // Вестник Моск. ун-та. Сер. геогр. – 1961. – № 2. – С. 69–72.
53. Солнцев, Н.А. К теории природных комплексов / Н.А. Солнцев // Вестник Моск. ун-та. Сер. геогр. – 1968. – № 3. – С. 14–27.
54. Сукачев, В.Н. Дендрология с основами лесной геоботаники / В.Н. Сукачев. – Ленинград: Изд-во АН СССР, 1938. – 576 с.
55. Сукачев, В.Н. Избранные труды: в 3 т. / В.Н. Сукачев; под общей редакцией Е.М. Лавренко. – Ленинград: Наука, Ленинград. отделение. – 1972. – Т. 1. – 418 с.
56. Справочник по экологической экспертизе проектов / под ред. М.А. Пустовойта. – Киев: Урожай, 1986. – 191 с.
57. Хильми, Г.Ф. Энергетика и продуктивность растительного покрова суши / Г.Ф. Хильми. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1976. – 63 с.
58. Швебс, Г.И. Типы ландшафтных территориальных структур / Г.И. Швебс, П.Г. Шищенко, М.Д. Гродзинский // Физическая география и геоморфология. – 1986. – Вып. 33. – С. 109–115.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Индикация основных взаимосвязей компонентов ПТК

Таблица П.1.1 – Взаимосвязь растительных формаций и групп видов растительности с аллювиальными почвами поймы [26]

Индикатор – формация	Индикатор – группа видов растительности	Индикат – тип и подтип почв
Костровая	Костер безостый	Дерновые
Лугомятликовая, луговоклеверная	Мятлик луговой, клевер луговой, подорожник большой	
Пырейная	Пырей ползучий	Дерновые и дерново-луговые
Белополевицевая	Полевица белая	Дерново-луговые
Подмаренниковая	Подмаренник северный	
Луговоовсяницевая	Овсяница луговая	
Мышиногоорошковая	Чина луговая, горошек мышиный	
Лисохвостовая	Лисохвост луговой, клевер ползучий	Дерново-луговые и луговые
Кровохлебковая	Кровохлебка лекарственная	
Таволговая	Таволга вязолистная	Луговые
Болотномятликовая	Мятлик болотный, вероника длиннолистная	
Канареечниковая	Канареечник	Луговые, профильноглеевые
Остроосоковая	Осока острая	Лугово-болотные
Лисьеосоковая, болотнохвощевая	Осока лисья, осока острая, калужница	
Калужницевая	Лютик болотный	
Лангсдорфовойниковая, остроосоковая	Вейник Лангсдорфа, осока острая, вейник незамечаемый	Лугово-болотные и болотные
Дернистоосоковая	Осоки: дернистая, пузырчатая, водная, омская, тростянка, хвощ топяной	Болотные
Пузырчатоосоковая		
Водноосоковая		
Омскоосоковая		

Таблица П.1.2 – Элементы индикационных взаимосвязей и морфогенетической классификации болотных урочищ [26]

Характер впадины	Индикатор	
	Очертания впадины	Форма сетки линий стекания
Замкнутые бессточные впадины	Замкнутые: форма округлая или овальная	Радиально сходящаяся (на ранних стадиях развития массива) и радиально расходящаяся (при достижении болотом выпуклой формы)
Карстовые воронки	Замкнутые: форма округлая, размеры обычно небольшие	Радиально сходящаяся
Впадины на пологих склонах	Открытые (допускающие свободный сток); форма прямоугольная вытянутая	Равномерно параллельная, реже криволинейно сходящаяся
Сточные впадины	Полузамкнутая, открытая в нижней узкой части	Криволинейно сходящаяся
Впадины логов	Открытые (допускающие сток); форма лентовидная	Криволинейно сходящаяся или равномерно параллельная
Старицы	Открытые (допускающие сток); форма серповидная	Равномерно параллельная или криволинейно сходящаяся, серповидная
Межгрибовые западины	Открытые (допускающие сток); форма полосная, вытянутая вдоль русла реки	Криволинейно сходящаяся

Таблица П.1.3 – Индикация глубины грунтовых вод в поймах рек по растительным формациям [26]

Индикатор – растительная формация	Индикат – глубина грунтовых вод, см
Костровая	150 и больше
Луговомятликовая	
Пырейная	100–150
Белополевицевая	
Луговоовсяницевая	100–150
Мышиногоорошковая	
Канареечниковая	50–100
Болотнохвощевая	
Лисьеосоковая	10–50
Остроосоковая	
Лангсдорфовойниковая	
Пузырчатосоковая	0–10

Таблица П.1.4 – Глазомерная оценка сорно-полевой растительности [26]

Оценка, балл	Характеристика встречаемости (обилия) сорняков
1	Сорняки встречаются единично
2	Сорняки встречаются довольно часто и занимают до 25 % травостоя или площади пара
3	Сорняки встречаются очень часто, но не преобладают над культурными растениями и занимают от 25 до 50 % травостоя или площади пара
4	Сорняки заглушают культурное растение и занимают больше половины травостоя, на пару занимает всю площадь контура

Таблица П.1.5 – Группы растений – указатели глубины грунтовых вод в поймах рек [26]

Индикатор – группа видов растений	Индикат – глубина грунтовых вод (см)
Костер безостый	Больше 150
Клевер луговой	
Подорожник большой	
Пырей ползучий	
Мятлик луговой	100 – больше 150
Полевица белая	100–150
Овсяница луговая	
Горошек мышиный	
Чина луговая	
Мятлик болотный	50–150
Таволга вязолистная	50–100
Канареечник	
Чина болотная	
Хвощ болотный	10–100
Осока лисья	10–50
Осока острая	
Вейник Лангсдорфа	
Калужница болотная	0 –5 0
Осока дернистая	0 –1 0
Осока пузырчатая	

Таблица П.1.6 – Сводная таблица основных типов лугов лесной зоны европейской части России [26, 46]

Почвы	Сухие и свежие луга	Влажные луга	Сырые луга	Болотные луга
Бедные	Злаково-разнотравные и разнотравно-мелкотравные (с овсяницей овечьей, ястребинкой волосистой)	Белоусовые (влажные)	Белоусовые (сырые)	Гипново-мелкоосоковые (со сфагновым мхом)
Небогатые	Злаково-разнотравные мелкотравные (с полевицей обыкновенной, овсяницей красной)	Злаково-разнотравные мелкотравные (с полевицей обыкновенной, щучкой), злаково-разнотравные мелкозлаковые (приречные суходолы), щучково-разнотравные	Щучково-осоковые (с осокой дернистой)	Щучково-крупноосоково-разнотравные (заиляемые)
Богатые	-	Злаково-разнотравные, заливные луга высокого и среднего уровней	Злаковые заливные луга низкого уровня (с лисохвостом луговым, мятликом болотным, полевицей побегообразующей)	-

Таблица П.1.7 – Типы лесов – указатели уровня почвенно-грунтовых вод в южной тайге России [26]

Индикатор		Индикат	
Тип лесов	Вид растений	Глубина почвенно-грунтовых вод, м	Характер увлажнения почв
1	2	3	4
Ельник кисличный	Кислица, седмичник, майник, зеленые мхи	3–5	Проточное
Ельник черничный	Черника, кислица, зеленые мхи	1–3	Застойное
Ельник долгомошный	Черника, багульник, мох (политрихум)	До 1	Скопления верховодки, застойное
Ельник сфагновый	Багульник, андромеда, кассандра, сфагновые мхи	0–05	Застойное
Ельник-дубняк	Ясменник душистый, медуница неясная, кислица, звездчатка ланцетовидная, зеленчук	5–10	Скопления верховодки
Сосняк-ельник кисличный	Кислица, папоротники, зеленые мхи	3–5	Иногда скопления верховодки
Сосняк-ельник черничный	Черника, брусника, кислица, папоротники, зеленые мхи	3–5	Скопления верховодки
Дубняк-ельник с сосной травянозеленомошный	Кислица, орляк, медуница неясная, местами зеленые мхи	Более 10	—
Сосняк лишайниковый	Кошачья лапка, ястребинка волосистая, лишайники (кладонии)	Более 10	—

Окончание табл. П.1.7

1	2	3	4
Сосняк брусничный	Брусника, вереск, зеленые мхи	3–5	–
Сосняк черничный	Черника, кислица, зеленые мхи	До 2	Застойное
Сосняк орляковый	Орляк, кислица, майник, зеленые мхи	1–3	Проточное
Сосняк долгомошный	Голубика, черника, мох (политрихум)	0,5–1	Застойное
Сосняк сфагновый	Багульник, касандра, мох (виды рода сфагнум)	0,0–0,2	Застойное
Сосняк пушицево-сфагновый	Пушица, осока шаровидная, мох (виды рода сфагнум)	0,1–1	Застойное
Ельник-сосняк черничный	Черника, молиния, зеленые мхи	0,5 – 1,5	Застойное
Ельник-сосняк с дубом черничный	Черника, молиния, звездчатка ланцетовидная, брусника, зеленые мхи	1,3	Застойное
Дубняк-сосняк черничный	Черника, звездчатка ланцетовидная, брусника, зеленые мхи	1,3	Застойное

Таблица П.1.8 – Индикация гранулометрического состава аллювиальных почв и подстилающих пород в поймах рек России [26]

Индикатор – формация лугов	Индикат
1	2
Белополевицевая	Почвы глинистые и суглинистые, подстилающие породы песчано-супесчаные
Болотномятликсовая	
Верониковая	Почвы легкосуглинистые и суглинистые, подстилающие породы песчано-супесчаные, песчано-суглинистые
Подмаренниковая	
Канареечниковая	

Окончание табл. П.1.8

1	2
Лангсдорфовойниковая	Почвы не индицируют, подстилающие породы песчано-супесчаные
Дернистоосоковая	Почвы глинистые и суглинистые, подстилающие породы глинистые и суглинистые
Остроосоковая	Почвы глинистые, тяжелосуглинистые, подстилающие породы не индицируют
Костровая	Почвы песчаные и супесчаные, подстилающие породы не индицируют
Луговомятликовая	

Таблица П.1.9 – Глазомерная шкала для определения обилия видов растений в растительных сообществах (шкала Друде) [26]

Оценка	Условные обозначения	Проективное Покрытие, %
Весьма обильно, фоновое	Фон	Более 75
Очень обильно	Об ₃	50–75
Обильно	Об ₂	25–50
Довольно обильно	Об ₁	5–25
Рассеянно	Рас.	1–5
Единично	Ед.	Менее 1
Уникально (единственно)	Ун.	–

Таблица П.1.10 – Классификация пахотных почв [26]

Степень окультуренности	Мощность Апах. (см)
Очень хорошо окультуренные	Более 30
Хорошо окультуренные	22–30
Среднеокультуренные	20–22
Плохо окультуренные	15–20
Очень плохо окультуренные	Менее 15

Оценка массоэнергообмена природно-территориальных комплексов (ПТК)

Таблица П.2.1 – Интенсивность суммарной радиации на различно ориентированные склоны (в % от 106,1 Вт/м² в год – суммарной радиации на горизонтальную поверхность) [26]

Экспозиция склонов	Уклоны (градусы)	
	3	5
Северная	95	92
Северо-восточная, северо-западная	97	95
Восточная, западная	99	99
Юго-восточная, юго-западная	103	104
Южная	103	106

Таблица П.2.2 – Поступление суммарной солнечной радиации на верхнюю границу атмосферы (Q_0) и горизонтальную земную поверхность при условиях безоблачного неба (Q) на широте 60°, в Вт/м² [26]

Показатель	Месяц												
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Q	14	47	116	174	219	250	229	177	100	49	21	10	177
Q_0	27	75	132	208	277	319	293	235	162	90	38	18	160
Радиационный баланс	–13	–10	–3	51	111	133	125	87	39	2	–11	–13	42

Таблица П.2.3 – Средние значения альбедо [26]

Вид поверхности		Альбедо (A_0)	Среднее значение A_0
1	2	3	4
Водная поверхность	Неглубокий водоем	0,08–0,14	0,10
Снег	Свежевыпавший	0,70–0,95	0,30
	Загрязненный	0,30–0,50	0,40
Почва	Песчаная	0,15–0,35	0,25
	Глинистая	0,20–0,40	0,30
	Супесчаная	–	0,21
	Торф	0,08–0,12	0,10

Окончание табл. П.2.3

1	2	3	4
Луг	Разнотравный	0,16–0,27	0,22
	Суходольный	0,20–0,31	0,25
	Пойменный	–	–
	Заболоченный	–	–
Болото	Сфагновое	0,20	0,20
	Зеленомошное	0,14	0,14
	Травяное	0,16	0,16
	Лесное	0,12–0,16	0,14
Лес (летом)	Хвойный	0,10–0,15	0,13
	Еловый	–	0,12
	Сосновый	–	0,14
	Лиственный	0,13–0,18	0,15
	Смешанный	–	0,65
Сельскохозяйственные поля	Зерновые	0,13–0,21	0,17

Таблица П.2.4 – Нормированная структура радиационного баланса за теплый период (в долях единицы) [26]

Растительность	Крутизна склонов, градусы								
	0	Северная экспозиция				Южная экспозиция			
		5	10	15	20	5	10	15	20
Суходольный луг	1,0	0,93	0,87	0,1	0,87	1,05	1,10	1,14	1,19
Еловый лес	1,31	1,22	1,17	1,06	1,01	1,38	1,44	1,49	1,56
Сосновый лес	1,26	1,17	1,10	1,02	0,97	1,32	1,39	1,44	1,50
Мелколиственный лес	1,32	1,23	1,15	1,07	1,02	1,39	1,45	1,50	1,57
Широколиственный лес	1,17	1,09	1,02	0,95	0,90	1,23	1,29	1,33	1,39
Болотная растительность	1,27	1,18	1,10	1,03	0,98	1,33	0,98	1,45	1,51

Таблица П.2.5 – Нормированная структура радиационного баланса за теплый период (в долях единицы) [26, 47]

Растительность	Рельеф									
	Равнина	Вершины холмов	Склон							
			южной экспозиции				северной экспозиции			
			верх. часть	сред. часть	ниж. часть	под-ножие	верх. часть	сред. часть	ниж. часть	под-ножие
Суходольный луг	1,00	0,61	0,65	0,67	1,03	0,11	0,82	0,91	1,03	1,11
Еловый лес	1,26	0,77	0,82	0,84	1,30	1,40	1,03	1,15	1,30	1,40
Сосновый лес	1,34	0,82	0,87	0,90	1,38	1,49	1,22	1,38	1,38	1,49
Мелколиственный лес	1,42	0,78	0,92	0,95	1,46	1,58	1,16	1,30	1,46	1,58
Широколиственный лес	1,60	0,98	1,04	1,07	1,65	1,78	1,31	1,46	1,64	1,78
Болото	1,11	0,68	0,72	0,74	1,14	1,23	0,91	1,01	1,14	1,23
Низинный луг	1,75	1,07	1,14	1,17	1,80	1,94	1,44	1,59	1,80	1,94
Овощные культуры	1,09	0,66	0,71	0,73	1,12	1,21	0,89	0,99	1,12	1,21
Зерновые культуры	1,02	0,62	0,66	0,68	1,05	1,13	0,84	0,93	1,05	1,13
Картофель	0,73	0,45	0,47	0,49	0,75	0,81	0,60	0,66	0,75	0,81
Клевер	0,95	0,58	0,62	0,64	0,98	1,05	0,78	0,86	0,98	1,05
Стерня	0,93	0,57	0,60	0,62	0,96	1,03	0,76	0,85	0,96	1,03
Черный пар	0,74	0,45	0,48	0,50	0,76	0,82	0,61	0,67	0,76	0,82

Таблица П.2.6 – Коэффициенты изменения скорости ветра (Ксв) в различных условиях рельефа при неустойчивой стратификации атмосферы [26, 46]

Форма рельефа	Ксв
1	2
Открытое ровное место	1
Открытые возвышения (холмы)	
<i>Вершины:</i>	
выше 50 м	1,4–1,5
ниже 50 м	1,3–1,4
<i>Наветренные склоны крутизной 3–10°:</i>	
верхняя часть	1,2–1,3
средняя часть	1,0–1,1
нижняя часть	1,0
<i>Параллельные ветру склоны крутизной 3–10°:</i>	
верхняя часть	1,1–1,2
средняя часть	0,9–1,0
нижняя часть	0,8–0,9

Окончание табл. П.2.6

1	2
<i>Подветренные склоны крутизной 3–10°:</i>	
верхняя часть	0,8–0,9
средняя часть	0,8–0,9
нижняя часть	0,7–0,8
Возвышения с плоскими вершинами и пологими склонами	
<i>Вершины:</i>	
верхние части наветренных и подветренных склонов крутизной 1–3°	1,2–1,4
средние и нижние части наветренных и параллельных ветру склонов крутизной 4–10°	1,1–1,4
средние и нижние части подветренных склонов	0,7–0,9
Долины, лощины, овраги	
<i>Дно и нижние части склонов долин:</i>	
продуваемых ветром	1,1–1,2
непродуваемых ветром	0,7–0,8
замкнутые	0,6 и менее
<i>Средние и верхние части склонов долин:</i>	
продуваемых ветром	1,2–1,3
непродуваемых ветром	0,8–0,9
замкнутые	0,6 и менее

Таблица П.2.7 – Коэффициент стока (Кс) для различных типов геосистем [26]

Тип миграционной структуры	Тип геосистем	Кс
I	Дренированные водоразделы	0
	Низинные болота, западины	0
II	Долины рек, ручьев	—
	Недренированные водоразделы, верховые болота	1
III	Покатосклоновые с песчаными почвами	0,2
	Покатосклоновые с суглинистыми почвами	0,25
	Полососклоновые с песчаными почвами	0,1
	Пологосклоновые с суглинистыми почвами	0,15

Таблица П.2.8 – Энергетика и продуктивность растительности
(пересчет на Вт/м² [26, 57])

Вид геосистем	Общее количество, Е				Расходы на почвообразование и работу против почвенных сил				Расход на транспирацию
	бонитет				бонитет				
	I	II	III	Ср.	I	II	III	Ср.	
Сосновые	11,7	13,8	17,6	14,2	5,4	7,5	11,3	8,0	6,3
Еловые	12,1	14,6	19,6	15,4	6,2	8,7	13,7	8,8	6,7
Осиновые	8,9	10,9	14,5	10,9	6,9	7,3	8,0	7,4	3,5
Березовые	5,9	6,7	8,3	7,3	4,5	5,1	6,0	5,2	3,1

**Оценка антропогенной нарушенности
природно-территориальных комплексов (ПТК)**

Таблица П.3.1 – Оценка антропогенной нарушенности ПТК [11, 26]

Группа нарушенных компонентов	Степень нарушения	Вид антропогенных нарушений
Коренные нарушения геоматических компонентов	Необратимые нарушения	Карьерные выемки, насыпи, торфопереработки. Застройка, дороги, коммуникации. Мелиоративные каналы
Слабые нарушения геоматических компонентов	Необратимые и относительно обратимые нарушения, в зависимости от вида ПТК	Пашни с сильноэродированными почвами. Пашни с культурными почвами. Пашни со слабоизмененными почвами. Рубки сплошные с волоками (в том числе санитарные). Рекреационные дигрессии IV-V стадий
Глубокие нарушения биотических компонентов	Относительно сложно- (продолжительно-) обратимые нарушения	Сенокосы на месте лесных фитоценозов. Культуры интродуцированных пород. Культуры коренных пород. Рубки ухода средней и сильной интенсивности. Санитарные рубки высокой интенсивности, превышающие естественный отпад
Слабые нарушения биотических компонентов	Относительно легко- (быстро-) обратимые нарушения	Рубки ухода слабой интенсивности (до 10%). Санитарные рубки (выборочные) в пределах естественного отпада. Сенокосы на месте луговых фитоценозов. Рекреационные дигрессии I–III стадий. Гари. Синантропизация животного мира

Таблица П.3.2 – Классификация антропогенной нарушенности почв и почвенного покрова [26]

Оценка, балл	Категория нарушенности	Признаки выделения	Критерии выделения
1	2	3	4
1	Условно ненарушенные (нормальные)	Характеристики в пределах нормы для данного таксона	Загрязнение в пределах регионального фона

Окончание табл. П.3.2

1	2	3	4
2	Слабонарушенные	Изменение свойств, не проявляющееся морфологически	Загрязнение в пределах местного фона, но не выше 0,1 ПДК по лимитирующим показателям
3	Средненарушенные	Изменение химических свойств, проявляющееся морфологически	Загрязнение не превышает ПДК по лимитирующим показателям; изменение таксона низшего уровня (вида)
4	Сильнонарушенные	Изменение комплекса свойств, приводящее к частичной деградации	Загрязнение превышает ПДК хотя бы по одному лимитирующему показателю; изменение таксона среднего уровня (рода, подтипа)
5	Деградированные, разрушенные	Мощное нарушение, приводящее к уничтожению почвы	Загрязнение выше ПДК по нескольким лимитирующим показателям; изменение таксона высокого уровня (типа)
6	Искусственные	Почвы урбанизированных территорий	
7	Техногенный субстрат (не почва)	Территории под промышленными и коммунальными объектами	

Таблица П.3.3 – Градации антропогенной нарушенности лесных экосистем (ЛЭ) (санитарное состояние лесов по материалам лесопатологических исследований) [26]

Оценка, балл	Класс (категория) нарушенности	Критерий жизненного состояния древостоя, %	Признаки отнесения к определенной градации (классу)
1	2	3	4
1	Условно ненарушенные лесные экосистемы (ЛЭ)	90–100	Внешних признаков нарушенности практически нет
2	Слабонарушенные ЛЭ (начально поврежденные)	80–89	Слабая дефолиация верхней части крон, выпадение наиболее чувствительных к экзогенным нарушениям видов нижних ярусов

Окончание табл. П.3.3

1	2	3	4
3	Средненарушенные (поврежденные) ЛЭ	50–79	Значительная дефолиация верхней части крон; частичное изменение состава нижних ярусов, изменение цвета кроны, заметное ухудшение прироста в высоту
4	Сильнонарушенные (поврежденные) ЛЭ	20–49	Сильная дефолиация всех деревьев, суховершинность части их; потеря прироста в высоту и по диаметру; существенное изменение состава нижних ярусов
5	Деградированные (полностью разрушенные) ЛЭ	19	Суховершинность, усыхание большинства деревьев; образование примитивных сообществ нижних ярусов
6	Нелесные экосистемы	–	Культурная растительность; одиночные деревья и кустарники, рощицы агроландшафта
7	Техногенные территории с полным отсутствием лесной растительности	–	Пионерные сообщества, сорная растительность или полное ее отсутствие

Таблица П.3.4 – Классификация нарушенности зооценозов [26]

Оценка, балл	Категория нарушенности	Критерии выделения	Характеристика зооценоза
1	2	3	4
1	Условно ненарушенные	Полночленные сообщества; структура сообществ локально специфична	Естественные, ненарушенные коренные сообщества
2	Слабонарушенные	Неполночленные сообщества; доминанты локально специфичны	Естественные сообщества, трансформированные в пределах локальных сукцессионных систем

1	2	3	4
3	Средненарушенные	Состав доминирующих групп в сообществах, сформированный регионально специфичными таксонами	Вторичные сообщества, выделенные за пределы локальной, но остающиеся в пределах региональной сукцессионной системы
4	Сильнонарушенные, обратимые	Неустойчивость структуры сообществ; появление адвентивных таксонов	Вторичные сообщества, выделенные за пределы региональной сукцессионной системы, хаотичные структуры
5	Сильнонарушенные, условно необратимые	Переход доминирования к адвентивным таксонам; снижение участия аборигенных таксонов	Сообщества с доминированием элементов синантропного комплекса
6	Катастрофически нарушенные	Отсутствие устойчивой структуры сообществ; хаотичная таксономическая структура сообществ; искусственные зоогруппировки	Сообщества разрушены: животное население случайное, с хаотическими изменениями; искусственные сообщества
7	Полностью деградированные	Редкая встречаемость или полное отсутствие животных	Среда «отброшена» в состояние первичной сукцессии; антропогенное влияние сдерживает сукцессионное развитие

Таблица П.3.5 – Охранно-защитные насаждения [26, 56]

Вид насаждений	Ширина лесополос
1	2
1. Водоохранные насаждения: запретные полосы вдоль рек, водоемов	По обеим сторонам рек 1–3-го порядка, чередуясь с сенокосно-пастбищными угодьями, садами и пашней, – 100–1000 м, на малых реках – 40–80 м; вокруг водоемов в зависимости от его размера – 20–1000 м

1	2
2. Защитные насаждения:	
2.1. Вокруг населенных пунктов	До нескольких километров
2.2. Вокруг садов, питомников	От 20 м и более
2.3. Вокруг промышленных предприятий	От 10 до 25 км
2.4. Вдоль железных дорог	600 с каждой стороны
2.5. Вдоль автомобильных дорог	10–250 м в зависимости от категории

Таблица П.3.6 – Социально-экономические функции ландшафтов [26]

Наименование функции	«Исполнители» функции	Содержание функции
1	2	3
Функции снабжения (веществом и энергией из природных источников)	Продукция абиотических ресурсов	Снабжение светом, теплом, кислородом, энергией (световой, гидро-термальной, ядерной), топливом
	Продукция биотических ресурсов	Снабжение сырьем и естественными продуктами
	Сельскохозяйственная продукция	Снабжение сельскохозяйственной продукцией
	Продукция леса	Снабжение лесной продукцией
Несущие функции (предоставление пространства и территории для человеческой деятельности)	Пространственная основа для урбанизации и производственной деятельности	Снабжение пространством и территорией для технических сооружений и локализованной деятельности в городах (производство), коммунальные сооружения (водо- и энергоснабжение)
	Пространственная основа сельской деятельности	Водоснабжение в сельской местности, береговая защита, ограничивающая деятельность, военные сооружения и полигоны для военных маневров
	Пространственная основа для размещения отходов	Снабжение пространством для помещения жидких и твердых отходов
	Пространственная основа для рекреационной деятельности	Снабжение пространством для рекреационных сооружений и рекреационной деятельности, территорией и пейзажем

1	2	3
Информационные функции	Снабжение информацией	Снабжение информацией для ориентации (включая эстетическую оценку окружающей среды), научных исследований, образования, установления изменений окружающей среды по биоиндикаторам
	Хранение информации	Снабжение потенциальной информацией, которая будет использоваться в будущем
Функции регулирования	Очистка	Регулирование ассимиляции отходов: шумовых, пыли, органических веществ («биологическая очистка»)
	Регулирование	Стабилизация окружающей среды атмосферной фильтрацией космических излучений, «биосферным гашением» климатических колебаний, задержка воды (главным образом в почве), защита почв и регулирование биоты (биологический контроль, «биологическое равновесие»)

ЛАНДШАФТНЫЙ МОНИТОРИНГ КУРС ЛЕКЦИЙ

Учебное пособие

ДЕМИДЕНКО Галина Александровна

Редактор Т.М. Мاستрич

Электронное издание

Подписано в свет 29.05.2025. Регистрационный номер 80.
Редакционно-издательская служба Красноярского государственного аграрного университета
660017, Красноярск, ул. Ленина, 117
e-mail: rio@kgau.ru