

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РФ

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БРЯНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

ИНСТИТУТ ЭКОНОМИКИ И АГРОБИЗНЕСА

КАФЕДРА АГРОХИМИИ, ПОЧВОВЕДЕНИЯ И ЭКОЛОГИИ

СМОЛЬСКИЙ Е.В.

ЛАНДШАФТОВЕДЕНИЕ

Учебное пособие

БРЯНСК

2022

УДК 911.52 (07)
ББК 26.82
С 51

Смольский, Е. В. Ландшафтоведение: учебное пособие / Е. В. Смоленский. – Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2022. – 130 с.

Учебное пособие написано в соответствии с рабочей программой дисциплины «Ландшафтоведение» и отвечает требованиям Федерального государственного образовательного стандарта РФ. Издание предназначено для студентов сельскохозяйственных вузов, обучающихся по направлению подготовки 35.03.03 Агрохимия и агропочвоведение (профиль Агроэкология), также оно будет полезно специалистам, работающим в сельскохозяйственной сфере.

Целью учебного пособия является формирование знаний и представлений о ландшафтах (геосистемах), об их строении, свойствах, динамике, геоэкологических и геохимических принципах проектировании и использовании природно-антропогенных ландшафтов.

Пособие реализует следующие компетенции для направления подготовки 35.03.03 Агрохимия и агропочвоведение: УК-2: способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений; ОПК-4. Способен реализовывать современные технологии и обосновывать их применение в профессиональной деятельности; ОПК-5: способен к участию в проведении экспериментальных исследований в профессиональной деятельности.

Рецензент: Чекин Г.В. – к. с.-х. н., доцент кафедры агрохимии, почвоведения и экологии ФГБОУ ВО Брянский ГАУ.

Рекомендовано к изданию учебно-методической комиссией института экономики и агробизнеса Брянского государственного аграрного университета протокол № 3 от 19 октября 2022 года.

© Смоленский Е.В., 2022
© Брянский ГАУ, 2022

Введение

Общие положения

В настоящее время, когда человек на высоком уровне развития науки и производительных сил своей деятельностью коренным образом изменяет компоненты природы, появляется проблема сосуществования человеческого общества и окружающей его среды. Отношения человека и природы должны обеспечить гармоничное сочетание суверенных интересов человека и общества со столь же суверенными «интересами» природы.

Человек в своей жизнедеятельности не может отказаться ни от использования природы, ни от изменения компонентов природы, ни от научно-технического прогресса. Следовательно, необходимо познание и использование в практической деятельности законов формирования и функционирования особых социоприродных или, по географической терминологии, техноприродных систем. Необходимо научное обоснование синтеза природных процессов и деятельности человека. Законы формирования, функционирования и развития техноприродных систем не являются ни чисто природными, ни чисто социальными, они дают знания об особых процессах при взаимодействии человека и природы. Учет этих законов как раз и должен обеспечить коэволюцию, т. е. совместное развитие природы и человеческого общества.

Научная теория оптимизации человеческого воздействия на природу была выдвинута В.И. Вернадским и развита его последователями в концепции ландшафтного подхода как одного из важнейших направлений географии.

Становление и развитие ландшафтоведения как науки неразрывно связано с именами выдающихся ученых: А. Гумбольдта (1769-1859), К. Риттера (1779-1859), В.В. Докучаева (1846-1903). Идея единства и взаимосвязи природных явлений на Земле была развита в трудах немецкого ученого Александра Гумбольдта. Российский ученый В.В. Докучаев сформулировал представление о закономерных связях между компонентами природы, обосновал учение о почве как особом природном объекте, дал комплексную характеристику природных зон России.

В дальнейшем изучение физико-географических комплексов разного ранга нашло развитие в трудах Г.Н. Высоцкого (1865-1940), Г.Ф. Морозова (1867-1920), Л.С. Берга (1876-1950), А.А. Борзова (1874-1939), Р.И. Аболина (1886-1939). Л.С. Берг первым дал научное определение понятия «ландшафт», выделил на территории России ландшафтные зоны, ввел разделение ландшафтов на природные и культурные.

Теоретические основы ландшафтоведения в дальнейшем были развиты в работах С.С. Неуструева (1874-1928), Б.Б. Польнова (1877-1952), Л.Г. Раменского (1884-1953), С.В. Калесника (1901-1977), В.Н. Чукачева (1880-1967) и других исследователей.

Большое значение для теории и практики географических и ландшафтных исследований имеют труды Н.А. Солнцева, А.Г. Исаченко, Д.Л. Арманда, Ф.Н. Милькова, В.С. Преображенского, В.А. Николаева, А.М. Шульгина, В.С. Аношко, К.Н. Дьяконова, В.М. Чупахина, М.В. Андришина, В.Б. Сочава, М.А. Глазковской и др.

Ландшафтоведение как раздел физической географии является методологической основой для усовершенствования и обустройства ландшафтов, разработки методов и способов использования нетронутых или антропогенно измененных ландшафтов, их восстановления. Ландшафтоведение как наука не обходится без географического изучения природного устройства территории по компонентам (растительности, почвам, водам, литогенной основе, воздушной среде). Ландшафтоведение обладает необходимыми теоретическими и методологическими разработками, накопленным практическим опытом для решения проблем исследования территорий в целях их охраны и использования.

Наиболее содержательную информацию о природных ресурсах территории, ее специфике заключают в себе природно-территориальные комплексы – ландшафты.

Сложность ландшафтов обусловлена многоэлементарностью и полиструктурностью, гетерогенностью входящих в состав элементов частей неживой и живой природы, человека, многообразием внутренних и внешних связей, многообразием состояния, иерархичностью, типологическим разнообразием и неповторимостью каждого ландшафта. Изучение этого обычного для человека мира, соразмерного с человеком и его деятельностью, порождает впечатление обыденности, общедоступности и кажущейся легкости познания ландшафтов, объяснений на уровне здравого смысла. Оценивая сложность ландшафтов, А.Г. Исаченко писал, что ландшафтоведение – это отнюдь не легкая наука, а значительно более трудная, чем любая из отраслевых дисциплин. Познание ландшафтов увеличивается и углубляется.

Ландшафт как геосистема

Все объекты, изучаемые ландшафтоведением, объединены понятием «геосистема» или природно-территориальный комплекс (ПТК). Геосистема охватывает все природные географические единства, от географической оболочки Земли до самых простых, элементарных структур. Геосистема – это не простое сочетание компонентов, а сложное, целостное материальное образование с определенной организацией вещества Земли. Геосистема – это пространственно-временная система географических компонентов, взаимообусловленных в своем размещении и развивающихся как единое целое. Объект изучения ландшафтоведения – геосистемы разных уровней. Термин «геосистема» предполагает особую системную сущность объекта, его принадлежность к системам, выраженным в универсальной форме организации природы. Вся природа – системная организация, состоящая из систем разных типов и порядков. Системная концепция отражает всеобщую взаимосвязь и взаимодействие предметов и явлений природы. Поэтому геосистему следует рассматривать как систему особого класса, высокого уровня организации, со сложной структурой и взаимной обусловленностью компонентов, подчиняющихся общим закономерностям. Если под ландшафтом понимаем реальный, многообразный природный объект, то под системой – его структурированный, лаконичный образ. Соотношение между ландшафтом и геосистемой приблизительно такое же, как между природным процессом и его математическим описанием. Любая геосистема имеет следующие особенности: состоит из набора взаимосвязанных элементов; является частью другой, более крупной системы; состоит из подсистем более низкого уровня.

Методика изучения ландшафтов

Методика ландшафтоведения – это комплекс общенаучных подходов, приемов и способов получения эмпирического и теоретического обобщения в целях познания пространственно-временной организации ландшафтов и их связей с другими объектами. Комплекс подходов – это не просто их совокупность, а стройная система взаимосвязанных методов, отражающая взаимосвязь изучаемых объектов, их свойств и взаимодействие географических наук. Все многообразие методов и приемов, используемых ландшафтоведением, имеет одну основу – применение пространственно-сравнительного подхода, который может проявляться в словесных, блоковых, картографических, математических моделях. Здесь сравнивают элементы, системы, факторы, состояния, организацию, выявляют общее и индивидуальное, групповые свойства, ищут изоморфизм (аналогию). Постоянной основой такого подхода является картографирование ландшафтов. Методика ландшафтоведения опирается и на полисистемные модели, отражающие непрерывно-дискретное строение географической оболочки.

Сравнительный подход. Он объединяет комплекс методов, основой которого служит логический прием сравнения, заключающийся в сопоставлении и выявлении сходства и различия организации, свойств, состояний, процессов двух и более ландшафтов. Это могут быть как рядом расположенные или существующие в одно и то же время, так и удаленные в пространстве и во времени ландшафты, находящиеся под влиянием одних и тех же или различных факторов. На основе сопоставления делают выводы о закономерностях формирования и развития ландшафтов в пространстве и во времени. Такой подход является базовым на этапе эмпирического и теоретического обобщения при разработке классификаций и легенд карт районирования, оценки и прогнозирования. Сравнительный подход усложняется с общим развитием науки и техники и привлекает системный подход и математические методы. Существуют два направления применения сравнительного подхода: для прогнозирования состояний и поведения геосистем. Первое предполагает сопоставление слабо изученного объекта с хорошо изученным аналогом. Во втором сопоставляют одинаково изученные ландшафтные объекты, находящиеся либо на одной, либо на разных стадиях развития.

Исторический подход. Он широко использует логические операции сравнения состояний. Анализируют изменения существенных характеристик либо самого комплекса, либо факторов, его формирующих. Он объединяет большое число методов и операций. Развиваясь, исторический подход трансформируется в более общий – временной. Современный исторический подход обогащен математическими методами обработки и анализа данных, применения моделирования для воссоздания разномастных изменений и выявления сущности пространственно-временной организации ландшафтов.

Системный подход. С его помощью в ландшафтоведение внедряют моделирование – совокупность процедур построения эмпирических и теоретических моделей. Используя модели в процессе изучения ландшафтов, можно перенести полученные знания с моделей на натуру. Системный подход – система определенно упорядоченных процедур.

Картографический подход. Анализ карты в географии служит средством применения пространственно-временного сравнительного подхода. На картах фиксируют наблюдения, устанавливают по ним морфологическую структуру ландшафта, получая в результате ландшафтную карту, схему ландшафтного районирования. Карты – это знаковая пространственная модель геосистемы, полученная по определенным законам. В этом качестве она становится источником новой информации о свойствах ландшафта. Создание и анализ карты состоят из комплекса циклов: наблюдательных, технических, логических, измерительных. Большое значение имеют алгоритмизация и автоматизация процессов построения и изучения карты на основе математической теории распознавания образов.

Существует несколько определений географических информационных систем (ГИС), которые всесторонне характеризуют это понятие. Наиболее распространено определение ГИС как информационной системы, осуществляющей сбор, хранение, обработку и отображение пространственно-распределенной информации. ГИС объединяет информацию, содержащуюся на географических картах, с кадастровыми, экологическими и другими данными в зависимости от ее назначения.

Географические информационные системы включают в себя технологию для организации, хранения, представления и анализа (определения взаимоотношения) пространственных данных с помощью компьютера. Применение ГИС разнообразно: картография, землеустройство, мелиорация, лесоводство, экология, оценка состояния окружающей среды и др. ГИС позволяет интегрировать информацию по рассматрива-

емой проблеме, проводить аналитические исследования и служит основой для принятия более обоснованных решений, т. е. ее можно использовать в системах поддержки принятия решений (СППР).

Создание ГИС включает следующие этапы: создание (разработка) цифровых баз пространственных данных, связывание баз данных, визуализация всех видов географически привязанной информации, выполнение пространственного анализа, составление цифровых карт и отчетов, построение приложений для конкретного пользователя, составление сопроводительного обзора функций и возможностей.

Большая потребность в ГИС и рост популярности таких систем объясняются тем, что пространственные факторы являются составной частью повседневной человеческой жизни, а также тем, что реальный мир состоит из многих географических компонентов, которые могут быть представлены в качестве связанных наборов пространственных данных. ГИС обладают возможностью связывать различные наборы данных для рассматриваемой территории и выполнять операции над различными слоями данных (объединять, накладывать, создавать новые), так как в качестве объединяющего принципа они используют пространственное (географическое) положение всех данных. Объединение различных данных дает новую информацию для анализа, а следовательно, увеличивает ценность этих данных.

Методы районирования и классификации ландшафтов. В середине XX в. районирование и классификацию рассматривали как основную самостоятельную задачу, как конечный результат ландшафтного исследования. В настоящее время они являются вспомогательными, так как имеют особое значение в систематизации географической информации.

Объектами классификации и районирования служат не только длительные свойства, но также природные и природно-технические системы. Расширение объектов исследования меняет способы получения данных и методы их обработки. Методика районирования включает такие приемы, как визуальный анализ ландшафтной карты, причем большего масштаба, чем планируемое исследование. Также реализуются методы сопряженного анализа компонентов ландшафта и территориальных объектов, отраженных на тематических картах. Для этого проводят выбор признаков, наиболее информативных для конкретных целей районирования (научных или практических), оценивают надежность и достоверность полученного результата, разрабатывают критерии оценки соподчиненности получаемых границ территорий.

Конкретные физико-географические классификации строят на основе многоуровневого анализа набора признаков геосистем и существующих типизации. В классификации объектов используют деревья логических, фактических и региональных возможностей, объединяющие отдельные разрозненные классификации. **Формализованные методы анализа информации** позволяют широко использовать методы моделирования и осуществлять классификацию с помощью компьютеров.

Экспедиционные, стационарные, дистанционные методы. Эти методы направлены на получение исходной информации. Их развитие связано с совершенствованием системы организации исследований и общей методологии ландшафтоведения. Совершенствование стратегии и технической базы исследований (датчиков, самописцев, измерительной и съемочной аппаратуры для аэрокосмических съемок, развитие электроники) привело к тому, что исследователь от непосредственного контакта с изучаемым объектом переходит к дистанционным методам его изучения. В стационарных или камеральных условиях проводят анализ, измерения по топографическим и тематическим картам, аэрокосмическим снимкам, систематизируют литературные и фондовые данные. С помощью экспедиционных методов выясняют неясные

свойства исследуемого объекта, решая задачи, связанные с выявлением свойств ландшафта, взаимосвязей его компонентов, пространственной структуры ландшафтов. В результате этого этапа развития ландшафтоведения появился новый класс географических задач – исследование формирования, динамики и функционирования геосистем, поведения составных элементов, механизмов массо-энергообмена в геосистеме, природных режимов. Для этого необходима сеть физико-географических стационаров – экспериментальных баз для проверки рабочих гипотез, накопления сравнимого во времени материала о процессах, отладки отдельных методик.

Стационарам должно отводиться главное место в изучении процессов, механизмов, режимов, смены состояний, движения и времени в ландшафте. Серьезный конкурент этому виду исследований – дистанционное зондирование. Многократные регулярные съемки одних и тех же объектов в различных масштабах, в разных спектральных зонах и диапазонах волн обеспечивают безграничные возможности в решении проблем создания геоинформационных систем.

Модели в ландшафтоведении

Моделирование – мощный инструмент познания природы. Модель подобна оригиналу. Она замещает объект изучения на определенное время. Построение моделей основано на двух принципах: редукционизма, т. е. разложения сложного объекта на элементы для упрощенного его изучения, интегратизма, объединения этих элементов для синтеза. Это незаменимый способ исследования таких сложно организованных объектов, как ландшафты. Существует образное выражение характеристики функций моделей: «Модель – это мост между наблюдением и теорией». Используют следующие классы моделей: вербальные, матричные, графические, математические. Математические модели имеют большое значение в решении задач ландшафтоведения. Целесообразно использовать все классы моделей.

Вербальные модели. К классу вербальных моделей относятся модели-образы, дефиниции, законы науки, названия типов ландшафтов. Вербальными моделями можно замещать в исследовании изучаемый объект. В моделях-образах создается достаточно простое подобие изучаемого ландшафта. Основная функция моделей-образов – помочь нахождению аналогии (изоморфизма) между ландшафтом и другими хорошо изученными объектами для познания ландшафтов, подходов и методов исследования.

Дефиниции – понятия, определения, воспринятые в сознании исследователя. Они участвуют в формировании графических, картографических, математических моделей. Важность дефиниций заключается в мысленной программе исследований, сопряженном анализе внешних факторов изменения ландшафта, оценке взаимосвязи его компонентов.

Законы науки – эмпирические (о связи явления А с явлением В) и теоретические – также выступают в роли моделей. Например, общий закон о связи компонентов ландшафта между собой позволил по растительности судить о почвах и о климате.

Географические названия типов ландшафта – горный, дунный, моренный, пойменный. Основная их функция – «портретная» – заменить подробное описание моделью, т. е. представлением о типе ландшафта. Названия типов ландшафтов включают в себя:

- характеристики свойств компонентов (типы рельефа, почв, растительности, основные параметры климата, литологический состав);
- характеристики процессов функционирования (сезонная продуктивность растительности, почв, климата, **снежный** покров, режим увлажнения, паводки и т. д.);
- характеристики динамики и представления о неритмичных процессах (эрозия, сели, лавины, подтопление, затопление и т.д.);
- элементы прогноза будущих состояний ландшафтов.

Матричные модели. Они являются промежуточным звеном между вербальными, блоковыми, а иногда и картографическими моделями. В основном их применяют в качестве инструмента типологической группировки ландшафтов, где столбец и строка – две группы признаков типизации, например тепло- и влагообеспеченность. Матричные модели используют для изучения приграничных ландшафтов, объясняя размещение ландшафтов относительно друг друга, и для оценки связи: воздействие ↔ изменения → последствия.

Графические модели. В этот класс моделей входят блоковые и картографические. Блоковые модели занимают промежуточное место в ряду: вербальные – блоковые – математические. Они графически отражают реальную связь между элементами и частями систем и системой в целом, между системой и ее окружением. Они выразительно, явно (в отличие от математических) и наглядно отражают идею и концепцию. Системный подход позволил разработать обобщенные модели ландшафта как системы, состоящей из взаимосвязанных компонентов, и системы взаимосвязанных комплексов низшего ранга. Разрабатывают модели природных, природно-технических, антропоэкологических, рекреационных геосистем и процессов их исследования.

Язык модели – это не просто сочетание геометрических фигур и стрелок, а графическая запись знаний, идей, планов, содержание которой передается формой, размером и порядком значков. Под элементами модели (природные, техногенные) подразумевают характеристики компонентов. Связи между компонентами обозначают стрелками, характеризующими их направленность. Завершение связи происходит в трансформации моделей компонентов, в модели круговоротов вещества, энергии и информации. Систему обозначают замыкающим (охватывающим) элементом и внутреннюю связь контуром. Его замкнутость символизирует целостность системы, наличие контура, охватывающего элемент, выражает выделенность системы. Часть системы – совокупность элементов, обладающую некоторой общностью, чаще всего функциональной (управляемая часть, биотическая часть и т. п.), выделяют замкнутым пунктирным контуром. Пунктир обозначает меньшую, чем в целом для системы, связность элементов, несамостоятельность частей.

Принятая унификация знаков и порядок их использования являются средством коммуникации между пользователями.

Основное содержание моделей ландшафтов отражает состав элементов системы и их активность, характер изменений системы. В состав элементов природы входят: литосфера, гидросфера, биосфера, атмосфера, почва. В этой цепочке преобладает вертикальная составляющая: между литосферой и атмосферой, атмосферой и гидросферой, почвой и биотой. В горизонтальной составляющей основное внимание уделяют пространственной организации ландшафта.

В модели природно-технической геосистемы основные подсистемы – природа и технические устройства. Это уже новый объект проектирования – геотехническая система (геотехсистема). Природный комплекс здесь рассматривают как ресурсоспроизводящую систему, которая может ограничивать или ставить под угрозу работу технического устройства. Концепция моделирования геотехнической системы направлена на проектирование целостной территориальной природно-технической системы, а не только на вписывание и согласование действий технических устройств с природными процессами. При этом проектируют и организуют не только технику, но и природу. Современные блоковые модели разрабатывают как для междисциплинарных, так и отраслевых условий. Разрабатываемые в рамках ландшафтоведения блоковые модели природных и природно-технических систем показывают большое разнообразие, широту содержания, высокий уровень абстракции в ходе решения проблем.

Картографические модели и профили картографической модели ландшафта начинают создавать с ландшафтной карты на этапе полевых ландшафтных исследований. Ландшафтная карта и профиль позволяют изучить внутреннюю структуру комплексов, установить взаимосвязь между компонентами ландшафта и между самими ландшафтами, выявить сложность, разнообразие, контрастность, расчлененность границ, взаимную удаленность или соседство. Ландшафтная карта и профиль как своеобразная информационная система в свернутом виде содержат данные о компонентах природы. Для повышения информационной емкости картографическая модель ландшафта дополняется сопровождающим карту текстом – легендой, в которой описывают основные признаки природно-территориальных комплексов: геологическое строение, мощность, литологический состав, возраст, генезис, засоленность горизонтов до регионального водоупора, рельеф (крутизна, длина, форма, экспозиция склонов, линий токов, возраст форм рельефа), почвенный покров (его структура, входящие в него генетические разности почв), грунтовые воды (глубина залегания в естественных условиях и при мелиорациях, тип водного питания, тип химизма, степень минерализации, направление бокового притока или оттока), поверхностные воды, растительность (современное состояние и характерные виды, предположительное сообщество, бывшее на месте пашни, или выгона). Емкость повышают за счет обогащения контуров индексами и цифрами, раскрывающими характеристики компонентов в легенде. Ландшафтное картографирование и профилирование раскрывают природное «содержание» исследуемой территории. Кроме этого выделяют инфраструктурные контуры, дороги, лесополосы и т. д. Существует направление, способное повысить информативность ландшафтной картографической модели путем перехода от единой карты к серии карт, к сложной картографической модели. Контуры ландшафтов в этом случае рассматривают как операционные территориальные единицы, которые группируют и типизируют по свойствам или по отношению к человеческой деятельности. Например, формируют модели, состоящие из двух карт: ландшафтной и современной антропогенной.

Схема ландшафтного исследования

Путь получения знаний – наиболее подвижная составляющая ландшафтоведения, так как в ходе смены научных и практических задач меняются представления по содержанию и стратегии исследований. Первое направление исследований шло от универсальных ландшафтосъемочных работ к строго ориентированным работам. Сведения о свойствах ландшафтов необходимы для генетической или морфологической классификации природных комплексов. Изучают также отдельные важные, сложные и малоизученные свойства. Второе направление исследований характеризуется переходом от полевых методик, содержащих перечни действий, к методологическим разработкам, где выявляют систему исследовательской деятельности. Проводят эмпирические и теоретические обобщения. Осмысливают не отдельные действия, а исследовательскую деятельность в целом. Для этого необходимо методологическое обобщение предшествующего опыта. Разрабатывают новые методы решения задач, не решавшихся ранее, идет эволюция конкретно ориентированных методик и методологических разработок от простого к сложному. Выполненные работы и их разнообразие составляют богатство ландшафтоведения. Последовательность действий отражает процесс исследования и в зависимости от задач, требующих решения, рассматривается по схемам: предполевые → полевые → завершающие исследования (т. е. предмет изучения ясен, изучают лишь его территориальное разнообразие); эмпирическое → теоретическое (схема отражает уровни познания); постановка проблемы → экспериментальная часть → обсуждение результатов; анализ → диагноз → прогноз (от изуче-

ния до выработки конкретных предложений). Ландшафтное исследование включает: изучение свойств ландшафтов, морфологической структуры, пространственной дифференциации процессов в ландшафте, современной динамики и развития. Определяют: соотношение природных и техногенных связей, общественных потребностей, степень выполнения ландшафтом заданных ему социально-экономических функций. Ландшафтный прогноз предсказывает и оценивает возможные изменения в ландшафте. Эту схему модернизируют, включая дополнительные этапы: выбор объекта исследования, построение моделей, управление территорией. Она объединяет естественно-исторические, технологические и социально-экономические задачи.

К настоящему времени сложилась общая схема ландшафтного исследования.

1. Наличие объекта исследования и некоторых знаний о нем.
2. Необходимость получения о нем более полных знаний: четкой формулировки цели исследования; выбора средств исследования: подбирают модели-подходы, понятийный аппарат, методы; разрабатывают программу: определяют круг решаемых вопросов.
3. Проведение натурных наблюдений, экспериментов, подбор материалов предшествующих наблюдений.
4. Синтез материалов наблюдения и полученных ранее знаний.
5. Проверка существующих знаний.
6. Внедрение в производство или распространение в общедоступной форме полученных новых знаний.

На данном этапе развития ландшафтоведения выделяют: естественно-исторические исследования ландшафтов и социофункциональный анализ ландшафтов.

Цель естественно-исторических исследований – выявление нового знания о природных и природно-технических ландшафтах как элементах организации современной географической оболочки; социофункционального анализа – выявление значения ландшафтов в жизни общества, что выходит за рамки естественно-исторического рассмотрения.

Вопросы и задания

1. Дайте характеристику взаимоотношений человека с природой.
2. Какие основополагающие принципы разработаны в ландшафтоведении для целенаправленного изменения природно-территориальных комплексов?
3. Что такое геосистема?
4. Какие методы положены в основу изучения ландшафтов?
5. В чем суть ландшафтного подхода?
6. Что отражают модели ландшафтоведения? Как их классифицируют?
7. В чем особенности ландшафтного исследования?

1. Ландшафты и их морфологическая структура

1.1. Понятие о ландшафтах

Предметом исследования ландшафтоведения являются: ландшафтная оболочка в целом, зональные, региональные и локальные ландшафты (природно-территориальные комплексы) – средообразующие и ресурсовоспроизводящие системы, их генезис, строение, систематика, динамика, функционирование, эволюция, антропогенная трансформация, оптимизация функционирования.

Ландшафтная оболочка является частью географической оболочки, в которой наиболее интенсивно осуществляется взаимный обмен веществом и энергией между литосферой, атмосферой, гидросферой и биосферой.

Ландшафт географический в настоящее время рассматривается как природно-территориальный комплекс (ПТК) или пятикомпонентная геосистема (литогенная основа, биота, почвы, поверхностные и грунтовые воды, приземные воздушные массы) любой размерности, морфологически вычлещающаяся на местности и представляющая собой генетически относительно однородный участок земной поверхности, функционирующий как единое целое. Это особая форма существования и организации материи на поверхности Земли.

Ученик В.В. Докучаева Л.С. Берг дал такое определение ландшафта: «Ландшафт как область, в которой характер рельефа, климата, растительного и почвенного покрова сливаются в единое гармоничное целое, типически повторяющееся на протяжении известной зоны Земли».

Понятия «ПТК» и «геосистема» не являются синонимами, поскольку ПТК характеризует в равной мере все компоненты ландшафта (аглоландшафта), а геосистема может включать не все компоненты, а только часть из них. Пример двухкомпонентной геосистемы: почва – растение. Тем не менее в литературе эти термины в большинстве случаев и в данном пособии используются как синонимы. В понятиях «эко-система», «агроэко-система» главным компонентом является сообщество живых организмов. Часто понятия «ландшафты» отождествляют или заменяют термином «земли». Например, «агроэкологическая оценка земель». «Ландшафты» являются природно-географической категорией, а «земли», в первую очередь – социально-экономическая категория, пространственная основа жизнеобеспечения человека и его хозяйственной деятельности. Существует также народный (бытовой) термин «земля», используемый вместо научного – «почва». Например, «растительная земля», «ведро земли» и др.

Термин «ландшафт» часто используется в разных смысловых значениях. В таксономической схеме разделения ПТК разных размерностей «ландшафт» рассматривается как переходная система между единицами регионального уровня и таксонами более низких локальных рангов, в составе которых выделяют местности, урочища и фации (табл. 1).

Кроме того, термин «ландшафт» используется как типологическое понятие в различных классификациях. Например: «культурный ландшафт», «геохимический ландшафт», «таежный ландшафт» и др. В переводе с немецкого (*Landschaft*) и английского (*Landscape*) означает вид местности. Вероятно, поэтому очень часто, особенно во французской литературе, термин «ландшафт» используется как синоним термина «пейзаж», Последний определяется как визуально обозримый вид местности: «горный», «городской», «сельский» и другие виды. Разные смысловые значения термина «ландшафт» вводят известные затруднения в восприятие вопросов классификации и районирования ландшафтов.

Таблица 1 – Общая таксономическая схема ландшафтных комплексов

Планетарный уровень	Ландшафтная оболочка
	Географические пояса
	Континенты и океаны
Региональный уровень	Физико-географические секторы
	Физико-географические зоны и подзоны
	Физико-географические провинции
	Физико-географические округа и районы
Локальный уровень	Ландшафт
	Местность
	Урочище
	Фация

К природным компонентам ландшафта относятся: литогенная основа (коры выветривания, почвообразующие породы и рельеф), поверхностные и подземные воды, воздушные массы нижней части тропосферы, растительность и животный мир (биота), почвы (биокосное тело). Особым компонентом ландшафта является человеческое общество.

Некоторые исследователи в качестве компонентов ландшафта выделяют климат и рельеф. Эти факторы оказывают большое влияние на свойства и процессы формирования ландшафтов, но они не являются вещественными. Рельеф является свойством литогенной основы, а климат свойством приземных воздушных масс (воздуха тропосферы).

Компоненты ландшафта разделяются на три группы: инертные – литогенная основа; мобильные – поверхностные и подземные воды, приземные воздушные массы (выполняют транзитные функции), активные – растительный и животный мир (в том числе микрофлора и микрофауна), Почва как компонент и результат взаимодействия остальных компонентов ландшафта включает все три составляющие: инертные (стабильные) – твердая фаза почвы, минералы и стабильная часть органического вещества; мобильные – почвенная влага и почвенный воздух; активные – почвенная биота. Активным компонентом ландшафта является человеческое общество.

1.2. Морфологическая структура ландшафта

Ландшафт – трехмерное тело, имеющее естественные границы по вертикали и в пространстве. Верхняя и нижняя границы ландшафта нечеткие (расплывчатые) и имеют разную глубину и высоту. Они проходят там, где кончается существенное влияние воздушных масс и горных пород на функционирование конкретного ландшафта и взаимодействие его компонентов.

К верхней границе фаций относят чаще всего приземный слой воздуха мощностью 30–50 м. На таких высотах климатические границы между отдельными фациями сглажены и проявляются особенности микроклимата. Температура этого слоя находится под воздействием земной поверхности и имеет четко выраженные суточные изменения. В зависимости от ранга и типа ландшафтных геосистем (фация – урочище – ландшафт – физико-географическая зона – ландшафтная оболочка в целом) мощность воздушной массы, включенной в состав ПТК, меняется от десятков до сотен и первых тысяч метров.

Глубина залегания нижней границы ландшафтов также измеряется десятками метров и совпадает с нижней границей современной коры выветривания. Глубина проникновения процессов взаимодействия подземных и поверхностных вод, воздуха и биоты с горными породами зависит от строения и вещественного состава литогенной основы ландшафта. Годовые колебания температуры распространяются до глубины 20–30 м, мощность зоны окисления 50–60 м, глубина залегания грунтовых вод колеблется от 0,5 м в северных районах с вечной мерзлотой до 30–60 м в лесостепной и степной зонах.

Горизонтальные ландшафтные границы обусловлены факторами, определяющими пространственную дифференциацию ландшафтов. Они подразделяются на зональные (почвенно-биоклиматические) и аazonальные (геолого-геоморфологические). Горизонтальные границы ландшафтов также носят постепенный характер. Они чаще всего представляют собой полосу определенной ширины. Полосы зональных границ, обусловленных климатом, более широкие, чем аazonальных (смена пород, форм и элементов рельефа и др.). Границы, обусловленные аazonальными факторами, всегда более четкие, их с высокой точностью наносят на крупномасштабные физико-географические карты.

В ландшафтоведении на локальном уровне ниже ландшафта выделяются местности, урочища (иногда подурочища) и фации (табл. 2). Их принято называть морфологическими частями ландшафта. Самая мелкая элементарная единица ландшафта получила название фация. **Фация** – это элементарная геосистема (элементарный ареал ландшафта), формирующаяся на одном элементе мезоформы рельефа и характеризующаяся однородными геологогеоморфологическими условиями, одним микроклиматом, одним типом и степенью увлажнения, одной почвенной разностью, одной растительной ассоциацией и единым зооценозом. Другими словами, фация – это такой участок территории, внутри которого нельзя провести почвенно - (фито-, лито-) географические границы.

Таблица 2 – Таксономические единицы (ранги) ПТК разных размерностей

Таксономические единицы	Характерные площади (по Л.К. Казакову, 2004)
Ландшафт	20-50-сотни км ²
Местность	5-50 км ²
Урочище	0,5-3 - 10-20 км ²
Фация	10-20 м ² - 1-3 км ²

На всей площади фации вертикальная структура компонентов одинакова. Площади фаций могут существенно варьировать – от нескольких м² до 1–3 км². Это однородные участки разных частей склона, днища балок, склоны балок, плоские водораздельные поверхности и др. На крупномасштабных и детальных топографических картах они, как правило, хорошо выявляются по рельефу.

Название фация было предложено Л.Г. Раменским по аналогии с геологической фацией и затем употреблялось Л.С. Бергом, Н.А. Солнцевым и др. Следует отметить, что сам термин «фация» не получил должного признания, особенно в так называемых отраслевых науках: биоценологии, почвоведении и даже в геохимии ландшафтов. Поэтому термин «фация» имеет несколько синонимов. В биоценологии элементарная структурная единица биосферы получила название – **биогеоценоз** (В.Н. Сукачев), в почвоведении – **элементарный почвенный ареал** (В.М. Фридланд), в геохимии ландшафтов – **элементарный ареал ландшафта** (Б.Б. Польнов), в агроландшафтоведении – **элементарный ареал агроландшафта** (В.И. Кирюшин). Элементарный ареал агроландшафта – более укрупненная категория по сравнению с фацией, поскольку часто включает не элементарный почвенный ареал, а микроструктуру почв в пределах элемента рельефа.

Следующий ранг ландшафтных геосистем – **подурочище** (термин предложен Д.Л. Армандом). Подурочище – цепочка связанных друг с другом фаций, объединенных единым латеральным потоком вещества и энергии на части урочища. **Урочище** – это сопряженная система фаций, приуроченных к одной мезоформе рельефа (холм, балка и др.), которая характеризуется общностью физико-географических процессов. Поскольку урочища хорошо проявляются в рельефе, они обычно являются основным объектом полевого среднемасштабного картографирования и дешифрирования аэрофотоснимков.

В зависимости от занимаемой площади и положения выделяют доминантные (преобладающие и оказывающие влияние, господствующие), субдоминантные (подчиненные, зависимые) и второстепенные (редкие) урочища. При примерно равных преобладающих площадях урочищ одинакового значения их называют содоминантными.

Местности – представляют собой сочетания повторяющихся однотипных уро-

чищ на одном элементе макроформы рельефа; соответственно выделяют автономные местности плакоров, транзитные местности склонов, местности пойменные аккумулятивные и др.).

Фациям, урочищам и местностям характерен свой микроклимат.

Многие ландшафтоведы местности и урочища, так же как и фации, называют элементами ландшафта.

Ландшафт – упорядоченное сочетание регулярно повторяющихся урочищ и местностей, приуроченных к одному генетическому типу макрорельефа и единому геологическому фундаменту и образующих территориальную морфологическую структуру со специфическим местным климатом.

Генетический тип макрорельефа это совокупность генетически взаимосвязанных макроформ рельефа. Единый геологический фундамент включает весь комплекс геолого-геоморфологических особенностей, включая стратиграфию и литологию горных пород, древнюю и новейшую тектонику.

Морфологическая структура ландшафта – это состав, соотношение площадей морфологических частей ландшафта: местностей, урочищ и фаций. Морфологическая структура с латеральными (горизонтальными) связями называется **горизонтальной структурой ландшафта**. **Вертикальная структура ландшафта** включает природные компоненты (воздух атмосферы, биоту, почвы, породы, грунтовые воды) и межкомпонентные вертикальные связи. Для вертикальной структуры ландшафта характерным свойством является ярусность. Она проявляется как между различными компонентами (грунтовые воды – кора выветривания – почвообразующие породы – почвы – растительный и животный мир – тропосфера), так и внутри компонентов (генетические горизонты почв, ярусы растительности, слои атмосферы и др.).

В системе физико-географического районирования ландшафт представляет собой низшую ступень в системе региональной дифференциации геосистем. Он в равной мере несет в себе черты природной зональности и особенности литогенной основы (геолого-геоморфологического строения). Для него характерно единство геологического фундамента, типа рельефа и местного климата. Например, в Центральной России можно выделить низменный, сложенный флювиогляциальными песками, сильно заболоченный, с сосновыми лесами ландшафт Мещерской низменности; ландшафт Смоленско-Московской возвышенности, сложенный покровными суглинками, подстилаемыми моренными суглинками со смещенными елово-березовыми лесами.

1.3. Классификация и систематика ландшафтов

Каждая природная геосистема (фация, урочище, местность, ландшафт) является географическим индивидом. Она единственная и неповторимая на поверхности Земли. В то же время каждая из них является элементом некоторой типологической совокупности. По каким-то признакам (критериям) любые геосистемы могут объединяться в таксономические выделы разных рангов (тип, подтип, род и др.). По мнению многих ученых, невозможно создать единую классификацию для всех иерархических рангов (фация, урочище, местность, ландшафт) и поэтому должны разрабатываться классификации для каждого ранга.

В.А. Николаев предложил разделять понятия «классификация» и «систематика». По В.А. Николаеву: «Классификация ландшафтов – логическая операция по упорядочению и группировке множества индивидуальных ландшафтов в классы, типы, роды и виды согласно обусловленным признакам, отражающим их существенные свойства. Систематика ландшафтов – результат их классификации, система соподчиненных типологических совокупностей реально существующих ландшафтов».

В ландшафтоведении разработан ряд классификаций для узловых таксонов – ландшафтов. Наиболее общепринятыми в России являются структурно-генетическая классификация (табл. 3) и геохимическая классификация (табл. 4). Первая разработана ландшафтоведом Д.Л. Арманом, Н.А. Гвоздецким, А.Г. Исаченко, Ф.Н. Мильковым, В.А. Николаевым; вторая – геохимическая классификация – разработана основателями геохимии ландшафтов Б.Б. Польшовым, А.И. Перельманом и М.А. Глазковской.

Таблица 3 – Структурно-генетическая классификация ландшафтов (по В.А. Николаеву, 2000)

Таксон	Критерии		Примеры ландшафтов
Отдел	Тип контакта и взаимодействия геосфер		Наземные (субаральные), земноводные, водные, подводные
Разряд	Термические параметры географических поясов		Арктические, субарктические, бореальные, суббореальные, субтропические
Подразряд	Секторные климатические различия, континентальность		Приокские, умеренно континентальные, континентальные и резко континентальные
Семейство	Региональная локализация на уровне физико-географических стран		Бореальные, умеренно континентальные - восточноевропейские; суббореальные континентальные - западносибирские, центрально-казахстанские, дуранские
Класс	Высотная ярусность рельефа суши	Морфоструктуры мега рельефа	Равнинные, горные
Подкласс		Морфоструктуры макрорельефа	Равнинные: возвышенные, низменные, низинные. Горные: низкогорные, среднегорные, высокогорные
Тип	Почвенно-растительный покров	Типы почв и классы растительных формаций (зоны)	Тажные, смешаннолесные, широколиственно-лесные, лесостепные, степные, полупустынные, пустынные
Подтип	Почвенно-растительный покров	Подзоны	Северотажные, среднетажные, южнотажные; типично степные, сухостепные; луговые, болотные, солончаковые
Род	Морфология и генезис рельефа (генетический тип рельефа)		Холмистые моренные, полого волнистые водно-ледниковые, плосковолнистые древнеаллювиальные, гривистые древнеэоловые
Подрод	Литология поверхностных отложений		Суглинистые, лессовые, песчаные, каменисто-щебенчатые
Вид	Сходство доминирующих урочищ		Западносибирские равнинные возвышенные степные аллювиально-лессовые с разнотравно-ковыльными степями на черноземах обыкновенных легкосуглинистых
Подвид	Сходство субдоминантных урочищ		С луговыми и лугово-степными падьями; с байрачными березняками; с западными осиново-березовыми колками

Таблица 4 – Геохимическая классификация элементарных ландшафтов (по А.И. Перельману, 1966)

Таксон	Критерий для выделения	Примеры ландшафтов
Ряд ландшафтов	Форма движения материи (физическая, химическая, биологическая), с которой связана миграция элементов в ландшафте	1. Биогенные (с биологическим круговоротом веществ) 2. Абиогенные (вулканы, нивальные, субнивальные, арктические)
Группа	Биологический круговорот воздушных мигрантов; соотношение между общей массой живого вещества и ежегодной продукцией, типы организмов, осуществляющие круговорот	1. Лесные 2. Луговые и степные 3. Тундровые 4. Примитивно-пустынные
Тип	Биологический круговорот воздушных мигрантов (тип растительного покрова в различных зонах и даже в одной зоне)	В группе луговых и степных: черноземные степи луговые, черноземные степи типчаково ковыльные, субтропические степи, альпийские луга и др.
Семейство	Продукция живого вещества в пределах типа (подзоны)	Северная, средняя, южная тайга; северная тундра арктическая, средняя (моховая) и южная (кустарниковая)
Класс	Типоморфные элементы и ионы водной миграции	В южной тайге Н-класс, Са-класс, Н-Fe-класс
Род	Интенсивность водообмена и механической миграции	Плакорные и склоновые (с разной крутизной)
Вид	Второстепенные особенности миграции (подлежат уточнению). Состав пород, вод и др.	Луговые степи на покровных суглинках и на древнеаллювиальных отложениях

Вопросы классификации естественных и природно-антропогенных ландшафтов являются незавершенными и продолжают совершенствоваться.

Вопросы и задания

1. Определение ландшафтной оболочки.
2. Определение ландшафта географического.
3. Определение ландшафта как таксономической единицы в таксономической схеме ПТК.
4. Определение биогеоценоза.
5. Что такое морфологическая структура ландшафта?
6. Перечислите компоненты ландшафта.
7. Чем отличается подурочище от урочища?
8. Примерные площади ландшафта, урочища, фации.
9. Критерии и таксономические выделы структурно-генетической классификации Николаева.
10. Критерии и таксономические выделы геохимической классификации Перельмана.

2. Литогенная основа как компонент ландшафта

Литогенная основа включает горные породы (коры выветривания) и рельеф как свойство литогенной основы.

2.1. Выветривание, его виды

Выветривание (синоним – гипергенез) – это совокупность абиотических и биологических процессов разрушения и образования горных пород и слагающих их минералов под воздействием агентов атмосферы, биосферы, гидросферы в верхних слоях земной коры. Неотъемлемой частью процессов выветривания являются процессы денудации – переноса продуктов разрушения горных пород в пониженные участки под действием внешних сил (вода, тепло, ветер и др.). В результате этих процессов образуется кора выветривания – вещественная часть литогенной основы. Мощность современной коры выветривания составляет от нескольких метров до десятков метров.

Выделяют следующие виды проявления экзогенных процессов: **выветривание (физическое, химическое и биологическое)** горных пород различного происхождения, **перенос** продуктов выветривания, **отложение** их в виде осадка и последующее **окаменение (диагенез)**.

Физическое выветривание – это процесс разрушения (растрескивания, дробления) минералов под воздействием давления, возникающего за счет суточных и сезонных колебаний температуры (тепловое расширение и сжатие минералов, замерзание и оттаивание воды), механической деятельности ветра, потоков воды, корней растений. В результате увеличивается дисперсность и удельная поверхность пород, снижается их плотность.

Химическое выветривание – процесс химического изменения и разрушения горных пород и минералов с образованием новых минералов и в конечном итоге новых пород.

Химические реакции происходят при участии воды, углекислого газа, кислоты и других веществ.

Вода растворяет вещества, содержащиеся в горных породах и минералах, при этом в раствор поступают катионы и анионы, изменяющие кислотно-щелочные условия. Это увеличивает растворяющую способность воды. Разложение минералов водой усиливается с повышением температуры и насыщением ее углекислым газом, который подкисляет реакцию среды. Гидролиз минералов, реагирующих с водой, приводит к образованию новых минералов. В преобразовании минералов в присутствии угольной кислоты большую роль играют реакции карбонатизации (образования карбонатов) и декарбонатизации (разрушение карбонатов).

Реакции окисления-восстановления принимают активное участие в процессах гипергенеза. Красные, красно-бурые, желтые окраски кор выветривания обусловлены окисленными формами железа, марганца и других элементов. В восстановительных условиях преобладают сизые и серые тона. В ходе химического выветривания развивается элювиальный процесс – вынос с растворами ряда элементов за пределы коры выветривания. В первую очередь вымываются наиболее растворимые соединения, что обуславливает стадийность процесса выветривания.

Биологическое выветривание – процесс разрушения и изменения горных пород и минералов под действием организмов и продуктов их жизнедеятельности. При биологическом выветривании механизмы процессов разрушения, изменения минералов и пород те же, что и при физическом и химическом выветривании. Однако интенсивность процессов существенно увеличивается, поскольку увеличивается агрессив-

ность среды. Корни растений и микроорганизмы выделяют во внешнюю среду углекислый газ и различные кислоты (щавелевую, янтарную, яблочную и др.). Нитрофикаторы образуют азотную кислоту, серобактерии – серную. В процессе разложения мертвых остатков растений и животных образуются агрессивные гумусовые кислоты – фульвокислоты, способные разрушать минералы. Многие виды бактерий, грибов, водоросли, лишайники могут усваивать элементы питания непосредственно из первичных минералов, разрушая их при этом. Именно таким является механизм первичного почвообразования.

В верхней части коры выветривания процесс выветривания протекает совместно с процессом почвообразования и является неотъемлемой составной частью почвообразования, также как почвообразование является неотъемлемой частью выветривания. Однако в более глубоких слоях за пределами почвенного профиля, а также в подводных ландшафтах выветривание выделяется как самостоятельный процесс. В этих слоях в процессах выветривания также принимают участие микроорганизмы и продукты их жизнедеятельности.

Перенос продуктов выветривания осуществляется геологическими агентами, действующими на поверхности земли (морские волны и течения, реки, ручьи, временные водные потоки, ледники, ветер). Перенос сопровождается непрерывным дополнительным разрушением, истиранием и окатыванием обломков, их сортировкой по размеру и массе. При этом происходит концентрация наиболее тяжелых и устойчивых к разрушению минералов в россыпях.

Осадкообразование (седиментогенез) заключается в отложении материала разрушенных горных пород в озерах, морях и океанах. В зависимости от вида осаднения различают механические, коллоидные, химические, биохимические осадочные процессы и соответствующие им осадки.

Диагенетические процессы охватывают все явления преобразования осадков сразу же после их отложения и уплотнения. Они выражаются, преимущественно, в обезвоживании гидроксидов, раскристаллизации коллоидных осадков, замещении органических остатков карбонатами, минералами кремнезема, сульфидами железа и т.п. Результатом этих процессов являются окаменение осадков (**литификация**) и образование плотных осадочных горных пород.

Инфильтрационные процессы характеризуются выщелачиванием значительной части химических элементов грунтовыми водами, при просачивании сквозь толщу горных пород, с последующим образованием специфических низкотемпературных минеральных ассоциаций.

Многообразие кор выветривания формируется в соответствии со стадийностью процессов выветривания, минералогическим и химическим составом исходных горных пород. Они подразделяются по возрасту: современные, древние, ископаемые; по геохимическому типу: элювиальные, транзитные, аккумулятивные; по вещественному составу и стадиям выветривания: обломочные (состоят из обломков пород), засоленные (содержат водорастворимые соли), сиаллитные (отношение $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3 > 2$), аллитные ($\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3 < 2$). Обломочные, сиаллитные коры выветривания формируются и сохраняются в условиях умеренного климата и характеризуются начальными стадиями выветривания; аллитные, более зрелые, формируются в условиях влажного тропического климата.

В процессе выветривания преобладает разрушение первичных минералов, которые образовались в глубоких слоях земной коры при высоких температурах и давлении. Попадая на поверхность земной коры, в иные термодинамические условия, они теряют устойчивость.

Первичные минералы различаются по устойчивости к выветриванию в соответствии со строением и составом. Наиболее устойчивым из широко распространенных минералов является кварц, к мало устойчивым относятся полевые шпаты. Образующиеся в процессе гипергенеза вторичные глинистые минералы играют большую роль в процессах почвообразования и являются более устойчивыми к выветриванию в условиях земной поверхности.

Процессы выветривания являются начальным этапом большого геологического круговорота веществ. Геологические процессы разделяются на две большие группы: эндогенные (внутренние), которые зарождаются в глубинных оболочках Земли за счет энергии радиоактивного распада, и экзогенные (поверхностные), обусловленные внешней энергией.

К эндогенным (внутренним) процессам относятся: магнетизм, метаморфизм, вулканизм, движения земной коры (землетрясения и горообразование).

К экзогенным – выветривание, деятельность атмосферных и поверхностных вод, ледников, подземных вод, морей и океанов, животных и растительных организмов. Особо следует выделить геологическую деятельность человека – техногенез. Взаимодействие внутренних и внешних геологических процессов объединяет большой геологический круговорот веществ.

В результате действия эндогенных процессов образуются крупные формы рельефа земной поверхности: горные системы, возвышенности, низменности, океанические впадины. Под действием экзогенных процессов происходит разрушение магматических горных пород, перемещение продуктов разрушения в реки, моря и океаны, и формирование осадочных пород. В результате движений земной коры осадочные породы погружаются в глубокие слои, подвергаются процессам метаморфизма (действию высоких температур и давления), и образуются метаморфические породы. Последние при погружении в более глубокие слои могут переходить в расплавленное состояние (магматизация), а затем в результате вулканической деятельности поступать в верхние слои литосферы или на ее поверхность в виде магматических пород. Таким образом, происходит образование кор выветривания, основных групп почвообразующих пород и различных форм рельефа.

2.2. Магматические горные породы

Магматические породы образуются при застывании силикатного расплава магмы внутри земной коры (интрузивные) или на ее поверхности (эффузивные). Эти породы имеют кристаллическое строение, плотное сложение (плотность 2,6–3,3 г/см³) и поэтому их называют еще массивно-кристаллические. К широко распространенным представителям интрузивных пород относятся диориты, граниты, габбро, дуниты и др., к эффузивным – базальты, андезиты и др. Магматические породы состоят главным образом из соединений кремния, алюминия, железа, магния, кальция, калия и натрия. В зависимости от соотношений соединений кремния, калия и натрия – с одной стороны, и железа, кальция и магния – с другой, различают магматические породы кислые и основные.

Кислые почвообразующие породы (граниты, липариты, пегматиты) имеют высокое содержание кремнезема (более 63% SiO₂), до 7–8% оксидов калия и натрия и только 2–3% оксидов кальция и магния. Они имеют светлую и буроватую окраску с хорошо выраженными кристаллами кварца, полевых шпатов, слюд. Почвы, образующиеся из кислых пород, содержат гравий, песчаные частицы разного размера и поэтому имеют рыхлое сложение, хорошо обеспечены калием, но они, как правило, имеют повышенную кислотность, недостаточное количество оснований и характеризуются невысоким плодородием.

Основные магматические породы (базальты, периодиты, дуниты, габбро) характеризуются низким содержанием SiO_2 (40–60%), повышенным содержанием CaO и MgO (до 20%), оксидов железа (до 10–20%) и менее 3% K_2O и Na_2O . Они имеют темную окраску в связи с повышенным содержанием темноцветных минералов. Почвы, формирующиеся на продуктах выветривания основных пород, отличаются щелочной и нейтральной реакцией, содержат много оснований, гумуса и обладают повышенным плодородием. Магматические породы составляют 95% общей массы пород, слагающих литосферу, но в качестве почвообразующих они занимают небольшие площади, главным образом в горных областях.

2.3. Метаморфические горные породы

Метаморфические горные породы – вторичные массивно-кристаллические породы, образовавшиеся в недрах Земли в результате перекристаллизации магматических и осадочных пород под действием высоких давлений и температур. К ним относятся гнейсы, мрамор, кварциты и др. Они состоят из минералов группы силикатов, алюмосиликатов, карбонатов. В качестве почвообразующих метаморфические горные породы занимают небольшие площади. Гнейсы по свойствам близки к гранитам. На продуктах выветривания сланцев и мрамора формируются почвы, обогащенные основаниями, с повышенным уровнем плодородия.

2.4. Осадочные горные породы

Формирование осадочных горных пород обусловлено процессами выветривания магматических и метаморфических пород, переносом продуктов выветривания водными, ледниковыми и воздушными потоками и отложением на поверхности суши, на дне морей, океанов, озер, в поймах рек.

Систематика осадочных пород. По происхождению осадочные горные породы подразделяются на морские и континентальные. По возрасту осадочные породы подразделяются на древние и четвертичные. Четвертичные отложения образовались в последние 1,5–2 млн лет и продолжают формироваться в настоящее время. Четвертичные осадочные породы характеризуются рыхлым сложением, невысокой плотностью, сложены частицами разного размера и разной степени окатанности: валуны, галечники, пески, суглинки и др.

Древние осадочные породы также состоят из обломков и мелких частиц разного размера, но в отличие от четвертичных имеют плотное сложение, более высокую плотность, как правило, сцементированы соединениями кремнезема, железа, извести и др. В земной коре преобладают древние осадочные породы, которые накапливались во все геологические эпохи, но в качестве почвообразующих преобладают четвертичные отложения, перекрывающие сравнительно тонким слоем (от нескольких сантиметров до нескольких метров, иногда десятков метров) другие виды горных пород, получивших название коренных.

По составу осадочные породы подразделяются на обломочные, хемогенные и биогенные.

Обломочные отложения различаются по величине обломков и частиц: валуны, камни, гравий, щебень, пески, суглинки и глины. К ним относятся также древние сцементированные аналоги: брекчии, конгломераты, песчаники, глинистые сланцы.

Хемогенные отложения образовались в результате выпадения солей из водных растворов в морских заливах, озерах, в условиях сухого жаркого климата или в результате химических реакций. К ним относятся галоиды (каменная и калийная соль), сульфаты (гипс, ангидрид), карбонаты (известняковый туф, известняк, доломит,

мергель), силикаты (кремниевый туф, или гейзерит) и фосфаты (фосфорит). Многие из перечисленных пород – гипс, ангидрид, калийная соль, фосфориты, известняковые туфы, известняки, доломит, мергель – являются ценными агрономическими рудами и используются как химические мелиоранты, минеральные удобрения и как сырье для производства цемента и химической промышленности.

Почвы, образующиеся на чистых химических осадках солей, как правило, характеризуются крайне низким плодородием; на известняках и меловых отложениях, особенно в условиях влажного климата, формируются плодородные почвы с высоким содержанием гумуса и благоприятными физическими свойствами.

Биогенные отложения образовались из скоплений остатков растений и животных. По составу они подразделяются на карбонатные, кремнистые и углеродистые.

К карбонатным породам относятся биогенные известняки и мел. Примером кремнистых пород является доломит, состоящий из остатков диатомовых водорослей. Углеродистые породы имеют высокое содержание органических веществ и обладают горючестью. К ним относятся ископаемые угли, торф, сапропель, а также нефть и газы. Известно их большое практическое значение.

Сапропель формируется на дне пресноводных озер и представляет собой ил, обогащенный органическим веществом и элементами питания для растений. Используется он как органическое удобрение и мелиорант. Некоторые бурые угли и лигниты также используются как органо-минеральные удобрения и мелиоранты.

Главные генетические типы четвертичных осадочных пород:

Элювиальные отложения (элювий) – продукты выветривания массивно-кристаллических пород, оставшиеся на месте их образования. Элювий характеризуется разным составом и мощностью, в зависимости от состава исходных пород (элювий гранитов, базальтов и др.), длительности процесса выветривания, климатических условий, в которых происходило выветривание. Для него характерен постепенный переход от землистого материала верхних слоев, через крупнообломочный к исходной коренной породе. Расположен элювий на вершинах водоразделов, где смыв выражен слабо или отсутствует. Свойства почв, сформировавшихся на элювии, также очень разнообразны (от кислых до щелочных, от малопродуктивных до высокопродуктивных) и зависят от состава и свойств элювиальных отложений и условий формирования.

Делювиальные отложения (делювий) – продукты эрозии, отложенные временными водотоками дождевых и талых вод в нижней части склонов, примыкающих к горам, водоразделам, к понижениям и западинам на водоразделах. Они имеют хорошо выраженную дифференциацию вдоль склона. У подножия крутых склонов откладываются более крупные грубообломочные наносы, ниже – более отсортированные и тонкозернистые отложения.

Состав делювия определяется составом пород, которыми сложены горы и водоразделы. Он может включать обломки массивно-кристаллических пород, пески и состоять из суглинистого и глинистого материала, например, переотложенного лесса, моренных суглинков. Как правило, делювиальные отложения имеют небольшую мощность до 2–5 м и залегают в виде пологих шлейфов.

Пролувиальные отложения (пролювий) образовались в результате переноса и отложения продуктов выветривания временными горными реками и обладающими большой силой потоками у подножий склонов. Характеризуются плохой отсортированностью, включают обломки разного размера и разной степени окатанности. У подножий гор они образуют конусы выноса и часто сочетаются с делювиальными отложениями, образуя делювиально-пролювиальные отложения.

Аллювиальные отложения (аллювий) образовались в результате переноса и отложения продуктов выветривания речными водами. Реками переносятся вещества, поступающие в них с поверхностным стоком. Кроме того, вода в реках совершает большую эрозионную работу. Размыв и масса транспортируемого материала резко возрастает с увеличением скорости течения, которая зависит от уклона местности. При снижении скорости движения воды в период паводков в пойме, в дельтах рек, в старицах происходит отложение и накопление транспортируемого материала – аккумуляция. Различают русловый аллювий, содержащий более крупные гравелистые и песчаные материалы; отложения стариц представлены супесями, суглинками, илами с примесью органических веществ. Пойменные отложения прирусловой части, где скорость воды наиболее высокая, имеют более крупнозернистый состав (песчаный и супесчаный) с хорошо выраженной слоистостью, связанной с изменением скорости движения воды в разные годы и в разные периоды паводков. Центральная пойма сложена более тонким суглинистым материалом, поскольку скорость воды здесь невысокая.

Различают древнеаллювиальные отложения (ими сложены речные террасы) и современные – в поймах рек. Последние продолжают формироваться в настоящее время. Аллювий, как правило, обогащен элементами питания для растений, поэтому почвы на аллювиальных отложениях обладают повышенным плодородием.

Озерные отложения представляют собой донные отложения озер. Они сложены наиболее тонкими частицами мелкого зема – глинами и илами с хорошо выраженной слоистостью (ленточные глины), отражающей сезонные и многолетние процессы их формирования. Илы с высоким содержанием органических веществ (15–20%) называются сапропелем, который используется как ценное органическое удобрение, обогащенное элементами питания для растений. По мере обмеления и зарастания озер образуются болота, которые постепенно превращаются в мощные торфяники. Озерные болотные отложения часто имеют повышенное содержание извести и железа, а в сухих и жарких областях обогащены водорастворимыми солями, гипсом, карбонатами кальция. Большое распространение озерные отложения имеют в северо-западных областях европейской части России, в Прикаспийской низменности, в Западной Сибири.

Морские отложения – это донные отложения морей. При отступлении моря (трансгрессии) они остаются в качестве почвообразующих пород. Значительное распространение имеют в Прикаспийской низменности, в Приазовье, на побережьях северных морей. Морские отложения часто содержат водорастворимые соли, биогенные известняки, ракушечники, мел. На таких породах, особенно в южных областях, часто формируются засоленные почвы. Они также обуславливают повышенную степень минерализации грунтовых вод.

Ледниковые (гляциальные), или моренные отложения – продукты выветривания различных пород, перемещенные и отложенные ледником. Ледником называют естественное скопление кристаллического льда, имеющего значительные размеры. Обладая пластическими свойствами, ледник движется под действием силы тяжести. Движение его возможно при толщине льда 15–20 м, когда масса превышает силу трения. Скорость движения горных ледников составляет 1–7 м в сутки, а материковых – до 20 м и более.

Обширная территория России в ледниковую эпоху подвергалась материковому оледенению в связи с похолоданиями климата. Ледниковые эпохи неоднократно сменялись межледниковыми, которые характеризовались отступлением ледников, а талые воды вызывали морские регрессии. В эпоху максимального оледенения европейский ледниковый щит достигал более двух километров толщины, покрывал площадь 5,5 млн км², продвигаясь с севера на юг. Граница оледенения опускалась южнее Брянска, Киева.

Моренные отложения представляют собой несортированный грубо-обломочный материал, состоящий из глины, суглинков, песков красноватого или серого цвета с включениями гальки, камней разного размера, валунов. Они характеризуются отсутствием слоистости. Моренные отложения широко распространены в качестве почвообразующих в таежно-лесной зоне и на севере лесостепной в европейской части России. По химическому составу ледниковые отложения разделяются на алюмосиликатные моренные и карбонатные моренные суглинки. На алюмосиликатной морене формируются подзолистые и дерново-подзолистые почвы с низким естественным плодородием, с кислой реакцией среды, с большим количеством камней и валунов в верхних слоях и на поверхности. На карбонатной морене, в связи с наличием оснований кальция и магния, формируются более плодородные почвы с менее кислой и нейтральной реакцией среды. На таких почвах более интенсивно протекает биологический круговорот веществ. Воды, формирующиеся на карбонатных породах, обогащены основаниями.

Флювиогляциальные (водноледниковые) отложения временных водотоков и замкнутых водоемов, образовавшихся при таянии ледника, соответственно происхождению и положению по отношению к леднику подразделяются на две группы.

1. **Приледниковые**, залегающие позади конечно-моренных гряд (озы, камы, друмлины), сложены песчано-гравийно-галечниковым материалом; ленточные глины – отложения приледниковых озер, в которых чередуются прослойки песка и глины.

2. **Внеледниковые отложения** образованы потоками вод, вытекающими из-под ледников, и расположены впереди каменно-моренных гряд. Их называют зандррами. Зандровые равнины сложены песчаными и супесчаными отложениями, слоистыми осадками с включениями гравия, гальки. К равнинам такого типа могут быть отнесены Мещерская низменность, Полесье.

Покровные суглинки относятся к внеледниковым отложениям и рассматриваются как отложения мелководных приледниковых разливов талых вод. Они перекрывают морену сверху слоем 3–5 м, откуда и получили название. Покровные суглинки имеют желто-бурую окраску, хорошо сортированы, но содержат камней и валунов. В их составе преобладают фракции крупной пыли (0,05–0,01 мм) и ила (< 0,001 мм). Как правило, покровные суглинки не содержат карбонатов. В качестве почвообразующих они широко распространены в таежно-лесной и в северной части лесостепной зоны наряду с моренными отложениями. На них формируются подзолистые, дерново-подзолистые и серые лесные почвы.

Почвы на покровных суглинках, особенно легко- и среднесуглинистые разновидности, обладают более высоким плодородием по сравнению с такими же почвами на моренных отложениях.

Лессы и лессовидные суглинки имеют различное неокончательно установленное происхождение. Считается, что они могут быть водно-ледникового, древнеаллювиального, эолового, делювиально-пролювиального происхождения с последующим преобразованием в условиях аридного климата. Эти суглинки характеризуются палевой окраской, повышенным содержанием пылеватых и илистых фракций, рыхлым сложением, высокой пористостью, высоким содержанием карбонатов кальция, а на юге – гипса и водорастворимых солей. Они распространены на больших площадях в лесостепной, степной и сухостепной зонах на Русской равнине, равнинах Сибири, в Предкавказье. На них образовались высокоплодородные серые лесные почвы, черноземы, каштановые почвы, сероземы Средней Азии.

Эоловые отложения образовались в результате деятельности ветра. Эол, по древнегреческой мифологии – бог ветра. Разрушительная деятельность ветра слагается из коррозии и дефляции.

Коррозия – обтачивание, шлифование песком горных пород, скал ветром. Дефляция – сдувание и перенос ветром мелких частиц почв и горных пород. Оба эти процесса часто объединяют понятием ветровой эрозии. К эоловым отложениям относят пески дюн, барханов, барханных гряд. Они образуются, преимущественно, при перевывании аллювиальных, морских, флювиогляциальных, озерных песков. Характерная особенность эоловых песков – подвижность, рыхлое сложение, хорошая сортировка, отшлифованная округленность песчинок, высокая водопроницаемость. Почвы, формирующиеся на песках, обладают слабой водоудерживающей способностью и низким плодородием. Распространены в пустынях Средней Азии и на побережье Балтийского моря.

Двуучленные и многочленные почвообразующие породы выделяются в тех случаях, когда в пределах почвенной толщи происходит смена пород. Наиболее часто встречаются в таежно-лесной зоне. Например, покровные суглинки, подстилаемые мореной или флювиогляциальными песками.

2.5. Влияние литогенной основы на другие компоненты ландшафта

Горные породы оказывают влияние на все компоненты ландшафта.

Почвы наследуют от горных (почвообразующих) пород гранулометрический, минералогический и химический составы, ряд физических свойств. Свойства почв отражаются в растительном покрове. На породах, обогащенных элементами питания и основаниями, как правило, образуются плодородные почвы с обильной растительностью, наоборот, на бедных породах формируются почвы с низким плодородием и скудной растительностью. Почвы, унаследовавшие негативные, с агрономической точки зрения, свойства, такие как каменистость, высокая плотность, наличие водорастворимых солей и др., имеют специфическую растительность и требуют специальных затрат на их освоение и улучшение. Горные породы могут в корне изменять скорость и направление процессов выветривания и денудации, почвообразовательных процессов, что приводит к формированию различных форм рельефа, кор выветривания, азональных типов почв и др.

С составом горных пород тесно связан состав почвенно-грунтовых вод. На карбонатных породах формируются грунтовые воды с повышенным содержанием кальция; на засоленных – с повышенным содержанием водорастворимых солей и др.

Можно привести примеры влияния пород на состав атмосферного воздуха. Это обилие пыли в воздухе на глинистых породах и почвах, обилие песка на песчаных, повышенные концентрации водорастворимых солей на территориях с засоленными почвами и породами.

Рельеф играет большую роль в процессах функционирования ландшафтов. Мега- и макроформы рельефа (материки, океаны, горные системы) участвуют в формировании воздушных масс и перераспределении тепла и влаги по земной поверхности, определяя климатические и погодные условия, а через них – макроэкосистемы с характерным почвенным покровом. Наглядным примером этого является вертикальная поясность в горах.

Мезо- и микроформы рельефа перераспределяют тепло и влагу в пределах склонов, повышений и понижений. Они определяют особенности микроклимата и глубину залегания грунтовых вод, тем самым формируя мезо- и микроэкосистемы с характерными особенностями почвенного покрова. Мезо- и микрорельеф определяет размер и форму элементарных почвенных ареалов. Большое влияние рельеф оказывает на формирование агроэкосистем и хозяйственную деятельность человека. В качестве примеров можно привести земледелие горное и на равнинах, противоэрозионные системы земледелия на склонах. В последние годы разрабатываются адаптивно-

ландшафтные системы земледелия, в которых рельеф является одним из ведущих факторов выбора культуры и технологий их выращивания.

С перераспределением влаги по элементам рельефа связана миграция твердых веществ с поверхностным стоком и растворенных – с поверхностным и внутрипочвенным стоком. Эти процессы обуславливают геохимические особенности ландшафтов, интенсивность процессов денудации и антропогенной эрозии.

Рельеф играет большую роль в процессах функционирования ландшафтов. Мега- и макроформы рельефа (материки, океаны, горные системы) участвуют в формировании воздушных масс и перераспределении тепла и влаги по земной поверхности, определяя климатические и погодные условия, а через них – макроэкосистемы с характерным почвенным покровом. Наглядным примером этого является вертикальная поясность в горах.

Вопросы и задания

1. Какие характерные особенности магматических горных пород и как они образовались?
2. Как образовались интрузивные горные породы?
3. Как образовались метаморфические породы?
4. Перечислите процессы образования осадочных горных пород.
5. Как образовались флювиогляциальные отложения?
6. В чем заключается влияние коры выветривания на остальные компоненты ландшафта?
7. Что такое моренные отложения?
8. Как образовались лессы?
9. Какие характерные особенности и как образовались покровные суглинки?
10. Какие особенности и как образовались аллювиальные отложения?
11. Какие бывают коры выветривания и как они образовались?
12. В чем заключается сущность процесса выветривания?

3. Рельеф как свойство литогенной основы

3.1. Формы рельефа и их роль в функционировании ландшафтов

Рельеф не является компонентом ландшафта, поскольку он не вещественная категория. Рельеф – свойство литогенной основы. Он оказывает многостороннее влияние на свойства ландшафтов, их дифференциацию и функционирование. С рельефом тесно связаны процессы миграции веществ, структура почвенного покрова, характер растительных ассоциаций, условия увлажнения и др.

Рельеф – это совокупность форм земной поверхности разных масштабов. Наука о рельефе, его строении и происхождении – геоморфология. В зависимости от размеров форм земной поверхности различают мегарельеф, макрорельеф, мезорельеф и микрорельеф. **Мегарельеф** – это наиболее крупные неровности земной поверхности – материковые массивы и океанские впадины. **Макрорельеф** – крупные формы земной поверхности, занимающие большую площадь, с колебаниями высот, измеряемыми сотнями метров и километрами (горные хребты, плоскогорья, равнины). **Мезорельеф** – формы рельефа средних размеров с колебаниями высот, измеряемыми метрами и десятками метров (склоны, ложбины, балки, террасы и др.). **Микрорельеф** – мелкие формы рельефа, занимающие незначительные площади с колебаниями высот в пределах одного метра (западины, блюдца, бугорки и др.). Разновидностью микрорельефа является **нанорельеф** – самые мелкие формы рельефа с колебаниями высот в

пределах 30 см: кочки, неровности, связанные с обработкой почвы (борозды, гребни и др.). Рельеф создается в результате одновременного воздействия на земную поверхность эндогенных (тектонических) и экзогенных сил, возбуждающих деятельность денудационных процессов: текущей воды, ветра, льда и др., гравитационных сил и пр. Те и другие силы действуют антагонистически. Эндогенные – создают крупные неровности, экзогенные – разрушают и понижают положительные формы рельефа и заполняют продуктами разрушения отрицательные формы.

3.2. Морфогенетические типы и ярусность рельефа

С учетом внешнего вида (морфологии) и происхождения (генезиса) выделяют следующие морфогенетические типы рельефа (по К.К. Маркову): 1) горный (структурно-тектонический); 2) структурный (пластовый); 3) скульптурный (эрозионный); 4) аккумулятивный (насыпной).

Горный, или структурно-тектонический, тип рельефа. В горных системах выделяются высотные ландшафтные ярусы, связанные с неравномерной во времени и в пространстве интенсивностью тектонических и экзогенных процессов. Деление горных систем на низкогорья, среднегорья и высокогорья отражают этапы формирования и особенности строения разновозрастных ступеней (ярусов).

Высокогорья – это молодые горные массивы альпийского орогенеза, с острыми вершинами с ледниками и снежниками. Они характеризуются самой высокой амплитудой колебаний высот и самыми высокими абсолютными высотами, значительной крутизной склонов, лишенных растительности. Рыхлые отложения здесь не накапливаются, и формируются слабо развитые маломощные почвы. Этот тип рельефа характерен для горных систем Кавказа, Памира, Алтая и др.

Для этого яруса характерны низкие температуры, сильная разреженность атмосферы. Ниже располагается более древний ярус со сравнительно пологими склонами, перекрытыми ледниковыми отложениями с субальпийскими и альпийскими лугами.

Альпийский рельеф имеет черты высокогорного, но со значительным участием рыхлых ледниковых отложений в нишеобразных понижениях на склонах и в долинах, на которых широко распространены альпийские луга, используемые под пастбища. Альпийский рельеф распространен в горах Кавказа, Памира, Тянь-Шаня, встречается в более низких горных системах на Урале и в горах Сибири.

Нагорья представляют собой высокогорные выровненные поверхности со значительной мощностью рыхлых отложений и сформированными почвами. Распространены в Закавказье, Восточном Памире, Алтае, Саянах, Становом хребте, горах северо-восточной Сибири. Здесь широко распространены альпийские луга и местами развито высокогорное земледелие.

Среднегорный рельеф характеризуется более низкими абсолютными высотами с амплитудой относительных колебаний высот от 0,5 до 2 км. Склоны менее крутые, поэтому покрыты щебнистым материалом и, как правило, находятся под лесами.

Среднегорья более древние образования. Здесь преобладают долины с крутыми склонами, созданные эрозионной деятельностью рек. Их занимают горно-лесные ландшафты. Климат среднегорий формируется, как правило, при сильном влиянии орографически восходящих потоков с обильными осадками, вызывающими эрозионные процессы. Распространены практически во всех горных системах России.

Низкогорный рельеф характеризуется низкими абсолютными отметками и амплитудой относительных колебаний менее 0,5 км. Распространен этот подтип по окраинам высоких и среднегорных систем.

Низкогорья характеризуются мягкими очертаниями рельефа, с округлыми

вершинами и относительно пологими склонами, перекрытыми чехлом рыхлых делювиально-пролювиальных отложений с растительностью и климатом наиболее близкими по высотно-поясным характеристикам для прилегающих предгорных территорий и равнин. Это наиболее древний ярус.

Каждый ярус включает 1–3 высотных пояса в зависимости от местоположения горной системы и экспозиции склонов.

Сельговый рельеф характеризуется амплитудой относительных колебаний в пределах 100–200 м. Межгрядовые долины заполнены ледниковыми отложениями. Встречается в Карелии и на Кольском полуострове.

Структурный, или пластовый, тип рельефа представлен плоскими горизонтально залегающими пластами осадочных пород, устойчивыми к процессам денудации. В этом типе рельефа также выделяется несколько подтипов.

Плоскогорья высотой до 1 км наибольшее распространение имеют в средней Сибири.

Плато имеют высоту до 400 м. Распространены на северо-западе и востоке европейской части России.

Куэсты – узкие плато, имеющие наклон в одну сторону, распространены в Крыму и на Северном Кавказе.

Скульптурный, или эрозионный, тип рельефа представлен равнинами, которые образовались в результате речной и плоскостной эрозии, морской абразии. Они имеют разную степень расчленения. Мощность четвертичных отложений более высокая в нижних частях склонов и в понижениях. Эрозионный тип рельефа характерен для Среднерусской, окраинных частей Окско-Донской и Среднеднепровской возвышенностей и Западно-Сибирской низменности.

Аккумулятивный, или насыпной, тип рельефа характеризуется накоплением рыхлых четвертичных отложений в областях погужения. Он включает несколько подтипов.

Аллювиальные равнины – это слабо пониженные плоскохолмистые и плосковолнистые территории, охватывающие значительные части бассейнов крупных рек и их притоков. Они имеют мощную толщу четвертичных отложений, до нескольких десятков метров, представленных современными и древнеаллювиальными песчаными и суглинистыми отложениями. Аллювиальные равнины слабо расчленены, часто заболочены. К аллювиальным равнинам относится Ярославско-Костромская, Марийская. Огромная озерно-аллювиальная равнина расположена на юге Западной Сибири в бассейнах рек Иртыша и Тобола.

Ледниковый и водно-ледниковый аккумулятивный рельеф представлен холмистыми, холмисто-увалистыми равнинами, сложенными моренными и водно-ледниковыми отложениями. Такой рельеф занимает большие площади на северо-западе и севере европейской части России и на севере Западно-Сибирской низменности. Они представлены задровыми равнинами в виде плоских конусов выноса подледниковых потоков и специфических моренных образований в виде холмов и валов высотой 20–25 м, получивших название озы, камы, друмлины.

Морской аккумулятивный рельеф представлен плоскими и плосковолнистыми формами на побережье Северного Ледовитого океана и в Прикаспийской низменности. Они сложены морскими отложениями.

Эоловый аккумулятивный рельеф имеет наибольшее распространение в песчаных пустынях Средней Азии, а также на побережьях морей и озер. Для него характерны такие формы, как барханы, бугристые и грядовые пески. Приморские, приозерные и приречные пески образуют одинокие холмы – дюны.

Перечисленные типы и подтипы характеризуют основные формы макрорельефа.

На равнинах обычно выделяют три яруса, определяемые законом азональной геолого-геоморфологической и высотно-генетической ярусности ландшафтов. Этот закон гласит о том, что на Земле существует геолого-геоморфологическая дифференциация ландшафтов, которая проявляется в наличии горных и равнинных территорий и высотно-генетических ярусов (ступеней) горных и равнинных ландшафтов, причиной которых является неравномерность тектонических движений. Термин «азональная» подчеркивает противопоставление зональной дифференциации, поскольку полнотой азональных ландшафтов не бывает.

1. **Геосистемы возвышенных равнин** с зональными элювиальными ландшафтами. Это древние (плейстоценовые и голоценовые) элювиальные ландшафты плакоров с абсолютными отметками 200–300 м. Развита денудация, хорошо дренированы и сильно расчленены овражно-балочной сетью. Примеры: Средне-Русская и Приволжская возвышенности. В условиях умеренного пояса по возвышенным равнинам смешанные леса продвигаются на север в среднюю тайгу, в связи с лучшей дренированностью и более высокой тепло-обеспеченностью, Широколиственные леса продвигаются, наоборот, на юг, в степную зону, в связи с лучшими условиями увлажнения на наветренных склонах возвышенных равнин.

2. **Геосистемы низменных равнин** с зональными неэлювиальными ландшафтами со следами гидроморфизма прошлых эпох. Они более молодые по сравнению с ландшафтами возвышенных равнин. В верхнем плейстоцене они формировались как супераквальные и субаквальные заболоченные ландшафты в условиях грунтового и пойменного переувлажнения. К началу голоцена понизился базис эрозии и уровень грунтовых вод, они вышли из состояния переувлажнения и перешли в элювиальный режим развития. Примеры: ландшафты Окско-Донской, Прикаспийской, Причерноморской низменностей. Абсолютные высоты колеблются в пределах 100–150 м.

3. **Геосистемы низинных равнин** с интразональными гидроморфными аккумулятивными ландшафтами. Слабодренированные заболоченные равнины с грунтовым, натечным и пойменным переувлажнением с оглееными и засоленными почвами. Примеры: Западно-Сибирская, Мещерская, Полесская, Ярославско-Костромская низменности. Абсолютные отметки варьируют в пределах 50–100 м.

Приведенные примеры показывают регионы с широким распространением возвышенных, низинных и низменных ярусов. Однако наличие высотно-генетических ярусов можно встретить в пределах Средне-Русской, Приволжской и других возвышенностей и низменностей в которых всегда присутствуют ландшафтно-геохимические катены с элювиальными и супераквальными, аккумулятивными ландшафтами.

В горах также выделяют три яруса: высокогорные, среднегорные и низкогорные геосистемы, которые были рассмотрены выше.

Таким образом, ярусность горных систем и равнинных территорий различаются по временной характеристике. На равнинах верхний ярус наиболее древний; в горах – наиболее молодой.

3.3. *Формы мезорельефа*

Формы мезорельефа складываются из различных элементов рельефа. Основными элементами рельефа являются поверхности рельефа (субгоризонтальные и наклонные) и линии, которыми эти поверхности ограничены.

При расчленении территорий в системе междуречий выделяются следующие элементы рельефа – **субгоризонтальные поверхности**: вершины водоразделов, тер-

расы, днища западин и котловин; **наклонные поверхности:** склоны разной крутизны, шельфы склонов, днища оврагов и балок (могут быть выположенными и наклонными), уступы и склоны террас.

Водораздельная линия – проходит по наивысшим точкам двух противоположных склонов и является границей водораздела. Горизонтالي на топографической карте в местах пересечения с водораздельной линией сильно изогнуты.

Подошвенная линия – разделяет основание склонов и равнинные участки, служит границей смытых и намытых почв.

Тальвег – представлен наиболее низкими частями дна оврагов, балок, русел рек. На топографических картах горизонтали в местах пересечения с линией тальвега сильно изогнуты.

Бровка – это линия резкого перегиба склона, она отделяет склоны, сильно отличающиеся крутизной. Расположены бровки по краям балок, оврагов, террас.

Береговая линия – разделяет берег моря, реки, озера от поверхности суши.

Сочетания элементов рельефа образуют положительные формы мезорельефа – холмы, бугры, гривы, увалы, гряды, дюны, барханы, озы, камы, друмлины и отрицательные – балки, ложбины, лощины, овраги, карстовые понижения, промоины, западины, котловины (табл. 3).

Холмом называется небольшое возвышение округлой формы с широким основанием, постепенно сливающимся с равниной. Высота холма 40-100 м, иногда до 200 м.

Бугор характеризуется меньшей высотой (10-25 м) и более крутыми склонами.

Грива, гряда, увал – удлиненные возвышения, отличающиеся от холма тем, что их длина в несколько раз превышает ширину.

Гряды, имеющие форму длинных (до 30-40 км) узких валов моренного происхождения, называют **озами**. Их ширина 40-100 м; высота 25–30 м.

Друмлины – моренные холмы продолговато-овального очертания длиной до 25 км, шириной 10–150 м, высотой 5-25 м.

Камы – холмы моренного происхождения высотой до 100 м.

Овраги – линейно вытянутые понижения с крутыми или отвесными склонами, не задернованными растительностью, образовавшиеся в результате водной эрозии. Небольшие овраги глубиной до 1-2 м называются **промоинами**.

Балка (синонимы – **падь, байрак**) – отличается от оврага пологими задернованными склонами. В верховьях балка сужается, становится мельче и переходит в лощину, которая, в свою очередь, переходит в плоское понижение, называемое ложбиной. Балка – более широкое (до 200–300 м) и глубокое (15–30 м) углубление по сравнению с лощиной. Для нее часто характерны несимметричные берега, освещенные солнцем, как правило, крутые (это связано с интенсивной эрозией при таянии снега), теневые – пологие. Площадь водосбора до 3 тыс. га. Балка впадает в долину реки.

Лощина – ясно выраженное углубление шириной 20-30 м и глубиной 8-10 м. Площадь ее водосбора достигает 500 га, она включает несколько водосборов ложбин. Берега симметричные, крутые (10-20°), не распаиваются. Лощины, как правило, расположены в верховьях балки, но бывают и как самостоятельные формы мезорельефа.

Ложбина – слабо выраженное углубление с весьма пологими склонами, постепенно переходящими в прилегающие склоны. Площадь водосбора около 50 га. Ложбина может распаиваться. Ложбины часто залегают в верховьях балки – лощины, но встречаются и как самостоятельные формы рельефа.

Долина реки – отличается от балки наличием постоянного водотока и связанной с ним формы рельефа – поймы.

Размеры оврагов и балок – до нескольких километров в длину, десятков метров в ширину и глубину.

В процессе чтения рельефа по топографической карте выделяют формы рельефа линейного расчленения (долинно-овражно-балочная сеть) и формы водораздельных междуречных водораздельных равнин.

К формам рельефа линейного расчленения относятся речные долины, овраги, балки, лощины, ложбины. Речные долины включают пойму, плоские поверхности и склоны речных террас. Поймы включают береговой (прирусловый) вал, плоскую поверхность центральной поймы и притеррасные старичные понижения и озера.

Для определения степени вертикального и горизонтального расчленения рельефа используют легко читаемые по топографической карте условные линии в местах пересечения различных склонов – водораздельные и подошвенные линии, тальвеги и бровки.

Таблица 3 – Формы рельефа экзогенного происхождения

Генезис	Аккумулятивные	Денудационные (выработанные, деструктивные)
Флювиальный (водный)	Поймы, аккумулятивные террасы, дельты рек, делювиальные шлейфы, конусы выноса	Овраги, балки, эрозионные террасы, каньоны, холмы - эрозионные останцы
Гляциальный и флювиогляциальный (ледниковый и водноледниковый)	Моренные холмы, камы, озы, зандры, друмлины.	Кары, цирки, трюги, сельги, бараньи лбы, ложбины стока, котловины выпахивания
Криогенный (мерзлотный)	Бугры пучения, наледи, солифлюкционные террасы	Нагорные террасы, термокарстовые котловины
Эоловый (ветровой)	Барханы, дюны, гряды	Дефляционные котловины выдувания
Морской	Пляжи, косы, коралловые рифы, марши, террасы	Абразионные террасы
Коллювиальный (гравитационный)	Осыпи, оползни. Обвалы	Стенки срыва, оползневые цирки
Карстовый	Сталактиты, сталагмиты	Воронки, пещеры

3.4. Виды рельефа. Агроэкологическая характеристика рельефа

На водораздельных равнинах широко распространены плоские горизонтальные поверхности, холмы, седловины, гряды, котловины, западины и другие формы рельефа. В зависимости от сочетаний положительных и отрицательных форм различают следующие виды рельефа:

- **холмистый** – чередование холмов и равнинных пространств;
- **гривистый**, увалистый и грядовой – пониженные пространства чередуются с гривами, увалами или грядами;
- **волнистый** – плоские повышения чередуются с плоскими узкими понижениями;
- **полого-волнистый** – плоские широкие повышения чередуются с плоскими широкими понижениями с постепенными переходами между ними.

В таблицах 4, 5 представлены группировки рельефа по степени горизонтального и вертикального расчленения.

Таблица 4 – Группировка рельефа по степени горизонтального расчленения

Степень расчленения	Расстояние между водораздельной линией и тальвегом, м
Слабо расчлененный	Более 100
Средне расчлененный	100-1000
Сильно расчлененный	50-100
Очень сильно расчлененный	менее 50

Таблица 5 – Группировка рельефа по степени вертикального расчленения

Степень расчленения	Амплитуда перепада высот водораздела и тальвега, м	
	равнинные территории	холмистые территории
Мелко расчлененный	Менее 2,5	Менее 25
Средне расчлененный	2,5-5,0	25-50
Глубоко расчлененный	5,0-10,0	5000

Для определения степени повреждения территории оврагами используются коэффициенты овражности и плотности оврагов.

Коэффициент овражности – отношение площади оврагов (га) к площади земельного фонда (км²). **Коэффициент плотности оврагов** – число оврагов на площади в 1 км². Для Среднерусской возвышенности средняя расчлененность водосборных бассейнов ложино-балочным звеном составляет 0,92 км/км², средний коэффициент овражности – 0,6 га/км², средняя плотность оврагов – 14,1 на км².

Степень развития овражной эрозии характеризуется также суммарной протяженностью оврагов на км² площади. Соответственно различают слабую (менее 0,25 км/км²), среднюю (0,25–0,50), сильную (0,50–0,75) и очень сильную (более 0,75) степени.

Характеристика склонов. Очень важными характеристиками рельефа являются длина, форма и экспозиция склона. По длине различают склоны длинные – более 500 м, средние – 500–50 м и короткие – менее 50 м.

Чем длиннее склон, тем больше объем поверхностного стока и усиление эрозионных процессов при интенсивных осадках.

Большое влияние на почвообразование, дифференциацию почвенного покрова и сельскохозяйственное использование почв оказывает крутизна склонов (табл. 6). Чем круче склон, тем сильнее проявляются эрозионные процессы.

Таблица 6 – Группировка склонов по крутизне

Склоны	Крутизна	Склоны	Крутизна
Очень пологие	меньше 1°	крутые	8-20°
Пологие	1-3°	очень крутые	20-45°
Покатые	3-5°	обрывистые	более 45°
Сильнопокатые	5-8°	–	–

Интенсивность эрозионных процессов в значительной степени зависит от формы склонов. Для противозерозионного проектирования используют специальную классификацию склонов, в основу которой положена форма склонов.

Вопросы и задания

1. Что такое рельеф и какая наука его изучает?
2. Назовите морфогенетические типы рельефа по К.К. Маркову, каковы их главные особенности?
3. Перечислите наиболее распространенные формы мезорельефа и назовите их генезис.
4. Чем отличается балка от оврага?
5. Дайте определение элементам (линиям) мезорельефа.
6. Что такое элемент мезорельефа?
7. Перечислите показатели, по которым проводят характеристику мезорельефа.
8. Дайте характеристику ледниковому и водно-ледниковому подтипам аккумулятивного рельефа.
9. Какие характерные особенности поймы реки?
10. Как рельеф влияет на остальные компоненты ландшафта?
11. Какие факторы определяют ярусность горных и равнинных геосистем?
12. Перечислите и дайте характеристику ярусов горных и равнинных геосистем.

4. Воздушные массы атмосферы как компонент ландшафта

Атмосфера Земли (от греч. *atmos* – пар и *sphaira* – шар), газовая оболочка, окружающая Землю. Атмосферой считают ту область вокруг Земли, в которой газовая среда вращается вместе с Землей как единое целое. Масса атмосферы составляет около $5,15 \cdot 10^{15}$ тонн. При этом половина всей массы атмосферы сосредоточена в нижних 5 км, а три четвертых массы атмосферы в нижних 10 км. Выше воздух значительно разрежен, хотя его частицы обнаруживаются на высоте 2000–3000 км над земной поверхностью. Атмосфера обеспечивает возможность жизни на Земле и оказывает большое влияние на разные стороны жизни человечества.

Происхождение атмосферы и ее роль в функционировании ландшафтов.

Атмосфера формировалась вместе с формированием Земли. Согласно эволюционной модели Земля на ранних стадиях находилась в расплавленном состоянии и около 4,5 миллиарда лет назад сформировалась в качестве твердого тела. Первичная атмосфера Земли состояла в основном из легких газов, которые плохо удерживались за счет гравитации и постепенно улетучивались в космическое пространство. Геологические процессы сопровождалась выбросом водяного пара и газов: аммиака, азота, метана, оксида углерода CO и диоксида углерода CO₂. Под воздействием жесткого солнечного излучения водяной пар разлагался на кислород и водород, а аммиак на азот и водород. Кислород взаимодействовал с оксидом углерода, образуя углекислый газ, легкий водород поднимался вверх и покидал атмосферу, а более тяжелый азот накапливался и постепенно стал преобладающим компонентом атмосферы. После появления первых примитивных растений в результате фотосинтеза в атмосфере началось увеличение концентрации кислорода. В верхних слоях атмосферы из кислорода образовывался озон, слой которого поглощал жесткое ультрафиолетовое излучение Солнца. В результате создались более благоприятные условия для развития живых организмов и ускорилось накопление кислорода в атмосфере за счет фотосинтеза. При фотосинтезе происходило поглощение углекислого газа и снижалось его содержание в атмосфере.

Таким образом, развитие атмосферы было тесно связано с геологическими и геохимическими процессами, а также с деятельностью живых организмов. Это влияние было взаимным, атмосфера, в свою очередь, оказывала большое влияние на эволюцию литосферы. Например, громадное количество углекислоты, поступившей в

атмосферу из литосферы, было затем аккумуляровано в карбонатных породах. Атмосферный кислород и поступающая из атмосферы вода явились важнейшими факторами, которые воздействовали на горные породы. На протяжении всей истории Земли атмосфера играла большую роль в процессе выветривания. Колебания температур, окисление кислородом воздуха, растворение и размыв водой осадков существенно влияют на разрушение горных пород. Реки, образовавшиеся за счет атмосферных осадков, значительно изменяют земную поверхность. Ветер переносит на большие расстояния частицы горных пород.

Наряду с этим атмосфера защищает поверхность Земли от разрушительного действия падающих метеоритов, большая часть которых сгорает при вхождении в плотные слои атмосферы.

Деятельность живых организмов, являющаяся одним из важнейших факторов формирования земной атмосферы, в свою очередь сильно зависит от атмосферных условий. Атмосфера выравнивает термический режим Земли, предохраняет ее от чрезмерного нагрева днем и переохлаждения ночью. Атмосфера задерживает большую часть ультрафиолетового и рентгеновского излучения Солнца, которое губительно действует на большинство живых организмов. Кислород атмосферы необходим для дыхания растений и животных, а углекислый газ поглощается в процессе фотосинтеза. Климатические факторы, в первую очередь гидротермический режим, определяющийся состоянием атмосферы, оказывают сильное влияние на условия существования и хозяйственную деятельность человека. Особенно сильно зависит от климатических условий сельское хозяйство. В свою очередь, деятельность человека оказывает все возрастающее влияние на состав атмосферы и на климатический режим.

Атмосфера пропускает 3/4 солнечного излучения и задерживает длинноволновое излучение земной поверхности (парниковый эффект), тем самым увеличивая общее количество тепла, используемого на развитие природных процессов на поверхности Земли. Космические и атмосферные агенты – свет, тепло, осадки, ветер – проводят огромную работу в процессах выветривания и почвообразования и создают условия для существования жизни на Земле.

Вся деятельность человека проходит в тропосфере. Самые высокие горы остаются в пределах тропосферы, даже воздушный транспорт лишь частично выходит за пределы тропосферы – в стратосферу. Особый интерес для изучения атмосферы в качестве компонента ландшафта представляет нижняя часть тропосферы высотой 30–50 метров. Между почвенным и атмосферным воздухом происходит постоянный газообмен. Корневые системы высших растений и аэробные микроорганизмы энергично поглощают кислород и выделяют углекислый газ. Избыток CO_2 из почвы выделяется в атмосферу, а атмосферный воздух, обогащенный кислородом, проникает в почву. Газообмен почвы с атмосферой может быть затруднен либо плотным сложением почвы, либо ее избыточной увлажненностью. В этом случае в почвенном воздухе резко уменьшается содержание кислорода, и начинают развиваться анаэробные микробиологические процессы, приводящие к образованию метана, сероводорода, аммиака и некоторых других газов. Являясь поставщиком углекислоты и других газов в атмосферу, почвенный воздух может рассматриваться как один из факторов, регулирующих состав атмосферного воздуха.

Наиболее динамичным компонентом ландшафта (агрландшафта) является приземный слой атмосферного воздуха, так как циркуляция атмосферы является главным климатическим фактором, определяющим тепло- и влагообеспеченность агрландшафтов, перенос загрязняющих веществ, поступающих в результате техногенных выбросов, и ветровую эрозию (дефляцию) почв. В свою очередь, тепло- и влагообеспеченность

определяет условия формирования теплового и водного балансов, биоразнообразия, биопродуктивности, тип зональных почв и направленность природных процессов.

Строение атмосферы. Многочисленные наблюдения показывают, что атмосфера имеет четко выраженное слоистое строение.

Основным признаком, определяющим подразделение атмосферы на отдельные слои, является изменение ее температуры с высотой. Характер этого изменения во многом зависит от состава атмосферы. В атмосфере выделяют пять слоев:

1. **Тропосфера** – слой атмосферы до высоты в среднем 12 км (около 8 км над полюсами и до 17 км над экватором). В тропосфере находится почти весь водяной пар, именно в тропосфере формируются циклоны, антициклоны, облака, осадки, дуют ветры, происходят различные метеорологические явления. В тропосфере происходит быстрое падение температуры с высотой (на 6–7 градусов на километр высоты). Температурный профиль тропосферы во многом обусловлен поступающей к поверхности Земли солнечной радиацией. В результате нагрева поверхности Земли Солнцем формируются конвективные и турбулентные потоки, направленные вверх, которые формируют погоду. Влияние подстилающей поверхности на нижние слои тропосферы распространяется до высоты примерно 1,5 км (на равнинах). В тропосфере выделяется приземный слой толщиной 30–50 м, температура которого находится под непосредственным воздействием земной поверхности. В этом слое происходят существенные суточные изменения температуры и проявляются основные особенности **микроклимата**. Верхней границей тропосферы является тропопауза – изотермический слой. Высота тропопаузы зависит от географической широты. Так, на экваторе она находится на высоте примерно 16 км, и ее температура составляет около -80°C . На полюсах тропопауза расположена ниже – примерно на высоте 8 км. Летом ее температура здесь составляет -40°C , и -60°C зимой.

2. **Стратосфера** – следующий сравнительно спокойный слой атмосферы с почти постоянной температурой до высоты 34–36 км и ростом температуры до уровня 50 км. Малая теплоемкость разреженного воздуха препятствует переносу тепла перемешиванием, а выравнивание температуры происходит за счет лучевого теплообмена. В верхней части стратосферы наблюдается максимальная концентрация озона, молекула которого состоит из трех атомов кислорода. Озон образуется под воздействием солнечной ультрафиолетовой радиации и обладает способностью поглощать ее, защищая от резких изменений и регулируя климатические условия и биологические процессы на поверхности Земли. Рост температуры в верхней части стратосферы происходит за счет поглощения солнечных ультрафиолетовых лучей слоем озона. Верхней границей стратосферы является стратопауза.

3. **Мезосфера**. Над стратопаузой температура снова начинает понижаться. Этот слой называется мезосферой и расположен в средней атмосфере. В верхних слоях мезосферы температура падает до -90°C . В мезосфере сгорает большая часть попадающих на Землю мелких твердых метеоритных частиц. Заканчивается мезосфера мезопаузой на высоте примерно 85 км.

4. **Ионосфера** (термосфера) – верхний слой атмосферы до высоты примерно 1000 км. Здесь температура снова начинает расти, причем до высоких значений (до $500\text{--}1000^{\circ}\text{K}$ в зависимости от солнечной активности). Этот слой характеризуется высокой разреженностью газа, который под действием солнечной радиации распадается до ионов и свободных электронов.

5. **Экзосфера**, или сфера рассеяния, расположенная выше 1000 км, представляет собой зону утечки газов в космическое пространство.

Вертикальное распределение температуры в тропосфере зависит от особенно-

стей поглощения солнечного и земного излучений в тропосфере и от конвективной передачи тепла. Основной поглотитель излучения в атмосфере – водяной пар, содержание которого с высотой быстро убывает, в связи с чем должна убывать и температура воздуха. Это способствует возникновению конвекции, которая переносит нагретый воздух от земной поверхности в атмосферу, чем меняет вертикальное распределение температуры. В отдельных случаях распределение температуры может существенно отличаться от среднего. В тех или иных слоях тропосферы, особенно в нижней ее части, часто возникают инверсии температуры, т.е. температура с высотой возрастает.

Почти вся масса водяного пара атмосферы сосредоточена в тропосфере, поэтому в ней возникают в основном все облака. В тропосфере содержится также и основная масса атмосферных аэрозолей (пыли, дыма и др.), поступающих с земной поверхности. В нижней части тропосферы (в пограничном слое, или слое трения) хорошо выражен суточный ход температуры и влажности воздуха, скорость ветра с высотой быстро возрастает, направление его приближается к направлению изобар.

Химический состав атмосферы. Химический состав атмосферы неоднороден по высоте. По газовому составу вся атмосфера Земли подразделяется на нижнюю (до 100 км) – гомосферу, имеющую состав, сходный с приземным воздухом, и верхнюю – гетеросферу – с неоднородным химическим составом, обусловленным диссоциацией молекул атмосферных газов под воздействием ультрафиолетового излучения Солнца. Характерной чертой этой части атмосферы являются слои озона. Сложная слоистая структура характерна и для атмосферных аэрозолей – взвешенных в атмосфере твердых частиц земного и космического происхождения. Наиболее часто встречаются аэрозольные слои под тропопаузой и на высоте около 20 км.

Основными компонентами атмосферы Земли являются азот и кислород, кроме них имеются также аргон, углекислый газ, неон и другие, постоянные и переменные компоненты. Относительная объемная концентрация постоянных газов, а также сведения о средних концентрациях ряда переменных компонентов (углекислый газ, метан, закись азота и некоторые другие), относящиеся только к нижним слоям атмосферы, приведены в табл. 7.

Наиболее важная переменная составная часть атмосферы – водяной пар. Содержание водяного пара в воздухе меняется в значительных пределах, в отличие от других составных частей воздуха. Это объясняется тем, что при существующих в атмосфере условиях водяной пар может переходить в жидкое и твердое состояние и, наоборот, может поступать в атмосферу заново вследствие испарения с земной поверхности. Основная масса водяного пара сосредоточена в тропосфере, поскольку его концентрация быстро убывает с высотой. С водяным паром в воздухе и с его переходами из газообразного состояния в жидкое и твердое связаны важнейшие процессы погоды и особенности климата. Наличие водяного пара в атмосфере существенно сказывается на тепловых условиях атмосферы и земной поверхности. Водяной пар сильно поглощает длинноволновую инфракрасную радиацию, которую излучает земная поверхность. В свою очередь и сам он излучает инфракрасную радиацию, большая часть которой идет к земной поверхности. Это уменьшает ночное охлаждение земной поверхности и нижних слоев воздуха. На испарение воды с земной поверхности затрачиваются большие количества тепла, а при конденсации водяного пара в атмосфере это тепло отдается воздуху. Облака, возникающие в результате конденсации, отражают и поглощают солнечную радиацию на ее пути к земной поверхности. Осадки, выпадающие из облаков, являются важнейшим элементом погоды и климата. Наконец, наличие водяного пара в атмосфере имеет важное значение для физиологических процессов.

Таблица 7 – Химический состав сухого атмосферного воздуха у земной поверхности

Газ	Объемная концентрация, %	Молекулярная масса
Азот	78,08	28,01
Кислород	20,94	31,99
Аргон	0,93	39,94
Углекислый газ	0,03	44,00
Неон	$1,8 \cdot 10^{-3}$	20,17
Гелий	$5,2 \cdot 10^{-4}$	4,00
Метан	$2 \cdot 10^{-4}$	16,04
Криптон	$1,1 \cdot 10^{-4}$	83,80
Водород	$5 \cdot 10^{-5}$	2,01
Закись азота	$5 \cdot 10^{-5}$	44,01
Ксенон	$8,7 \cdot 10^{-6}$	131,30
Двуокись серы	до $1 \cdot 10^{-4}$	64,06
Озон	до $7 \cdot 10^{-6}$ летом	47,99
	до $2 \cdot 10^{-6}$ зимой	
Двуокись азота	до $2 \cdot 10^{-6}$	46,00
Аммиак	Следы	17,03
Окись углерода	Следы	28,01
Йод	Следы	126,90
Средняя молекулярная масса сухого воздуха		28,96

Изменчивость содержания водяного пара в тропосфере определяется взаимодействием процессов испарения, конденсации и горизонтального переноса. В результате конденсации водяного пара образуются облака и выпадают **атмосферные осадки** в виде дождя, града и снега. Процессы фазовых переходов воды протекают преимущественно в тропосфере.

Большую роль в атмосферных процессах играет озон. Его максимальное содержание наблюдается на высотах 25–30 км; выше оно убывает и на высотах около 60 км сходит на нет. Озон поглощает ультрафиолетовое солнечное излучение, являющееся главным фактором нагревания воздуха в стратосфере. Средние месячные значения общего содержания озона изменяются в зависимости от широты и времени года. Наблюдается увеличение содержания озона от экватора к полюсу и годовой ход с минимумом осенью и максимумом весной.

Существенный переменный компонент атмосферы – углекислый газ, изменчивость содержания которого связана преимущественно с жизнедеятельностью растительности средних (40–70°) широт Северного полушария, промышленными загрязнениями и растворимостью в морской воде (газообменом между океаном и атмосферой). Обычно изменения содержания углекислого газа невелики, но иногда могут достигать заметных значений. В последние десятилетия отмечен последовательный рост содержания углекислого газа, обусловленный промышленным загрязнением, что может иметь влияние на климат вследствие создаваемого углекислым газом **парникового эффекта**.

Один из наиболее оптически активных компонентов – атмосферные аэрозоли – взвешенные в воздухе частицы размером от нескольких *нм* до нескольких десятков *мкм*, образующиеся при конденсации водяного пара и попадающие в атмосферу с

земной поверхности в результате индустриальных загрязнений, вулканических извержений, а также из космоса. Аэрозоли наблюдаются как в тропосфере, так и в верхних слоях атмосферы. Концентрация аэрозолей быстро убывает с высотой.

Радиационный, тепловой и водный баланс атмосферы. Главным источником, от которого Земля и ее атмосфера получают тепловую энергию, является Солнце. Излучение Солнца в виде электромагнитных волн разной длины называется солнечной радиацией. Радиация, приходящая непосредственно от Солнца в виде прямых солнечных лучей, называется прямой. Часть солнечной радиации при прохождении атмосферы поглощается ей, отражается от молекул воздуха, капелек воды, пылинок и рассеивается в разных направлениях. Такая радиация называется рассеянной. Вся солнечная радиация, поступающая к поверхности Земли, т.е. прямая и рассеянная, составляет **суммарную радиацию**. Достигшая поверхности Земли солнечная радиация расходуется на нагревание земной поверхности, испарение и излучение в атмосфере. Поглощение солнечной радиации океаном и сушей существенно различаются. Теплоемкость воды в два раза больше, чем суши. Это значит, что при одинаковом количестве тепла суша нагревается вдвое быстрее воды, а при охлаждении происходит обратное. Кроме того, много тепла затрачивается на испарение воды. На суше прогревается только ее верхний слой, в глубину передается лишь небольшая часть тепла. В воде же лучи нагревают сразу значительную толщу, чему способствует и вертикальное перемешивание воды. В результате вода аккумулирует тепла гораздо больше, чем суша, удерживает его дольше и расходует более равномерно, чем суша. Она медленнее нагревается и медленнее охлаждается.

Величина радиации отраженной от Земли определяется отражательной способностью подстилающей поверхности – **альбедо**. Теплообмен между земной поверхностью и атмосферой определяется **эффективным излучением** – разностью между собственным излучением поверхности Земли и поглощенным ею противозлучением атмосферы. Разность между коротковолновой радиацией, поглощенной земной поверхностью, и эффективным излучением называется **радиационным балансом**. Главная особенность радиационного режима атмосферы – так называемый парниковый эффект: Земля получает энергию от Солнца, в основном, в видимой части спектра, а сама излучает в космическое пространство, главным образом, инфракрасные лучи. Однако многие содержащиеся в ее атмосфере газы – водяной пар, углекислый газ, метан, закись азота и т.д. – прозрачны для видимых лучей, но активно поглощают инфракрасные, что значительно уменьшает теплоотдачу Земли в космическое пространство и повышает ее температуру.

Преобразования энергии солнечной радиации после ее поглощения на земной поверхности и в атмосфере составляют **тепловой баланс Земли**. Главный источник тепла для атмосферы – земная поверхность, поглощающая основную долю солнечной радиации. Поскольку поглощение солнечной радиации в атмосфере меньше потери тепла из атмосферы в мировое пространство длинноволновым излучением, то радиационный расход тепла выполняется притоком тепла к атмосфере от земной поверхности в форме турбулентного теплообмена и приходом тепла в результате конденсации водяного пара в атмосфере. Так как итоговая величина конденсации во всей атмосфере равна количеству выпадающих осадков, а также величине испарения с земной поверхности, приход конденсационного тепла в атмосферу численно равен затрате тепла на испарение на поверхности Земли.

Некоторая часть энергии солнечной радиации затрачивается на поддержание общей циркуляции атмосферы и на другие атмосферные процессы, однако эта часть незначительна по сравнению с основными составляющими теплового баланса.

Растения в процессе фотосинтеза усваивают только часть приходящей энергии Солнца, которая называется **фотосинтетически активной радиацией (ФАР)**. ФАР – световые лучи с длиной волны от 0,38 до 0,71 мкм. Часть ФАР, используемую растениями для фотосинтеза и выраженную в процентах, называют коэффициентом использования ФАР. По А.А. Ничипоровичу, посевы сельскохозяйственных культур по использованию ФАР можно разделить на следующие группы: обычные 0,5 – 1,5%; хорошие – 1,5–3,0; рекордные 3,5–5,0 и теоретически возможные – 6–8%. Величина ФАР зависит от широты местности и на территории России изменяется от 0,4–0,6 млн МДж/га в тундре, до 2,5–2,9 млн МДж/га на Северном Кавказе.

Движение воздуха. Главным фактором, от которого зависит движение воздуха, является неравномерность нагрева атмосферы и поверхности Земли в различных районах.

Система крупномасштабных воздушных течений над земным шаром называется общей **циркуляцией атмосферы**. В тропосфере это пассаты, муссоны, течения воздуха, связанные с циклонами и антициклонами. Так как циркуляция атмосферы обеспечивает широтный перенос воздуха, она является важнейшим климатообразующим фактором. Характер погоды в каждой конкретной местности определяется не только характерным для данной широты взаимодействием атмосферы и подстилающей поверхности, но и процессами циркуляции. Возникновение циркуляции обусловлено различным атмосферным давлением в разных частях Земли, которое в свою очередь определяется неравномерным поступлением солнечной радиации в разных широтах и различными свойствами подстилающей поверхности (особенно большие различия наблюдаются между поверхностями суши и океана). Все структурные параметры атмосферы (температура, давление, плотность) обладают значительной пространственно-временной изменчивостью (широтной, годовой, сезонной, суточной и др.). Циркуляция атмосферы осуществляет перенос масс воздуха, а с ними также тепла и влаги, в результате чего различия в температуре воздуха в разных районах заметно сглаживаются. В результате циркуляции водяной пар переносится с океанов на сушу и происходит увлажнение континентов. Движение воздуха в системе общей циркуляции тесно связано с распределением атмосферного давления и зависит также от вращения Земли. На уровне моря распределение давления характеризуется его понижением у экватора, увеличением в субтропиках (пояса высокого давления) и понижением в умеренных и высоких широтах. При этом над материками вне тропических широт давление зимой обычно повышено, а летом понижено.

Характерной особенностью циркуляции атмосферы является наличие фронтальных зон, разделяющих воздушные массы с разными физическими свойствами, и огромных вихрей – циклонов и антициклонов – порожденных движением этих масс. В зависимости от места формирования различают арктические (в южном полушарии – антарктические), полярные (умеренного пояса), тропические и экваториальные воздушные массы.

Циклон представляет собой область пониженного давления в атмосфере, имеющую поперечник в несколько тысяч километров. Циклон характеризуется системой ветров, дующих от периферии к центру против часовой стрелки в Северном полушарии и по часовой стрелке в Южном. При циклоне преобладает пасмурная погода. Антициклон это область повышенного давления в атмосфере, столь же обширная, как и циклон, но с ветрами, дующими от центра к периферии. Для антициклона характерна малооблачная и сухая погода.

К устойчивым воздушным течениям относятся **пассаты**, которые направлены от субтропических широт обоих полушарий к экватору. Сравнительно устойчивы

также **муссоны** – воздушные течения, возникающие между океаном и материком и имеющие сезонный характер. В верхней тропосфере и нижней стратосфере встречаются сравнительно узкие (в сотни километров шириной) струйные течения, имеющие резко очерченные границы, в пределах которых ветер достигает громадных скоростей – до 100–150 м/сек. Наблюдения показывают, что особенности атмосферной циркуляции в нижней части стратосферы определяются процессами в тропосфере.

В верхней половине стратосферы, где наблюдается рост температуры с высотой, скорость ветра возрастает с высотой, причем летом доминируют ветры восточных направлений, а зимой – западных. Циркуляция здесь определяется стратосферным источником тепла, существование которого связано с интенсивным поглощением озоном ультрафиолетовой солнечной радиации.

В нижней части мезосферы в умеренных широтах скорость зимнего западного переноса возрастает до максимальных значений – около 80 м/сек, а летнего восточного переноса – до 60 м/сек на уровне порядка 70 км. Исследования последних лет ясно показали, что особенности поля температуры в мезосфере нельзя объяснить только влиянием радиационных факторов. Главное значение имеют динамические факторы (в частности, разогревание или охлаждение при опускании или подъеме воздуха), а также возможные источники тепла, возникающие в результате фотохимических реакций (например, рекомбинации атомарного кислорода).

Над холодным слоем мезопаузы (в термосфере) температура воздуха начинает быстро возрастать с высотой. Во многих отношениях эта область атмосферы подобна нижней половине стратосферы. Вероятно, циркуляция в нижней части термосферы определяется процессами в мезосфере, а динамика верхних слоев термосферы обусловлена поглощением здесь солнечной радиации. Однако исследовать атмосферное движение на этих высотах трудно вследствие их значительной сложности. Большое значение приобретают в термосфере приливные движения (главным образом солнечные полусуточные и суточные приливы), под влиянием которых скорость ветра на высотах более 80 км может достигать 100–120 м/сек. Характерная черта атмосферных приливов – их сильная изменчивость в зависимости от широты, времени года, высоты над уровнем моря и времени суток. В термосфере наблюдаются также значительные изменения скорости ветра с высотой (главным образом вблизи уровня 100 км), приписываемые влиянию гравитационных волн. Расположенная в диапазоне высот 100–110 км **турбопауза** резко отделяет находящуюся выше область от зоны интенсивного турбулентного перемешивания.

Наряду с воздушными течениями больших масштабов в нижних слоях атмосферы наблюдаются многочисленные местные циркуляции воздуха (бриз, бора, горно-долинные ветры и др.). Во всех воздушных течениях обычно отмечаются пульсации ветра, соответствующие перемещению воздушных вихрей средних и малых размеров. Такие пульсации связаны с турбулентностью атмосферы, которая существенно влияет на многие атмосферные процессы.

Воздействие сильных ветров на почву является одним из главных факторов ветровой эрозии (дефляции) почв. В ветровой эрозии (**дефляции**) различают пыльные бури (черные бури) и повседневную (местную) ветровую эрозию. Во время пыльных бурь ветры достигают больших скоростей и охватывают огромные территории. На отдельных участках за один - два дня сносится верхний горизонт почвы мощностью до 25 см, уничтожаются посевы на огромных площадях.

Повседневная, или местная, ветровая эрозия почв носит локальный характер и охватывает небольшие площади. Наиболее часто она проявляется на песках и площадях с легкими почвами, а также на карбонатных суглинистых почвах. Местная ветро-

вая эрозия проявляется и зимой, когда сильные ветры сдувают снег. В этом случае почва на оголенных участках, прежде всего на выпуклых склонах, быстро теряет влагу и разрушается воздушными потоками.

Пыльная буря, сильный ветер, способный переносить миллионы тонн пыли на расстояние до нескольких тысяч километров. Пыльные бури возникают обычно в теплое время года в пустынях, полупустынях и распаханых степях при пересыхании почвы, в условиях слабого развития растительности или отсутствия ее. Пыльные бури известны в США, Китае, Египте, России, на юге Украины, в равнинных районах Казахстана и Средней Азии и некоторых других странах.

На территории нашей страны условия для проявления ветровой эрозии почв чаще всего возникают на южной или юго-западной периферии антициклонов или между антициклоном и углубляющимся циклоном в так называемой штормовой зоне движущейся воздушной массы. Пыльные бури, приуроченные к штормовой зоне, называют внутримассовыми. Для них характерны наибольшие интенсивность и продолжительность. Менее продолжительные пыльные бури возникают в зоне усиления ветра перед движущимися холодными фронтами. Их называют фронтальными пыльными бурями. Особенно сильные пыльные бури возникают при нерациональной распашке земель. Пыльные бури приносят огромные убытки сельскому хозяйству, засыпая посевы и уничтожая на значительных пространствах поверхностный слой почвы, вызывают заносы на железных дорогах и т.д. Борьба с пыльными бурями проводится с помощью защитных лесных полос, снего- и водозадержания и других агротехнических мероприятий.

Климат и погода. Различия в количестве солнечной радиации, приходящей на разные широты земной поверхности, и сложность ее строения, включая распределение океанов, континентов и крупнейших горных систем, определяют разнообразие климатов Земли.

Климатом называют метеорологические параметры, характерные для какой-либо территории в течение продолжительного времени. Эти параметры могут меняться от одного многолетнего промежутка времени к другому. Кроме общего понятия «климат» различают:

- **макроклимат** – климат обширных пространств земной поверхности, формирующийся под воздействием климатообразующих факторов крупного пространственного масштаба;
- **мезоклимат** – местный климат, климатические условия, свойственные определенному ограниченному району на земной поверхности;
- **микроклимат** – это климат небольшой территории внутри обширной климатической зоны. Обладая общими для всей зоны основными чертами, климат такой ограниченной территории отличается некоторыми особенностями, которые свойственны только этой территории, например, микроклимат склона холма, опушки леса, лесной полосы в степи, берега озера, площади города. Микроклимат отражает те особенности климата данного места, которые отличаются от климата смежных территорий или от общих климатических характеристик данной области.

Климат тропических широт характеризуется высокими температурами воздуха у земной поверхности (в среднем 25–30°С), которые мало меняются в течение года. В экваториальном поясе обычно выпадает большое количество осадков, что создает там условия избыточного увлажнения. В тропиках, за пределами экваториального пояса, количество осадков уменьшается и в ряде областей субтропического пояса высокого давления становится очень малым. Здесь расположены обширные пустыни Земли.

В субтропиках и умеренных широтах температура воздуха значительно меня-

ется в годовом ходе, причем разница между температурой зимы и лета особенно велика в удаленных от океанов районах континентов. Так, например, в некоторых областях Восточной Сибири температура наиболее холодного месяца на 65° С ниже температуры наиболее теплого. Условия увлажнения в указанных широтах очень разнообразны и в основном зависят от режима общей циркуляции атмосферы.

В полярных широтах, при наличии заметных сезонных изменений температуры, она остается низкой в течение всего года, что способствует широкому распространению ледяного покрова на суше и океанах.

Погода – состояние атмосферы в данном месте Земли в определенный момент. Это состояние определяется динамикой атмосферы, физико-химическими процессами в ней и ее взаимодействием с поверхностью Земли и с космическим пространством. Погода может быть описана определенными метеорологическими показателями.

На фоне сравнительно устойчивого климата происходит постоянное изменение погоды, определяемой в основном общей циркуляцией атмосферы. Погода наиболее устойчива в тропических странах и наиболее изменчива в околополярных областях, в частности на севере Атлантического и Тихого океанов, где проходят пути многих циклонов. Анализ причин изменения погоды лежит в основе методов прогноза погоды, опирающихся на построение ежедневных синоптических карт. Все более широкое распространение приобретают численные методы прогноза, основанные на решении гидродинамических и термодинамических уравнений, описывающих движение атмосферы.

Активные воздействия на атмосферные процессы. Большое научное и практическое значение имеет проблема активных воздействий на атмосферные процессы с целью изменения погоды и климата. Работы в этом направлении, впервые (в 1950-х гг.) начатые в Советском Союзе, уже привели к созданию методов воздействия на некоторые атмосферные процессы. Так, в частности, рассеяние в облаках некоторых реагентов изменяет развитие грозных облаков и предотвращает выпадение града, который приносит большие убытки сельскому хозяйству. Разработаны методы рассеяния туманов, защиты растений от заморозков, ведутся экспериментальные работы по воздействию на облака для увеличения количества осадков. Большинство применяемых сейчас методов воздействия на атмосферные процессы основано на возможностях управления неустойчивыми процессами, динамика которых может быть изменена при затратах сравнительно небольших количеств энергии и реагентов.

Наряду с активными воздействиями заметные изменения в метеорологических условиях достигаются такими мелиоративными мероприятиями, как орошение, полевое лесоразведение, осушение заболоченных районов. Эти изменения, однако, в основном ограничиваются нижним (приземным) слоем воздуха. Кроме направленных воздействий на погоду и климат, ряд аспектов деятельности человека оказывает определенное влияние на климатические условия. Так, в частности, в последние годы значительно усилилось загрязнение атмосферы пылью и различными газами, выбрасываемыми промышленными предприятиями. В связи с этим во многих странах проводят работы по контролю за загрязнением воздуха и по ограничению выбросов в атмосферу загрязняющих веществ. Быстрый рост энергетики приводит к дополнительному нагреванию атмосферы, которое в сравнительно близком будущем может привести к изменениям климата на больших территориях. Можно думать, что в ближайшее время значительно усилится контроль человека над атмосферными процессами для изменения их в благоприятном направлении и предотвращения последствий, вредных для хозяйственной деятельности.

Вопросы и задания

1. Какие слои выделяются в атмосфере?
2. Какова мощность (высота над уровнем Земли) тропосферы?
3. Какие особенности нижней части (до высоты 30–50 м) тропосферы?
4. Как влияет земная поверхность на нижние слои тропосферы?
5. Сколько содержится в атмосферном воздухе азота, кислорода и углекислого газа?
6. Какой градиент температуры с высотой?
7. Из каких статей складывается тепловой баланс атмосферы?
8. Из каких статей складывается водный баланс атмосферы?
9. Из каких статей складывается радиационный баланс атмосферы?
10. Дайте определение климата.
11. Дайте определение погоды.
12. Какая часть фотосинтетически активной радиации (ФАР) используется растениями?
13. Что такое циклон и антициклон?
14. Назвать основной источник углекислого газа в атмосферном воздухе.
15. Назвать основной источник кислорода в атмосферном воздухе.

5. Природные воды как компонент ландшафта

5.1. Общая характеристика гидросферы

Вода – важнейшее вещество биосферы, без которого невозможна жизнь на Земле. В VII–VI веках до нашей эры Фалес Милетский писал: «Вода – вот первооснова всего сущего. Из воды вещи зарождаются в самом начале и в нее превращаются при окончательном уничтожении, причем первооснова остается неизменной, а меняются только ее состояния».

Первичный Океан возник около 3 млрд 760 млн лет назад. Вода же, как химическое вещество, безусловно, гораздо старше. Подлинный возраст земных молекул воды, по-видимому, заключен в тех же пределах, что и возраст Земли.

Гидросфера, или природные воды – важная составная часть ландшафтов. Вода в ландшафтах может присутствовать в трех фазовых состояниях. Наличие более или менее обводненных территорий резко дифференцирует ландшафтную оболочку Земли на наземные (суша) и водные геосистемы (аквальные ландшафтные комплексы).

Вода обладает рядом уникальных свойств:

- является средой жизни живых организмов;
- определяет пространственную структуру белков, липидов и нуклеиновых кислот и, следовательно, структуру и функции клеточных структур;
- служит средой для осуществления физико-химических процессов;
- осуществляет функцию растворителя различных веществ;
- играет ведущую роль в тепловом балансе земной поверхности;
- служит механизмом миграции вещества и энергии в ландшафтах;
- обладает структурно-информационными свойствами.

Вода имеет огромное значение в хозяйственной деятельности человека. Среди основных отраслей водопользователей можно отметить гидроэнергетику, морской и речной транспорт, рыбное хозяйство, рекреационное хозяйство. Основные водопотребители – сельское хозяйство (орошение), питьевая вода, нефтедобыча, легкая промышленность и т.п.).

Площадь поверхности Земли равна 510 млн км², из них на долю Мирового

океана приходится 71% (361 млн км²). Если площадь поверхности суши (149 млн км²) принять за 100%, то воды суши составляют 15%, из которых 11% приходится на ледники, 4% на озера. В Северном полушарии океан занимает 61% поверхности, в Южном – 81%.

Наибольшее количество воды сосредоточено в Мировом океане (табл. 8) (свыше 90%). Примерно одинаковое количество воды сосредоточено в ледниках и подземных водах (около 2% каждого вида). Наименьшее количество воды сосредоточено в реках суши (0,0002% от общего объема). Однако, принимая во внимание, что в процессе круговорота воды он возобновляется 23 раза в год, фактические ресурсы речных вод могут быть оценены в 47 тыс. км³/год.

Гидросфера – водная оболочка Земли, включая подземные воды, воду атмосферы и живых организмов. Гидросферу, закономерности формирования гидрологического режима изучает наука **гидрология**.

Таблица 8 – Структура гидросферы и мировые запасы воды в ее различных звеньях

Части гидросферы	Объем воды, млн км ³	В % от общего объема
Мировой океан	1340,74	96,49
Воды на поверхности суши		
Ледники и постоянный снежный покров	24,84	1,74
Озера и болота	0,19	0,0137
Речные воды	0,002	0,0001
Почвенная влага	0,02	0,001
Подземные воды	23,4	1,68
Подземные льды зоны вечной мерзлоты	0,3	0,022
Биологическая вода	0,001	0,0001
Вся гидросфера	1389,53	100

Гидрология подразделяется на общую гидрологию и частные разделы (гидрография, гидрометрия, гидрофизика, гидрохимия, инженерная геология). В общую гидрологию входят океанология (гидрология океанов и морей), гидрология подземных вод (гидрогеология) и гидрология водных объектов суши – гидрология рек, озер, водохранилищ, болот, ледников. Гидрология тесно связана со смежными науками – физико-географическими (метеорология и климатология, геоморфология, почвоведение) и фундаментальными (биология, физика, химия, математика).

5.2. Основные компоненты и факторы формирования химического состава природных вод

Состав природных вод разнообразен, в него входит:

- собственно вода – соединение состава H₂O;
- ионы – от макро- до микроэлементов;
- недиссоциированные молекулы;
- коллоиды (гидроксиды железа, алюминия, кремния и др.);
- органические (гуминовые) соединения – окрашивают воду в желтовато-коричневый цвет (торфяные озера);
 - механические примеси (взвешенные частицы);
 - растворенные газы (в пресных и солоноватых водах – O₂, H₂, CO₂, N₂, H₂S, CH₄, Rn, Ar);
 - живое вещество (бактерии и др.).

Химический состав природных вод зависит от:

- состава атмосферных и поверхностных вод;
- состава вмещающих горных пород, с которыми взаимодействует вода;
- хозяйственной деятельности человека.

Большинство химических элементов мигрирует в ионных, молекулярных и коллоидных водных растворах. Важнейшими компонентами вод ландшафта являются растворенные газы – кислород O_2 , углекислый газ CO_2 , сероводород H_2S .

Значительная часть растворенных веществ находится в виде ионов, среди которых преобладают $Ca^{2+} > Mg^{2+} > Na^+$; $HCO_3^- > SO_4^{2-} > Cl^-$. Природные воды содержат также ионы H^+ и OH^- , роль которых в ландшафте, несмотря на низкое содержание (10^{-5} – 10^{-8} г/л), чрезвычайно велика.

Кроме ионов, растворенные в воде вещества находятся в форме молекул и коллоидных частиц. Особенно велика роль растворенного органического вещества. Также важна миграция веществ во взвешенном состоянии. Почти все воды ландшафта содержат живое вещество.

Водная миграция осуществляется диффузией, фильтрацией или смешанным путем. Диффузия имеет место в застойных или очень малоподвижных водах (болотные, иловые воды, растворы элювиальных почв, коры выветривания, водоносных горизонтов). Диффузные процессы особенно характерны для глин, они нередко приводят к их обессоливанню (диффузное выщелачивание), при этом ионы мигрируют с различной скоростью (например, хлориды быстрее сульфатов). Диффузия характеризуется малой скоростью, и в ландшафте с его активным водообменом имеет подчиненное значение. Здесь более распространена фильтрация, с которой связано растворение, ионный обмен (сорбция), осаждение солей и многие другие явления. Поведение химических элементов в водных растворах определяется следующими параметрами:

1. Щелочно-кислотные условия, pH;
2. Окислительно-восстановительные условия (наличие или отсутствие свободного кислорода), Eh;
3. Температура, давление;
4. Сорбционная способность – возможность элемента поглощать минеральные или органические частицы или отдавать их в результате обменных процессов;
5. Способность элемента взаимодействовать с живым веществом.

По величине реакции среды природные воды делятся на четыре группы:

1. Сильнокислые (pH < 3) – связаны с существованием в водах свободной серной кислоты (в вулканических ландшафтах – соляной кислоты).
2. Слабокислые (pH 3,0–6,5) – связаны с органическими кислотами и углекислым газом.
3. Нейтральные и слабощелочные (pH 6,5–8,5) – связаны с наличием ионов кальция и HCO_3^- .
4. Сильнощелочные (pH > 8,5) – связаны с присутствием в растворе соды.

Катионогенные элементы, образующие в растворах катионы (Ca, Mg, Na, K, Sr, Rb, Cu, Zn, Cd), более подвижны в кислых средах; **анионогенные элементы** (S, Cl, N, C, P, Se, Mo, Si, As, V, Cr, Br, I) – в щелочных средах. Те и другие менее подвижны в нейтральных водах. Миграция Na, Li, Br, I почти не контролируется pH.

Большинство металлов находится в природных водах не в виде простых ионов (Fe^{2+} , Fe^{3+} и т.д.), а в виде различных комплексов ионов типа $Fe(OH)^{2+}$, $Fe(OH)_2^+$ и т.д. Миграция металлов в форме органических комплексов характерна для тайги, тундры и других ландшафтов влажного климата.

Важнейшими окислителями в природных водах ландшафтов служат свободный кислород атмосферы, трехвалентное железо, четырехвалентный марганец и т.д. Важнейшими восстановителями являются органические вещества (органические кислоты и др.), двухвалентное железо и газообразный водород.

При изучении окислительно-восстановительных процессов важно учитывать величину E_h – **окислительно-восстановительный потенциал**, который характерен для данной природной системы с ее конкретными величинами концентрации, pH и температуры, а также E_o – «стандартного потенциала» данной реакции. E_h и E_o измеряются в милливольтгах.

Высокий кларк железа и легкая индикация его окисленных и восстановленных соединений (смена окраски) делает удобным положить его поведение в основу выделения окислительно-восстановительных обстановок природных вод ландшафта. Различают три основные обстановки:

- **Окислительная** – характеризуется присутствием в водах свободного кислорода, поступающего из воздуха за счет естественной растворимости или за счет фотосинтеза водных растений. E_h здесь выше 0,15, часто выше 0,4 В; железо находится в форме Fe^{3+} . Кислородные воды *обладают высокой окислительной способностью*, в них осуществляется микробиологическое окисление органических веществ до углекислого газа и воды, протекают различные реакции окисления неорганических веществ – двухвалентных железа, марганца и др.

- **Восстановительная глеевая обстановка (без H_2S)** – создается в пресных водах, не содержащих или содержащих мало свободного кислорода и богатых органическими остатками. Микроорганизмы окисляют органические вещества за счет кислорода органических и неорганических соединений. В водах много CH_4 , CO_2 , Fe^{2+} , H_2 , Mn^{2+} . В почвах, осадках и коре выветривания развивается оглеение. Этот тип восстановительной обстановки характерен для болот влажно-тропической, тундровой, таежной и лесостепной зон. E_h ниже 0,4 В, местами ниже 0.

- **Восстановительная сероводородная обстановка (с H_2S)** создается в бескислородных водах, богатых SO_4^{2-} , где микробиологическое окисление органических веществ осуществляется частично за счет восстановления сульфатов (десульфуризация). Происходит осаждение минералов, образующих нерастворимые сульфиды. Величины E_h обычно ниже 0 (до -0,5 В). Такая восстановительная обстановка характерна для солончаков и илов соленых озер степей и пустынь, для глубоких горизонтов подземных вод некоторых районов.

В природных ландшафтах происходит закономерная смена окислительно-восстановительных условий, образуется **окислительно-восстановительная зональность**. Наиболее восстановительные условия возникают в местах энергичного разложения органических веществ (горизонты А почв, верхняя часть илов, водоносные горизонты и т.д.). В сторону от этих горизонтов E_h растет, причем более окислительные условия наблюдаются глубже восстановительных (например, в горизонте В почв). С изменением окислительно-восстановительных условий связано формирование различных геохимических барьеров.

В разных ландшафтных условиях формируются воды с разными кислотно-щелочными и окислительно-восстановительными свойствами. Последние определяют неодинаковые условия водной миграции и концентрации разных химических элементов в ландшафтах. А.И. Перельман предложил классификационную схему природных вод по особенностям миграции тех или иных химических элементов (табл. 9).

Таблица 9 – Геохимические классы вод, встречающиеся в ландшафтах

Щелочно-кислотные условия	Окислительно-восстановительные условия		
	кислородные	глеевые	сероводородные
Кислые и слабокислые (рН 3,5-6,5)	Кислые окислительные	Кислые глеевые	Кислые сероводородные
Нейтральные и слабощелочные (рН 6,5-8,5)	Нейтральные и слабощелочные окислительные	Нейтральные и слабощелочные глеевые	Слабощелочные сероводородные
Сильнощелочные (рН 8,5)	Содовые сильнощелочные окислительные	Содовые глеевые	Содовые сероводородные

Особый интерес представляют коллоидные растворы природных вод. Одним из важнейших свойств коллоидов является сорбция, т.е. способность поглощать различные вещества из окружающей среды. В ландшафтах наиболее распространены отрицательно заряженные коллоиды, способные поглощать и обменивать катионы. Гумусовые вещества, глинистые минералы, гель кремнекислоты, гидроксиды марганца могут сорбировать кальций, магний, калий, тяжелые металлы. В местах встречи вод, содержащих сорбенты, в ландшафтах возникают **сорбционные барьеры**.

Для характеристики интенсивности водной миграции элементов был предложен безразмерный **коэффициент водной миграции** (Смит, Польшов, Перельман), равный отношению содержания элемента X в минеральном остатке воды к его содержанию в горных породах, дренируемых этими водами. Так как содержание элемента X в водах (m_x) обычно измеряется в граммах на литр, а его содержание в породах (n_x) – в процентах, то расчетная формула для K_x имеет следующий вид:

$$K_x = 100 m_x / a n_x \quad (2)$$

где a – минерализация вод, г/л. Этот коэффициент для различных элементов принимает значения от 0,0001 до 1000.

Для оценки интенсивности водной миграции используются следующие четыре градации (в окислительной обстановке):

- очень подвижные мигранты (очень сильная миграция): Cl, I, Br, S;
- легкоподвижные мигранты (сильная миграция): Ca, Mg, Sr, Zn, U;
- подвижные мигранты (средняя миграция): Co, Si, P, Cu, Mn, K;
- слабоподвижные и инертные мигранты (слабая и очень слабая миграция):

Fe, Al, Ti, Os, Pt, Sn и многие другие элементы, содержащиеся в трудноветриваемых первичных минералах.

В восстановительной обстановке подвижность некоторых элементов меняется, например элементы Zn, U, Cu, Ni, Co становятся менее подвижными, образуют сульфиды. Элементы Al, Ti, Zr в любой среде малоподвижны.

В природе наблюдается явление понижения земной поверхности за счет выноса растворенных веществ с поверхностным и подземным стоком. Этот процесс называется **химической денудацией**, главным параметром которого служит **показатель ионного стока**.

Важной характеристикой химического состава природных вод является общая минерализация. **Минерализация** – это содержание в воде растворенных минеральных веществ, выраженное в мг/л или г/м³ (М, $\sum_{\text{ионов}}$). Соленость – содержание в воде растворенных минеральных веществ, выраженное в г/кг или в промилле.

Пресная вода, от которой зависит функционирование наземных биогеоценозов и ландшафтов, содержит менее 0,01% солей. В настоящее время в России сосредоточено 20–25% мировых запасов пресной воды.

Природные воды по степени минерализации можно разделить на следующие типы:

- **пресные воды.** Минерализация 0–1000 мг/г, соленость 0–1. Пресные воды содержат большинство рек, озер и подземных вод. Пресные воды являются питьевыми;
- **солончатые воды.** Минерализация 1000–24700 мг/л, соленость 1–24,7. Каспийское море (11–12), Балтийское море (8–9);

- **солёные воды.** Солёность 25–50; 0,1 %;

- **рассолы.** Солёность > 50. Озеро Баскунчак, Мертвое море, залив Кара-Богаз-Гол.

По своему солево-катионному составу природные воды подразделяются на классы (по преобладающему аниону) и группы (по преобладающему катиону):

- класс гидрокарбонатных вод (HCO_3^-) – преобладает в речной воде;

- класс хлоридных вод (Cl^-) – преобладает в морской воде;

- класс сульфатных вод (SO_4^{2-});

- кальциевая группа (Ca^{2+}) – преобладает в речной воде;

- натриевая группа (Na^+) – преобладает в морской воде;

- магниевая группа (Mg^{2+});

- калиевая группа (K^+).

Жесткостью называют свойства воды, обусловленные присутствующими в ней ионами Ca^{2+} и Mg^{2+} и некоторыми другими веществами, например NaCl и Fe_2CO_3 . Питьевая вода не должна иметь жесткость выше 7 мг-экв/л.

Общая жесткость измеряется в мг-экв/л и количественно равна сумме содержания ионов кальция и магния. Классификация природных вод по общей жесткости приведена в табл. 10.

Таблица 10 – Классификация природных вод по общей жесткости

Жесткость, мг-экв/литр	
Очень мягкая	Менее 1,5
Мягкая	1,5-3
Умеренно жесткая	3-6
Жесткая	6-9
Очень жесткая	Более 9

5.3. *Круговорот воды*

Круговорот воды объединяет все водные ресурсы планеты в общую физическую систему. Солнечная энергия и земное притяжение постоянно перемещают воду между океанами, атмосферой, сушей и живыми организмами. Испаряясь с поверхности океана, вода поднимается в атмосферу, насыщая ее водяными парами, часть которых переносится воздушными течениями на сушу. При охлаждении водяные пары конденсируются и выпадают на поверхность земли в виде дождя и снега. Осадки просачиваются сквозь почву, пополняя запасы почвенной влаги, грунтовых и подземных вод, стекают в реки и озера и в конечном счете возвращаются в океан или испаряются с поверхности суши и снова поступают в атмосферу (рис. 1).

В отличие от других естественных ресурсов вода непрерывно перемещается во времени и пространстве, переходит из одного вида в другой. Океанические и морские

течения, сток рек и движение подземных вод, перенос водяных паров в атмосфере, движение воды в живых организмах – все это звенья взаимосвязанного и взаимообусловленного круговорота воды на Земле.

Скорости перемещения отдельных видов воды существенно различаются между собой, а для ее полного возобновления (смены всей массы) требуется разное время: полярные ледники, вечные снега, подземные воды – 10 000 лет; мировой океан – 2500 лет; ледники горных районов – 1600 лет; глубинные подземные воды – 1400 лет; воды озер – 17 лет; воды болот – 5 лет; почвенная влага – 1 год; воды русел – 16 дней; атмосферная влага – 8 дней; биологическая вода – несколько часов.

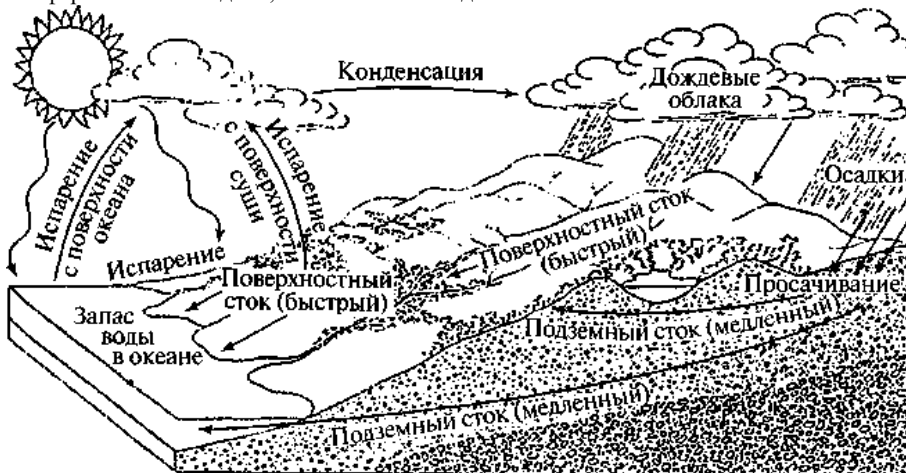


Рис. 1. Упрощенная диаграмма круговорота воды (Миллер, 1993)

Медленнее всего возобновляется вода, заключенная в ледниках и подземных льдах. Именно в ледниках сосредоточены наибольшие запасы пресной воды (свыше 24 млн км³, 68,5% от общих запасов). Максимальные запасы льда (21,6 млн км³) находятся в Антарктиде, в Гренландии лежит 2,3 млн км³ льда. Остальные запасы составляют ледники горных районов земных материков и островов Арктики.

Под влиянием солнечной радиации с открытой водной поверхности, ледового и снежного покрова, почвы и растительности за год испаряется в среднем 518 тыс. км³ воды. Основным источником поступления влаги в атмосферу является Мировой океан, с поверхности которого испаряется 447,9 тыс. км³ или 84% от общего количества испарившейся влаги. С поверхности суши испаряется 70,7 тыс. км³ (13%). Большая часть воды испаряется с Мирового океана и выпадает над океаном, этот процесс называется **малым круговоротом воды**. Другая часть (107 тыс. км³) участвует в **большом круговороте воды**, основными звеньями которого являются переносимая с океана вода, выпадающая в виде осадков, преимущественно над сточными областями (99,3 тыс. км³), а 8,7 тыс. км³ – над бессточными территориями суши, где в результате испарения снова выпадает в атмосферу.

Природные воды представляют собой как скопления природных вод на земной поверхности, так и в толще грунтов. Природные воды характеризуются определенным гидрологическим режимом.

5.4. Характеристика гидрографической сети

Водные объекты можно разделить на:

- водотоки (текут по руслу, вдоль уклона) – реки, ручьи, каналы;
- водоемы (замедленный водообмен) – океаны, моря, озера, водохранилища, болота;
- особые водные объекты – ледники, подземные воды.

Совокупность всех водных объектов в пределах какой-либо территории называется **гидрографической сетью**.

Реки. Река представляет собой водоток значительных размеров, питающийся атмосферными осадками со всего водосбора и имеющий четко выраженное самим потоком русло. Обычно к рекам относят постоянные и относительно крупные водотоки с площадью бассейна не менее 50 км². Водотоки меньшего размера называются ручьями. К рекам не относятся временные водотоки, не имеющие водосбора (например, сформированные приливами реки приморских районов), каналы.

Реки – важнейшее звено круговорота воды на земле. Годовой объем речного стока составляет 35 560 км³ (около 1/3 выпадающих на суше осадков). Реки ежегодно переносят около 24 млрд т минеральных веществ, из них 13 млрд т в виде взвешенного материала, остальное в растворенном состоянии.

Процесс стекания воды с водосборов вместе с содержащимися в ней веществами и теплом называется **речным стоком**. Речной сток является важнейшим элементом материкового звена глобального круговорота воды и веществ и, следовательно, играет большую роль в круговороте вещества и энергии на Земле. Это объясняется очень небольшим периодом условного возобновления запасов воды. Реки – важный элемент ландшафта, заметно влияющий на его структуру. Привнесенные реками наносы образуют в долинах рек, в их дельтах аллювиальные равнины – уникальные природные ландшафты.

Для территории РФ характерно неравномерное распределение стока. 84% ресурсов поверхностных вод приходится на бассейны Северного Ледовитого и Тихого океанов (3030 и 950 км³/год, соответственно). В них впадают крупнейшие реки России Енисей, Лена, Обь, Амур (табл. 11).

На южные и юго-западные районы (бассейны Черного и Азовского морей) приходится всего 16% ресурсов поверхностного стока.

Другим природным фактором, вызывающим водные проблемы, является неравномерное распределение стока по сезонам года. Для большинства рек европейской части России, Западной и Восточной Сибири, а также Дальнего Востока свыше 2/3 стока проходит за 2–3 месяца весеннего половодья. В засушливых районах страны сток рек в маловодные годы может составлять 3–4% от стока в средний по водности год.

Таблица 11 – Водные ресурсы крупнейших рек России

Река	Средний годовой сток		Длина, км
	км ³	тыс. м ³ /с	
Енисей	630	19,9	5940
Лена	532	16,8	4270
Обь	404	12,8	5570
Амур	344	10,9	4060
Волга	254	8,0	3690
Печора	130	4,1	1790
Колыма	127	4,0	2600
Северная Двина	109	3,5	1310
Нева	78	2,5	74
Камчатка	33	1,0	700
Дон	28	1,0	1970

По размеру реки подразделяются на большие реки (площадь бассейна более 50 тыс. км²); средние реки (площадь бассейна 2– 50 тыс. км²); малые реки (площадь бассейна менее 2 тыс. км²).

Бассейн большой реки обычно располагается в нескольких природных зонах, поэтому ее гидрологический режим полизонален. Средние реки редко выходят за пределы одной зоны, их гидрологический режим зонален. Несмотря на то, что малые реки также располагаются в пределах одной географической зоны, их гидрологический режим может формироваться под влиянием местных условий и быть аazonальным.

По условиям протекания реки делятся на равнинные, полугорные и горные. У равнинных и полугорных рек наблюдается спокойный характер течения воды, у горных – бурный.

По источникам (видам) питания реки подразделяются в зависимости от доли снегового, ледникового, дождевого и подземного питания в формировании речного стока. Также выделяют различные типы рек по их водному режиму (реки с весенним половодьем, с половодьем в теплую часть года, с паводковым режимом), по степени устойчивости русла (устойчивые и неустойчивые), по ледовому режиму (замораживающие и незамерзающие).

Речной бассейн можно рассматривать как совокупность водосбора и бассейна реки. **Водосбор реки** – это часть земной поверхности, толщи почв и грунтов, откуда река получает свое питание. Поверхностный и подземный водосборы реки могут не совпадать. **Бассейн реки** представляет собой часть суши, включающую данную речную систему и ограниченную водоразделом. Как правило, границы водосбора и речного бассейна совпадают, но нередки случаи их несовпадения. Так, в пределах бассейна могут располагаться бессточные области, не входящие в водораздел (засушливые районы с плоским рельефом).

Главный водораздел земного шара разделяет бассейны Тихого и Индийского с одной стороны и Атлантического и Северного Ледовитого океанов с другой стороны.

Для речного бассейна можно составить уравнение водного бассейна, приходную часть которого составляют атмосферные осадки, подземный приток и искусственный поверхностный приток из-за пределов бассейна. В расходной части баланса – поверхностный и подземный стоки за пределы бассейна и испарение.

Закономерно повторяющиеся изменения уровня воды в реке, расхода воды, скорости течения составляют водный режим реки. К фазам водного режима относятся половодье (ежегодно повторяющаяся в данных климатических условиях в один и тот же сезон, наибольшая водность, высокий и продолжительный подъем уровня воды), паводок (может многократно повторяться в различные сезоны года, интенсивное кратковременное увеличение расхода и уровня воды из-за дождей, снеготаяния во время оттепели) и межень (ежегодно повторяющаяся в один и тот же сезон, малая водность, длительное стояние низкого уровня, возникает из-за уменьшения питания реки).

Озера. Озеро – это водоем с замедленным водообменом. Озера обычно имеют выровненный под воздействием волнений поперечный профиль берега и не имеют непосредственной связи с океаном.

Общая площадь озер земного шара около 2,7 млн км² (1,8% суши). Крупнейшее озеро – Каспийское море, глубочайшее озеро – озеро Байкал. Озера располагаются на различных абсолютных высотах, например, озеро Арпорт в Тибете – на высоте 4400 м, Мертвое море в Палестине – на 392 м ниже уровня моря.

Происхождение озер может быть различно, известны озера тектонического и вулканического происхождения, озера в кратерах, метеоритные, ледниковые, моренные и приледниковые озера, озера карстовые, термокарстовые, пойменные (старичные и др.), органического происхождения.

По размеру озера делятся на: очень большие (площадь более 1000 км²); большие (площадь 100 – 1000 км²); средние (площадь 10–100 км²); малые (площадь менее 10 км²).

Ложе озера делится на **литораль** – мелководную прибрежную часть, **профундаль** – более глубокую часть, где солнечная освещенность не достаточна для процессов фотосинтеза, **пелагиаль** – поверхностный слой воды открытых вод, в достаточной степени освещенный солнцем, **бенталь** – дно озера, населенное редуцентами, подающими детрит.

По типу водного баланса озера делятся на сточные и бессточные. В водном балансе и режиме озер ведущую роль играет географическая зональность. В районах с достаточным увлажнением приход и расход воды происходит за счет стока. Вода озер засушливых районов тратится на испарение, что обуславливает бессточный баланс.

Озера существенно различаются по минеральному составу воды в зависимости от географической зональности. В зонах умеренного климата преобладают пресные озера (до 1 % солей преимущественно гидрокарбонатного состава). В районах с аридным климатом преобладают соленые и солоноватые озера с сульфатно-хлоридным составом солей.

По содержанию питательных веществ озера подразделяются на пять типов:

- дистрофные – плохо развитая растительность с большим количеством гумусовых веществ;
- олиготрофные – глубокие озера с низкой продуктивностью;
- мезотрофные – оптимальное состояние водоемов в теплый период года;
- эвтрофные – повышенное поступление биогенных элементов;
- гипертрофные – очень сильное поступление биогенных элементов. На дне озер отлагаются минеральные и органические вещества.

Материалы, приносимые в озеро, называют **аллохтонными**, а образующиеся в самом водоеме в результате разрушения берегов, отмирания растений и животных, химического связывания веществ из растворов – **автохтонными**.

Подземные воды. Подземные воды сосредоточены в толще литосферы в свободном и связанном состоянии, возобновляются очень медленно. Естественные запасы подземных вод на глубине до 2 км оцениваются в 23,4 млн км³.

Выделяют зону аэрации и зону насыщения грунтовых вод. В зоне насыщения поры всегда заполнены водой, в зоне аэрации – только после дождя. Воды зоны насыщения делятся на напорные (артезианские) и безнапорные (грунтовые).

Грунтовые воды – это подземные воды первого от поверхности постоянно существующего водоносного горизонта, залегающего на первом водоупорном пласте. **Артезианские воды** – это напорные подземные воды, залегающие в водоносных горизонтах между водоупорными пластами.

Обмен подземных вод определяется скоростью их фильтрации через водоносные горизонты. Фильтрация – это движение свободной (гравитационной) воды по порам и трещинам в сторону уклона поверхности водоносного горизонта или уменьшения напора под действием силы тяжести и гидростатического давления. Наиболее активно фильтрация и водообмен идет в верхних наиболее дренированных слоях земной коры (до 300–600 м).

Почвенно-грунтовые воды относятся к важнейшим абиотическим компонентам ландшафта, поскольку являются основным агентом перемещения веществ во взвешенном и растворенном состоянии между сопряженными элементами ландшафта, что обуславливает геохимические потоки в коре выветривания и почвах.

При оценке подземных вод различают естественные и эксплуатационные ресурсы. К естественным ресурсам подземных вод относят ежегодно восполняемый приток, к

эксплуатационным ресурсам относится количество воды, которое получают из водоносных горизонтов без снижения зеркала (уровня) воды и ухудшения ее качества. В Западной Сибири (между Уральским и Енисейским кряжами) обнаружен крупнейший в мире артезианский бассейн площадью 3 млн км². Значительные запасы подземных вод, находящихся в европейской части страны приходится на Московский и Азово-Кубанский артезианские бассейны.

Почвенно-грунтовые воды (почвенная верховодка) формируются в пределах почвенного профиля на плотных горизонтах почв (чаще всего на иллювиальных). Они способны стекать вниз по склону, образуя внутрпочвенный сток. Расход воды на внутрпочвенный сток может достигать 10–25% от общего количества атмосферных осадков. Почвенная верховодка может существовать от одной недели до 2–3 мес. Она оказывает большое влияние на дифференциацию почв в пределах склона и геохимические особенности элементарных ландшафтов. К почвенно-грунтовым водам относятся также фунтовые воды в понижениях рельефа, в нижних частях склонов, в поймах рек, которые залегают в пределах почвенного профиля. В зоне тундры и в областях вечной мерзлоты такие воды являются преобладающими. Области питания и распространения этих вод совпадают, напор отсутствует. Летом колодцы с верховодкой часто пересыхают, зимой – промерзают. Эта группа вод широко распространена в степях на водораздельных пространствах в виде прерывистых, а иногда и более мощных линз в порах песчаных слоев.

Грунтовые воды формируются в рыхлых отложениях на слое водонепроницаемых пород выше базиса эрозии. Области питания и распространения у них могут совпадать (открытые грунтовые воды), водоупорная кровля отсутствует. Выше них залегают капиллярная кайма и пояс аэрации. Режим открытых грунтовых вод подвержен сильным сезонным колебаниям, связанным с режимом атмосферных осадков.

Если грунтовые воды прикрыты водонепроницаемыми породами, то область их питания находится за пределами области распространения. Это закрытые грунтовые воды. Если пласт горной породы полностью заполнен водой, то может возникать их напор. Режим этих вод менее подвержен сезонным колебаниям. Грунтовые воды аллювиальных отложений, залегающие вблизи рек, взаимодействуют с реками. В паводок движение воды происходит от реки (река питает грунтовые воды), летом, в межпаводковые периоды, вода движется к реке (фунтовые воды питают реки). Большая роль в регулировании уровня грунтовых вод принадлежит болотам, расположенным в верховьях рек и впадающих в них притоков.

Болота являются своеобразными аккумуляторами влаги, накапливающими ее в период дождей и снеготаяния и отдающими постепенно в остальное время года. Грунтовые воды могут быть вскрыты небольшими колодцами, позволяющими определять глубину их залегания и получать питьевую воду.

Артезианские воды залегают на большой глубине, характеризуются большим напором и служат источником питьевой воды во многих областях, особенно в тех, где грунтовые воды засолены.

Содержание минеральных веществ в грунтовых водах получило название – **общая минерализация**. В.И. Вернадский предложил следующие градации общей минерализации: пресные до 1 г/л, солоноватые – 1–10, соленые – 10–50, рассолы – более 50 г/л.

Грунтовые воды медленно движутся в направлении общего уклона, выполняя большую геохимическую работу в перераспределении продуктов выветривания и почвообразования. Скорость движения в песках и галечниках, по данным В.А. Ковды (1973), составляет 2–5 м/сутки, в суглинках – не более 1 м/сутки и в глинах – практически неподвижны (1 м/год).

В.А. Ковда (1973) приводит следующую характеристику грунтовых вод на территории европейской части России:

1. В зоне тундры в областях вечной мерзлоты грунтовые воды залегают близко к поверхности (0–0,5 м), очень пресные, содержат 0,01–0,03 г/л минеральных веществ и повышенное количество органических веществ.

2. В северной и частично в средней тайге грунтовые воды залегают на глубине 1–6 м, реже 8–10 м. Содержат минеральных веществ 0,2–0,3 г/л, в составе растворенных веществ большая доля принадлежит органическому веществу, кремнезему и закисному железу. Эти воды активно участвуют в питании рек.

3. В южной тайге и северной лесостепи уровень залегания грунтовых вод составляет 10–20 м в связи с усилением расчлененности рельефа овражно-балочной сетью и, по-видимому, увеличением испаряемости. Минерализация увеличивается до 0,5 г/л. По составу воды бикарбонатно-кальциевые, иногда магниево-натриевые. Участвуют в питании рек.

4. В лесостепной и степной зоне уровень залегания понижается до 30–60 м в связи с углублением овражно-балочной сети до 25–30 м и усилением испаряемости. Минерализация повышается до 0,75–3 г/л. Наряду с бикарбонатами кальция и магния в водах содержатся серноокислые и углекислые соли натрия. Роль в питании рек невелика в связи со слабым дебитом.

5. В сухих и полупустынных степях Прикаспийской низменности грунтовые воды залегают на глубине 1–10 м. Минерализация их в среднем составляет 5–20, иногда достигает 30–50 г/л при высокой концентрации углекислых солей натрия, сульфатов и хлоридов. Мало участвуют в питании рек, при высокой испаряемости вызывают процессы сильного засоления почв.

Ледники. Ледник – это естественное скопление фирна и льда, образовавшееся в результате накопления и трансформации твердых атмосферных осадков. Плотность свежевыпавшего снега – 10 кг/м³, старого снега (в наших широтах перед таянием) – 400 кг/м³, плотность зернистого снега (нерастаявшего снега в горах, высоких широтах) – 600 кг/м³, зернистого льда (фирна) – 700–800 кг/м³, чистого льда – 900–920 кг/м³.

Снеговой баланс (разница между выпавшим снегом и стаявшим) в горах отрицателен внизу и положителен вверху. Линия, на которой снеговой баланс равен нулю, называется климатической снеговой линией. В Южном полушарии климатическая снеговая линия проходит ниже, чем в Северном.

В районе, где снеговой баланс положителен, выпавший зимой снег не успевает растаять и идет накопление: образуется ледник. Среди основных факторов, способствующих образованию ледника, можно выделить:

- большое количество атмосферных осадков;
- длительный период с отрицательными температурами;
- плоские или вогнутые формы рельефа. Выделяют два основных типа ледников:

- покровные (Антарктида, Гренландия, Арктические о-ва);
- горные (ледники вершин и склонов и ледники долин).

Ледник представляет собой расположенные ступенчато слои снега, фирна и льда. Выступающая вперед часть нижнего слоя (лед) называется языком. При движении ледник переносит с собой морену, на ледниках часто встречаются трещины. Ледник заметно воздействует на сток и режим рек. В умеренном поясе особенно заметно его влияние на половодье.

Болота. Болото – это избыточно увлажненный участок земной поверхности, характеризующийся слабопроточным (часто застойным) увлажнением верхних горизонтов.

зонтов почвы. Болота занимают 2% суши земного шара. Суммарный объем воды в болотах на планете составляет 11,5 тыс. км³. На северо-западе европейской части России болота занимают 40% территории, на севере Западной Сибири – до 70%.

Болота образуются путем заболачивания суши или заболачивания водоемов. Болота регулируют увлажнение территории и речной сток, играют важную роль в формировании химического состава речных вод, обладают уникальным биоценозом, служат источником торфа.

Колебания уровня воды в болотах достигают максимума весной (таяние снегов и т.п.) и осенью (дожди). Осушение болот, как правило, выравнивает колебания стока в течение года, иногда существенно увеличивая минимальные расходы в меженный период. Факт перехода в результате осушения болот части подземного стока в поверхностный должен обязательно учитываться при мелиоративных работах.

В народном хозяйстве болота используются в качестве месторождений торфа (топливо, подстилки для скота). На осушенных болотах часто ведутся сельскохозяйственные работы.

Вопросы и задания

1. Какие основные функции воды в ландшафтах?
2. Назовите, в какой последовательности убывают мировые запасы воды в ее различных звеньях (реки, озера и т.д.).
3. В какой форме могут находиться химические вещества в природных водах?
4. Какие катионы и анионы преобладают в природных водах?
5. На какие группы подразделяются природные воды по реакции среды?
6. Какие элементы обладают большей подвижностью в водах со щелочной реакцией среды и какие с кислой?
7. Какие три основные окислительно-восстановительные обстановки характерны для природных вод?
8. Какие геохимические классы вод встречаются в ландшафтах в зависимости от реакции среды и окислительно-восстановительных условий по А.И. Перельману?
9. В чем заключается сущность коэффициента водной миграции по Б.П. Полюнову?
10. Что характеризует общая минерализация воды?
11. По каким показателям проводят разделение природных вод на классы и какие выделяются классы?
12. Что характеризует общая жесткость воды и как она классифицируется?
13. Назовите основные звенья большого и малого круговорота воды.
14. Что называется гидрографической сетью?
15. Что такое речной сток?
16. По каким показателям проводят классификацию рек?
17. По каким показателям проводят классификацию озер?
18. Чем артезианские воды отличаются от грунтовых?
19. Как различаются глубина залегания и минерализация грунтовых вод различных природных зон?
20. Что характеризует климатическая снеговая линия?

6. Центральная часть биосферы как компонент ландшафта

6.1. Общая характеристика биосферы

Биосфера – это особая оболочка Земли, в которой обитают живые организмы.

Основы учения о биосфере были заложены российским ученым В.И. Вернадским. Биогеохимия – это часть геохимии, изучающая геохимические процессы, происходящие в биосфере при участии живых организмов. Другой крупный российский ученый В.Н. Сукачев является основателем **биоценологии** – науке о биоценозах.

Живое вещество, покрывающее сплошной пленкой поверхность Земли, представляет длительно (более 2 млрд лет) постоянно действующий механизм преобразования энергии солнечных лучей в потенциальную, а затем и в кинетическую энергию геохимических процессов переноса и перераспределения химических элементов.

Пределы биосферы охватывают тропосферу, гидросферу и верхний слой литосферы, в основном кору выветривания. Верхняя граница биосферы находится на высоте 10–12 км, где были обнаружены бактерии и их споры, нижняя граница проходит на глубинах 2–3 км, где также были обнаружены микроорганизмы в нефтеносных водах. Основная же масса микроорганизмов на суше не проникает глубже нескольких десятков, реже – сотен метров. В гидросфере жизнь проникает до дна мирового океана, т.е. до глубин более 10 км. Внутри биосферы можно выделить отдельные слои или оболочки, в которых наблюдается повышенная концентрация живых организмов, и процессы с их участием являются ведущими в функционировании этих систем. К ним можно отнести наземные оболочки, включающие растительный и почвенный покров, животный мир, водные экосистемы и мелководные оболочки, донные экосистемы. Мощность этих оболочек значительно меньше и измеряется метрами и десятками метров. Взаимодействие живой и неживой материи в этих оболочках, так же как и в почвах, создало условия для существования живых организмов. В этом смысле можно говорить о том, что все биокосные системы биосферы обладают плодородием в широком смысле этого слова.

Элементарной структурной единицей биосферы является биогеоценоз (синонимы – фация, элементарный геохимический ландшафт) – участок земной или водной поверхности, соответствующий одному элементу рельефа с одинаковыми генезисом и литологией почвообразующих пород, глубиной залегания, степенью минерализации и химизмом грунтовых вод, почвенной разностью, микроклиматом и биоценозом.

Биоценоз представляет собой взаимозависимое сообщество живых организмов, занимающих однородное пространство земной поверхности, которое, в свою очередь, называется биотопом. Таким образом, экосистема – фация – биогеоценоз – биоценоз + биотоп. Термины «экосистема» и «агроэкосистема» применяют к биоценозам и биотопам самого различного размера. При этом в экологии различают микроэкосистемы на уровне почвенного индивидуума, мезо-экосистемы на уровне ЭПА и, наконец, макроэкосистемы, такие как степь, таежные леса и т.д.

В термодинамическом отношении экосистемы относятся к открытым системам, относительно стабильным во времени. В экосистемы поступают солнечная энергия, вода, газ атмосферы, элементы питания из литосферы. Выходят из экосистем тепло, кислород, углекислый газ и другие газы, органоминеральные вещества в водных растворах, осадочные породы. Биогеосистемы сложились в результате длительной эволюции и являются результатом приспособления видов к окружающей среде. Они обладают свойством саморегуляции и способны противостоять, в известных пределах, внешним воздействиям. При глубоких изменениях, в том числе связанных с деятельностью человека (пожары, эрозия почв, загрязнения токсикантами и др.), могут наступать необратимые изменения биогеоценозов, включая гибель организмов и деградацию почв. Почва – один из главных компонентов биогеоценоза, поэтому для ее познания и грамотного использования необходимо изучение биогеоценозов в целом. Приближение функционирования агробиоценозов к естественным экосистемам – одна из главных задач сельскохозяйственной деятельности человека.

Живое вещество неравномерно распределяется по поверхности Земли. Известны области его скопления, или сгущения, например планктона в океанах и морях, лесов на суше, гумуса, торфяника в почвах. Плотность населения также неравномерна и в значительной степени зависит от почвенно-климатических зон. Растительные организмы составляют главную массу живого вещества (около 1 % падающей солнечной энергии поглощается растениями, что эквивалентно $3 \cdot 10^{14}$ кг углерода, что примерно соответствует массе живого вещества на земном шаре). Одна масса живого вещества не дает правильного представления об интенсивности участия его в биогеохимических процессах. Огромное значение имеет скорость размножения организмов, т.е. общая продукция органического вещества, образуемая за определенное время. Особенно это относится к низшим организмам – бактериям, грибам, водорослям и др., обладающим высокой скоростью размножения.

6.2. Химический состав живого вещества

В состав живого вещества входят все известные химические элементы и их изотопы. Но основную массу любого организма составляет ограниченное число известных химических элементов (табл. 12), которые в условиях биосферы образуют легкоподвижные и легкорастворимые соединения, например газы CO_2 или NH_3 , H_2O , ионы H^+ , OH^- , NO_3^- , SO_4^{2-} , PO_4^{3-} , Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , а также тяжелые металлы, образующие высокоокисленные комплексные ионы.

По данным А.П. Виноградова (1957), около 70% живого вещества приходится на кислород, 18 – на углерод, около 10% – на водород. Остальные 2,0–2,5% представлены такими элементами, как азот, кальций (от 1 до 10%), сера, фосфор, калий, кремний (0,1–1%); железо, натрий, хлор, алюминий, магний (0,01–0,1%). Эти элементы называются **биогенными**. Они же составляют более 99% веществ, слагающих литосферу и почвы, но в других соотношениях.

В составе живых организмов значительно выше, чем в составе литосферы, содержание углерода, водорода и кислорода и значительно ниже – кальция, магния, калия, натрия, железа, алюминия и кремния.

Образование живого вещества в ландшафтах связано в основном с фотосинтезом, в процессе которого растения, поглощая из окружающей среды углекислый газ и воду, создают органические соединения, обладающие большим запасом внутренней энергии. Однако растения состоят не только из углерода, водорода и кислорода, но также из азота, фосфора, калия, кальция и многих других химических элементов, которые получают уже не из воздуха, а из почвы или из воды (для водных растений). В окружающей среде (почве, водоеме) большинство элементов присутствует в виде сравнительно простых минеральных соединений.

Поглощаясь растениями, эти химические элементы входят в состав сложных, богатых энергией органических соединений (например, азот и сера содержатся в белках, фосфор – в нуклеопротеидах), слагающих тела организмов или их остатки. Описанные процессы называются **биогенной** аккумуляцией **минеральных соединений**.

Химические элементы, не образующие в биосфере растворимых и легкоподвижных соединений, несмотря на их заметное количество в земной коре, в организмах содержатся лишь в очень малых количествах. Организмы не повторяют полностью химический состав среды, а активно выбирают те или иные соединения. Нередко тот или иной вид организмов накапливает определенный химический элемент, т.е. химический состав организмов является характерным признаком для определенного вида. Таким образом, живые организмы выполняют геохимическую функцию, участвуя в **биогенной миграции** того или иного химического элемента. Например, кальций

издавна использовался организмами для образования скелета в виде CaCO_3 . Эта очень древняя геохимическая функция была характерна для многих низших организмов. Позже, наряду со скелетом из CaCO_3 , появились организмы со скелетом из фосфата кальция (в первую очередь среди брахиопод), который утвердился и у всех высших организмов.

Таблица 12 – Содержание химических элементов в организмах, % к массе сухого вещества (по Bowen, 1966)

Химический элемент	Растения		Животные		Бактерии
	морские	наземные	морские	наземные	
C	34,5	45,4	40,0	46,5	54,0
O	47,0	41,0	40,0	18,6	23,0
N	1,5	3,0	7,5	10,0	9,6
H	4,1	5,5	5,2	7,0	7,4
Ca	1,0	1,8	0,15-2,0	0,02-8,5	0,5
Mg	0,5	0,3	0,5	0,1	0,7
Na	3,3	0,1	0,4-4,8	0,4	0,5
K	5,2	1,4	0,5-3,0	0,7	11,5
P	3,5	0,2	0,4-1,8	1,7-4,4	3,0
S	1,2	0,3	0,5-1,9	0,5	0,5
Cl	0,5	0,2	следы	следы	следы
Si	следы	следы	до 0,1	до 0,6	до 0,02
Fe	0,07	0,01	0,04	0,02	0,02
Микроэлементы, мг/кг					
Cu	10	14	4-50	2,4	42
Zn	150	100	0,6-1500	160	-
Cd	0,4	0,6	0,15-3	0,5	
Sr	260-1400	26	20-500	14	
F	4,5	0,5-40	2	150-500	
Br	740	15	60-1000	6	
I	30-1500	0,42	10-150	0,43	
Mn	53	630	1-60	0,2	3
Co	0,7	0,5	0,5-5	0,03	
Ni	3	3	0,4-25	0,8	
Cr	1	0,23	0,2-1	0,075	
Mo	0,45	0,9	0,6-2,5	<0,2	
Se	0,8	0,2	-	1,7	
V	2	1,6	0,14-2	0,15	
B	120	50	20-50	0,5	
Al	60	500(0,5-4000)	15	4-100	
Ti	12-80	1	0,2-20	<0,2	
As	30	0,2	0,005-0,3	<0,2	
Hg	0,003	0,0015	-	0,0046	
Pb	8,4	2,7	0,5	2	

У многих древних низших организмов встречается также скелет из кремнекислоты. Это указывает на направление эволюции организмов.

Успехи аналитической химии и спектрального анализа расширили перечень биогенных элементов. В настоящее время находят все новые элементы, входящие в состав организмов в малых количествах (микроэлементы), и открывают биологиче-

скую роль многих из них. В.И. Вернадский считал, что все химические элементы, постоянно присутствующие в клетках и тканях организмов в естественных условиях, вероятно, играют определенную физиологическую роль. Многие элементы имеют большое значение только для определенных групп живых существ (например, бор необходим для растений, ванадий – для асцидий и т.п.). Содержание тех или иных элементов в организмах зависит не только от их видовых особенностей, но и от состава среды, пищи (в частности, для растений – от концентрации и растворимости тех или иных почвенных солей), экологических особенностей организма и других факторов. При нарушении поступления в организм того или иного биогенного элемента возникают заболевания – биогеохимические эндеми.

6.3. Классификация живых организмов

Существует большое разнообразие живых организмов. В основу классификации биоты положены тип питания и тип строения живых организмов. По типу питания выделяются эукариоты – истинные ядерные (растения и водоросли, животные и грибы) и прокариоты – доядерные (бактерии, архебактерии и сине-зеленые водоросли). Из выделенных семи групп формируются четыре царства живой природы:

1. Растения – первичные продуценты органических веществ;
2. Животные – потребители органических веществ на разных трофических уровнях;
3. Грибы – разлагатели органических веществ с абсорбционным типом питания;
4. Прокариоты – доядерные микроскопические организмы (бактерии, архебактерии и сине-зеленые водоросли). В экологических цепях они выступают в роли продуцентов (сине-зеленые водоросли) и редуцентов-разлагателей органического вещества.

Живое вещество Земли на 99% представлено массой растительных организмов, поэтому характер биологического круговорота определяется, в первую очередь, зелеными растениями. Главной функцией растений в биосфере и в почвообразовании является синтез органического вещества и накопление потенциальной энергии в почве.

Зеленые растения представлены лесными и травянистыми сообществами, влияние которых на почвообразование и ландшафтогенез существенно различаются.

Главной функцией животных в биосфере является потребление и разрушение органического вещества зеленых растений. Биомасса почвенных животных составляет, по разным оценкам, от 0,5% до 5% фитомассы и может достигать в умеренных широтах 10–15 т/га сухого вещества (В.А. Ковда, 1973).

В пищевых цепях организмов существует поток постоянно уменьшающейся энергии от растений к травоядным, от травоядных к хищникам, некрофагам, микроорганизмам.

Растительные и животные остатки разрушаются различными группами почвенных животных:

- фитофаги (нематоды, грызуны и др.) питаются тканями живых растений;
- хищники (простейшие, скорпионы, клещи) питаются живыми животными;
- некрофаги (жуки, личинки мух и др.) поедают трупы животных;
- сапрофаги (термиты, муравьи и др.) питаются тканями мертвых растений;
- копрофаги, разновидность сапрофагов (жуки, мухи и их личинки, простейшие, бактерии и др.) питаются экскрементами других животных;
- детритофаги используют в пищу детрит.

По размерам особей выделяют четыре группы:

- микрофауна – организмы, размер которых менее 0,2 мм (простейшие, нематоды, эхинококки);

- мезофауна – организмы размером от 0,2 до 4 мм (микроартроподы, насекомые, некоторые виды червей и др.);
- макрофауна – животные размером от 4 до 80 мм (земляные черви, моллюски, муравьи, термиты и др.);
- мегафауна – животные размером более 80 мм (крупные насекомые, скорпионы, кроты, грызуны, лисы, барсуки и др.).

Общая численность беспозвоночных особей – червей, нематод, ногохвосток, членистоногих – достигает десятков млн. экземпляров на 1 м². Число нор сусликов и кротов в степных почвах достигает 2–4 тыс. на га.

Дождевые черви ежегодно пропускают через свой кишечник в разных природных зонах от 50 до 600 т мелкозема. Экскременты дождевых червей (копролиты) повышают содержание гумуса и существенно улучшают свойства почв. Большую работу проводят простейшие, размер которых составляет несколько микрон, а численность достигает до 1,5 млн в 1 г почвы. Они разлагают органические остатки до более простых соединений, подготавливая их, таким образом, для гумификации.

Землерои могут существенно изменять свойства почв и микрорельеф, перемещая мелкозем из глубоких слоев на поверхность почвы. Образование бугорков приводит к перераспределению влаги и солей и может являться причиной формирования почв с разными свойствами.

Таким образом, почвенные животные перерабатывают растительные остатки до более простых соединений, перемешивают и разрыхляют почвенный мелкозем, особенно верхние слои, улучшают ее питательный режим, обогащают почву экскрементами, тем самым постоянно формируют условия для жизнедеятельности растений и особенно для микроорганизмов.

Вопросы и задания

1. Предмет изучения и основатель науки – биогеохимии.
2. Предмет изучения и основатель науки – биоценологии.
3. Где проходят верхняя и нижняя границы биосферы?
4. Определение биогеоценоза.
5. Какой химический элемент преобладает в составе живого вещества?
6. Порядок содержания химических элементов в живом веществе по А.П. Виногоорову.
7. Порядок содержания макроэлементов (более 1%) в пересчете на сухое вещество.
8. Чем отличается состав литосферы и живого вещества?
9. Назовите 7 групп живых организмов отличающихся по типу питания.
10. Назовите 4 царства живой природы по типу питания и типу строения.
11. Чем питаются фитофаги, хищники, некрофаги, сапрофаги, капрофаги, детритофаги?
12. Какие организмы включает микрофауна, мезофауна, макрофауна и мегафауна?

7. Почва как компонент ландшафта

Почва – главный продукт функционирования ландшафта. По образному выражению В.В. Докучаева, почва является «зеркалом ландшафта». Образование почвы, ее история и функционирование тесно связаны с остальными компонентами ландшафта. В почвоведении компоненты ландшафта выступают как факторы почвообразования.

Находясь в самом центре вертикальной структуры ландшафта, почва оказывает влияние на все его компоненты. Почвы являются ведущим фактором биопродуктивности наземных ландшафтов, регулируют состав атмосферного воздуха и грунтовых вод, участвуют в формировании мезо- и микроформ рельефа, оказывают влияние на горные породы.

Почва – четырехфазная, биокосная система, которая включает: твердую, жидкую, газовую и живую фазы. Почвы формируются в результате почвообразовательных процессов, которые тесно связаны с факторами почвообразования.

Плодородие – это способность почв (ландшафтов) обеспечивать рост и развитие растений. Оно является главным функциональным свойством почвы, которое обуславливается составом, свойствами и режимами почв, рассмотренными в предыдущих главах. Измеряется плодородие почв продуктивностью фитоценозов и урожайностью сельскохозяйственных культур. Однако продуктивность и урожайность зависят не только от почвенного плодородия, но и от других факторов жизни растений, которые можно разделить на космические (свет и тепло), атмосферные (количество и режим атмосферных осадков, перераспределение тепла, влажность воздуха, состав почвенного воздуха), литосферные (рельеф, грунтовые воды, почвообразующие породы), биосферные (фитоценоз, взаимоотношения в биоценозах) и антропогенные. Все перечисленные факторы влияют на растение непосредственно (интенсивность фотосинтеза, участие в питании, обеспечении влагой и др.) и через свойства почв и их плодородие, которое формируется под воздействием этих факторов. Продуктивность фитоценозов и урожайность культур могут быть низкими и высокими, соответственно и плодородие может быть низким и высоким, но прямой зависимости между ними нет в связи с действием других факторов на растение. Например, на очень плодородных почвах – черноземах – в засушливые годы может быть очень низкий урожай. В этом случае проявляется действие погодного фактора. При анализе урожайности и продуктивности необходим комплексный подход с учетом всех факторов жизни растения.

Различают следующие виды плодородия: естественное (природное), искусственное, потенциальное, эффективное и экономическое.

Естественное (природное) плодородие – это плодородие, которым обладает почва (ландшафт) в естественном состоянии. Оно характеризуется продуктивностью естественных фитоценозов.

Искусственное плодородие (естественно-антропогенное, по В.Д. Мухе) – плодородие, которым обладает почва (агроландшафт) в результате хозяйственной деятельности человека. По многим показателям оно наследует естественное. В чистом виде – характерно для тепличных грунтов, рекультивированных (насыпных) почв.

Потенциальное плодородие – способность почв (ландшафтов и агроландшафтов) обеспечивать определенный урожай или продуктивность естественных ценозов. Эта способность не всегда реализуется, что может быть связано с погодными условиями, хозяйственной деятельностью. Характеризуется потенциальное плодородие составом, свойствами и режимами почв. Например, высоким потенциальным плодородием обладают черноземные почвы, низким – подзолистые, однако в засушливые годы урожайность культур на черноземах может быть ниже, чем на подзолистых почвах.

Эффективное плодородие – часть потенциального плодородия, реализуемая в урожае сельскохозяйственных культур при определенных климатических (погодных) и агротехнологических условиях. Эффективное плодородие измеряется урожаем и зависит как от свойств почв, ландшафта, так и от хозяйственной деятельности человека, вида и сорта выращиваемых культур.

Экономическое плодородие – это эффективное плодородие, измеряемое в экономических показателях, учитывающих стоимость урожая и затраты на его получение.

Относительное плодородие – это плодородие почвы (ландшафта) по отношению к определенному виду растений, растительной ассоциации или группе культур. Требования отдельных видов или групп культур к почвенным условиям могут существенно различаться. Свойства почв, благоприятные для одних растений, могут лимитировать урожайность других. Например, мох сфагнум прекрасно себя чувствует на верховых болотных почвах с сильнокислой реакцией среды и высокой влажностью, но его нельзя вырастить на почвах с нейтральной или щелочной реакцией среды и с оптимальными для большинства культур условиями увлажнения.

В настоящее время все сельскохозяйственные культуры по отношению к условиям питания разделены на три группы:

- 1) культуры невысокого выноса питательных веществ: зерновые, плодовые;
- 2) культуры повышенного выноса: зернобобовые, корнеплоды, картофель, саженцы плодовых;
- 3) культуры большого выноса: овощные, некоторые технические культуры, чай, цитрусовые, виноград.

Соответственно их требованиям к условиям питания дифференцированы группировки почв по содержанию элементов питания. Известно отношение многих групп культурных растений к реакции среды, окислительно-восстановительным условиям, содержанию водорастворимых солей, повышенной плотности и др. Внутри каждой группы сельскохозяйственных культур (зерновые, овощные, плодовые) также существуют различия отдельных культур в требованиях к почвенным условиям. Например, из зерновых культур озимая пшеница характеризуется высокой требовательностью к почвенным условиям, а овес – низкой; из овощных соответственно – огурцы, томаты и редька, редис. Для большинства пропашных культур оптимальной является нейтральная и близкая к нейтральной реакция среды, а для картофеля – слабोकислая. Это создает определенные сложности в регулировании почвенного плодородия, поскольку, как правило, культуры выращиваются в условиях севооборотов, и почвы каждого поля севооборота должны отвечать потребностям всех культур севооборота. Оптимальное сочетание требований культур и особенностей почвенных условий лучше всего может реализоваться в адаптивно-ландшафтных системах земледелия, в которых на первое место ставится задача не изменения свойств почв в соответствии с требованиями культур, а подбор культур для определенных почвенных условий. В качестве примера можно привести положительный многовековой опыт выбора участков под плодовые насаждения, чайные плантации, виноградники и др.

Оптимальные параметры – это сочетание количественных и качественных показателей состава, свойств и режимов почвы, при которых могут быть максимально использованы все факторы жизни растений и наиболее полно реализованы возможности выращиваемых сельскохозяйственных культур.

Теоретической основой оптимизации свойств и режимов почв являются законы и экологические принципы земледелия, сформулированные в трудах Ю. Либиха, Г. Гельригеля, Э. Вольни, К.А. Тимирязева, В.Р. Вильямса, Э.А. Митчерлиха и др.

Закон незаменимости факторов жизни растений. Отсутствие одного из факторов (свет, вода, тепло, питание и др.) приостанавливает рост и развитие организма. Ни один из факторов жизни растений не может быть заменен другим.

Закон минимума, оптимума и максимума. Зона оптимума фактора жизни растений занимает определенный интервал, в границах которого рост и развитие растений, при обеспеченности их другими факторами, будут наиболее активными.

Закон совокупного действия и оптимального сочетания факторов. Изме-

нение одного из факторов жизни растений влечет за собой изменение действия других. Наибольшая эффективность действия – при оптимальном сочетании факторов.

Закон лимитирующего фактора. Недостаток одного фактора снижает положительное влияние всех других. Выявление и устранение лимитирующего фактора дает необходимый и наибольший эффект.

Закон соответствия (адекватности) культуры среде произрастания. Условия местообитания растений должны соответствовать биологическим требованиям растений.

Закон возврата. Вынос элементов питания с урожаем, а также другие потери веществ, связанные с деятельностью человека (эрозионные, усиление растворимости и вымывания и др.), приводят к снижению уровня плодородия и должны устраняться внесением соответствующих удобрений и другими агротехническими и мелиоративными приемами.

Кроме перечисленных законов существует ряд экологических принципов, которыми руководствуется научное земледелие: плодосмен, уничтожение и подавление конкурентов (сорных растений) возделываемых культур, защита сельскохозяйственных растений от вредителей и болезней, сохранение и восстановление структуры почвы и другие, направленные на оптимизацию свойств почв и условий роста и развития растений, реализующихся в урожае.

Как уже отмечалось, многие оптимальные параметры могут различаться в зависимости от требований культуры или группы культур.

Очевидна возможность различий оптимальных параметров для почв отдельных природных зон и даже элементов ландшафта в связи с разными климатическими, погодными и другими условиями. Например, известно, что в условиях южной тайги оптимальными для большинства культур являются легко- и среднесуглинистые почвы, а в лесостепи – глинистые. Очевидна необходимость дифференциации оптимальных параметров для почв разного гранулометрического состава и с разным содержанием гумуса.

Большинство культур обладает многими общими требованиями к почвенным условиям, что дает возможность определять диапазон оптимальных параметров свойств почв. Это можно объяснить тем, что основная часть урожая предназначена для питания человека и животных, и многовековой отбор культурных растений привел к общности их требований к почвенным условиям. Нахождение оптимальных параметров, состава, свойств и режимов почв для отдельных групп и видов культур является одной из главных задач современного агрономического почвоведения.

В таблице 13 перечислены только наиболее общие, установленные к настоящему времени показатели оптимальных параметров состава, свойств и режимов почв для большинства культур.

К факторам, лимитирующим плодородие почв, относятся показатели состава, свойств и режимов почв, снижающие урожай культурных растений и биопродуктивность естественных фитоценозов. В первом приближении их можно обозначить как отклонения от оптимальных показателей. Степень отклонения характеризует уровень лимитирующего фактора и степень снижения урожая. Теоретической основой исследований факторов, лимитирующих почвенное плодородие, являются законы лимитирующего фактора и совокупного действия и оптимального сочетания факторов жизни растений.

Таблица 13 – Оптимальные параметры состава, свойств и режимов почв

Состав, свойства и режимы почв	Оптимальные параметры
Минералогический состав	Наличие полевых шпатов, роговых обманок, глинистых минералов с высокой ЕКО, кальцита
Гранулометрический состав	От супесчаных до глинистых в зависимости от условий увлажнения
Химический состав	Полиэлементный с отсутствием дефицита и избытка кальция и магния, загрязнения тяжелыми металлами, радионуклидами и другими токсикантами. Содержание гумуса, превышающее критическое на 1% и более. Содержание ЛОВ более 0,2-0,4%
Физико-химические свойства	ЕКО более 10 мг-экв для супесчаных и более 15 мг-экв для суглинистых. Преобладание в составе ППК кальция и магния. Степень насыщенности основаниями более 55-70%. Реакция среды - близкая к нейтральной
Агрохимические свойства	Оптимальное содержание элементов питания в соответствии с зональными группировками
Общие физические свойства	Общая порозность 55-65%, плотность 1,0-1,3 г/см ³
Структура	Содержание агрономически ценных водопрочных агрегатов (0,25-10 мм с порозностью более 45%) более 55% массы почвы
Водные свойства и запасы влаги	Запасы воды в диапазоне ВРК-НВ, 30-50 мм в пахотном слое, 100-200 - в метровом
Воздушные свойства и состав почвенного воздуха	Порозность аэрации более 20% объема почвы. Содержание CO ₂ 0,03-2(3)%; O ₂ - 19-20%
Окислительно-восстановительные условия	ОВП (Eh) 400-600 мВ

Следует различать **общепланетарные лимитирующие факторы**, характерные для почв всех природных зон, **внутризональные (региональные)**, характерные для определенных зон и регионов, и местные, характерные для небольших территорий.

К общепланетарным можно отнести: недостаточную обеспеченность элементами питания, повышенную плотность, неудовлетворительную структуру, пониженное содержание легкоразлагаемого органического вещества.

К внутризональным (региональным) – повышенную кислотность, повышенную щелочность, недостаток и избыток влаги, эродированность и дефлированность почв, каменистость, засоленность, солонцеватость и др.

К местным факторам, лимитирующим почвенное плодородие, можно отнести локальное загрязнение почв радионуклидами и тяжелыми металлами, нефтепродуктами, нарушение почвенного покрова горными выработками и др.

В почвах с низким естественным плодородием выделяют освоенные, окультуренные и культурные разности. Освоенные почвы формируются в условиях низкой агротехники, при нерегулярном внесении невысоких доз органических и минеральных удобрений. Окультуренные и культурные – формируются при высокой агротехнике, регулярном внесении органических и минеральных удобрений и проведении необхо-

димых мелиоративных мероприятий (осушение, орошение, известкование, внесение высоких доз торфа, пескование глинистых почв, глинование – песчаных и др.).

В результате мероприятий, направленных на устранение лимитирующих факторов, плодородие окультуренных почв существенно выше освоенных почв.

Процесс, противоположный окультуриванию, предложено называть выпахиванием. Выпахивание – снижение уровня плодородия пахотных почв, ухудшение агрономических свойств (снижение содержания гумуса, обесструктуривание, переуплотнение, почвоутомление) в результате использования их при низком уровне поступления источников гумуса (органических удобрений и послеуборочных остатков) в течение ряда лет. В настоящее время ведутся научные исследования по количественной оценке степени выпаханности. Выпаханными могут быть как освоенные, так и в разной степени окультуренные почвы. В выпаханных почвах наиболее часто проявляется почвоутомление и фитотоксичность почв, резко снижающие урожай растений.

Почвоутомление – многофакторное явление, проявляющееся в агроценозах, особенно в условиях монокультуры. А.М. Гродзинский (1965), В.Т. Лобков (1964) выделяют следующие, наиболее существенные причины почвоутомления:

- односторонний вынос питательных элементов, нарушение сбалансированного питания растений;
- изменение физико-химических свойств почв, сдвиг pH;
- ухудшение структуры и водно-физических свойств почв;
- нарушение биологического режима, развитие патогенной микрофлоры (грибов *Fusarium*, *Penicillium* и др., бактерий *Pseudomonas*, некоторых актиномицетов);
- накопление фитотоксичных веществ (колинов) – производных фенолов, хинонов и нафтизина, обуславливающих токсичность почв;
- размножение вредителей и злостных сорняков.

Почвоутомление рассматривается как результат нарушения экологического равновесия в системе почва-растение вследствие одностороннего воздействия на почву культурных растений.

Факторы продуктивности агро- и фитоценозов. Атмосферные факторы.

Обычно они рассматриваются вместе с космическими, как погодно-климатические: солнечная радиация, количество и распределение атмосферных осадков, сумма активных температур, годовой ход температур, длительность безморозного периода, относительная влажность воздуха, условия перезимовки растений, ветровой режим. К атмосферным факторам относится и состав атмосферного воздуха (углекислый газ, нитраты, аммиак, аэроаэрозоль и аэрозоли, водорастворимые соли и др.).

Солнечная радиация – основной источник тепла и света. Интенсивность радиации зависит от широты местности, характера подстилающей поверхности, облачности, времени суток, времени года. Наибольшие различия наблюдаются в приходе прямой солнечной радиации на северные и южные склоны. Южные – получают больше солнечной радиации по сравнению с прямой поверхностью, а северные – меньше.

Обеспеченность теплом. Кроме суммы активных температур воздуха, которая отличается от суммы активных температур почвы за период вегетации, на продуктивность агроландшафтов влияют адвективные, радиационные и адвективно-радиационные заморозки. Адвективные – обусловлены наступлением волны холода с температурой ниже 0° С, радиационные – интенсивной отдачей тепла с поверхности в безветренные ясные ночи. Наиболее подвержены заморозкам отрицательные формы рельефа. Условия перезимовки растений определяются температурами воздуха и высотой снежного покрова.

Обеспеченность влагой. Кроме количества осадков и их распределения по ме-

сяцам большое значение имеет относительная влажность воздуха. Многие культуры, в частности чайный куст, виноград, требуют повышенной влажности воздуха 60–80%.

Ветровой режим существенно влияет на урожайность культурных растений. При высоких скоростях ветра наблюдается полегание посевов, повреждение цветков и завязей плодовых и других растений. Суховеи действуют на транспирацию и фотосинтез растений, ухудшают качество и снижают урожай.

Литосферные факторы – рельеф, грунтовые воды, почвообразующие породы. Они влияют на растение не только опосредованно, через почву, но и прямо.

Рельеф – перераспределитель тепла и влаги. Он формирует микроклиматические условия. Разные элементы рельефа отличаются не только влажностью почв, но и влажностью приземного слоя воздуха. Различия в температурах разных форм рельефа могут достигать 3–5° С, в длительности безморозного периода – 15–25 дней, в суммах температур в безморозный период – 150–200° С.

Почвообразующие породы. Глубина их залегания, карбонатность, засоленность, сложение учитываются при выборе участков под плодовые культуры. Установлено, что многие почвообразующие породы обладают плодородием. Например, эффективное плодородие лессов и лессовидных суглинков, аллювиальных отложений при внесении минеральных удобрений соизмеримо с плодородием гумусовых горизонтов черноземов. В.А. Ковда объясняет плодородие почвообразующих пород, как остаточное от древних стадий почвообразования.

Грунтовые воды. Глубина их залегания, степень минерализации, состав солей учитываются в мелиоративной практике при землеустройстве территорий. Эти показатели оказывают большое влияние на рост и развитие плодовых культур и являются ведущими при выборе участков под плодовые насаждения.

Литосферные факторы плодородия труднее поддаются или вообще не поддаются регулированию, поэтому их необходимо максимально учитывать в системах земледелия.

Биосферные факторы – эволюция фитоценозов, внутривидовая и межвидовая конкуренция, паразитизм, симбиоз, аменсализм и другие взаимоотношения в биоценозах оказывают значительное влияние на их продуктивность. Например, паразитарный комплекс *Choristoneura turinana*. В Европе гусеница этой бабочки наносит большой ущерб листовнице. Аменсализм – это явление, состоящее в торможении роста одного вида (аменсаля) продуктами выделения другого. Например, ястребинка (*Hieracium pilosella*) из семейства сложноцветных благодаря выделению корнями токсичных веществ вытесняет другие однолетние растения и образует чистые заросли на довольно больших площадях.

Антропогенные факторы прямого воздействия на растения оказывают влияние как на продуктивность естественных фитоценозов (пожары, загрязнение атмосферы токсикантами, вырубка леса и т.д.), так и на урожай культурных растений (вид растения, сорт, качество семян, севообороты, борьба с сорной растительностью, вредителями и болезнями сельскохозяйственных культур, внесорные подкормки и др.).

Вопросы и задания

1. Приведите определение эффективного и потенциального плодородия почв.
2. Перечислите оптимальные параметры состава, свойств и режимов почв.

8. Физико-географические и ландшафтные карты

Карта – уменьшенное, обобщенное, условно-знаковое изображение Земли, других планет или небесной сферы, построенное по математическому закону (т.е. в

масштабе и проекции). Карта – это модель реальной действительности. Она показывает размещение, свойства и связи различных природных и социально-экономических объектов и явлений. Карты составляют по результатам полевых съемок, по другим картографическим источникам, аэро- и космическим снимкам, статистическим и литературным данным.

Карты позволяют выявить фактическое состояние и пространственные связи конкретных объектов (явлений), что позволяет находить закономерности этого размещения.

Карты и другие картографические материалы широко используются в следующих направлениях: для ориентирования на местности; в науке – как средство получения новых знаний об изучаемом объекте; в хозяйстве при планировании, проектировании, инженерном строительстве, освоении земель, разведке полезных ископаемых, прогнозе погоды и т.п.; в военном деле для обеспечения обороноспособности страны; в обучении – как учебные пособия и материалы для самостоятельной работы.

В картографии разрабатывается особый метод использования карт для получения качественных и количественных характеристик объектов и явлений, анализа их структуры, взаимодействия, динамики. Он получил название картографического метода исследования. При этом карты рассматриваются как модели, которые заменяют сам объект исследования. Одновременно и в комплексе с картами и атласами для тех же целей привлекаются аэрофотоснимки и космические снимки. В физической географии картографический метод является одним из основных методов научного исследования.

8.1. Классификация по масштабам и топографическая основа физико-географических карт

По содержанию карты делятся на **общегеографические** и **тематические**. Общегеографические карты с одинаковой подробностью отображают все географические элементы местности: рельеф, гидрографию, почвенно-растительный покров, населенные пункты, хозяйственные объекты, пути сообщения, линии связи, границы и др. Общегеографические карты подразделяются на топографические (в масштабе 1 : 100 000 и крупнее), обзорно-топографические (1 : 200 000 – 1 : 1000 000) и обзорные (мельче 1 : 1000 000).

Вторую большую группу составляют тематические карты, показывающие размещение, взаимосвязи и динамику природных явлений, населения, экономики и культуры. Среди тематических карт выделяют две основные группы: карты природных явлений и карты общественных явлений. Карты природных явлений охватывают все компоненты природной среды и их комбинации. В эту группу входят карты геологические, геофизические, рельефа земной поверхности и дна океанов, метеорологические и климатические, океанографические, гидрологические (вод суши), почвенные, ботанические, зоо-географические, медико-географические, общие физико-географические, ландшафтные, охраны природы.

Назначение карт так же разнообразно, как разнообразны сферы человеческой деятельности. Научно-справочные карты предназначены для выполнения по ним научных исследований и получения максимально подробной, научно достоверной информации. Существуют также культурно-просветительные и агитационные карты, технические, учебные, туристические карты.

Тематическими называются карты, основное содержание которых определяется отображаемой конкретной темой, специально посвящены какому-либо элементу или явлению, например, населенным пунктам, климату, почвам, транспорту и т.п.

В основе составления карты любого масштаба лежат математические законы

построения карты, особые способы графического изображения предметов и явлений (условные обозначения), генерализация воображаемых предметов и явлений.

Масштаб карты определяет степень уменьшения расстояний и площадей на карте по отношению к горизонтальным проекциям этих расстояний и площадей на местности. Численный масштаб выражают в виде дроби: в числителе ставится единица, в знаменателе – число, показывающее, во сколько раз расстояние на местности уменьшено при изображении его на карте. Чем меньше знаменатель масштаба карты, тем изображение на карте крупнее.

По масштабам, используемым при картографировании земной поверхности, различают:

- **обзорные карты** (масштаб мельче 1 : 1000 000) на географической основе дают общее представление о физико-географических параметрах природно-территориальных комплексов глобального уровня (территории крупных государств, материков земного шара);

- **мелкомасштабные карты** (масштаб 1 : 1000 000 и 1 : 500 000) на упрощенной топографической основе характеризуют природно-территориальные комплексы глобального и регионального уровня (крупные регионы и государства);

- **среднемасштабные карты** (масштаб 1 : 300 000 и 1 : 100 000) строятся на топографической основе с разреженной сетью горизонталей. Они передают основные черты природно-территориального комплекса на уровне ландшафта;

- **крупномасштабные карты** (масштаб 1 : 50 000 и 1 : 10 000) составляются на точной топографической основе и достаточно подробно изображают состав и строение урочищ и подурочищ. Карты данного масштаба являются основным по масштабу видом ландшафтных карт, используемых для решения прикладных задач;

- **детальные карты** (масштаб 1 : 5000, 1 : 200) дают подробную характеристику картографируемых объектов. Картографической основой для составления карт различного типа, являются **топографические карты, материалы аэрофотосъемки, материалы космической съемки, контурные планы землепользования.**

Топографические карты имеют точный масштаб, унифицированную систему условных знаков, координатную сетку. Рельеф на топографических картах изображается горизонталями, соединяющими одинаковые отметки высот. Основные горизонталы нанесены сплошной линией, вспомогательные – пунктирной. Контрольные горизонталы имеют отметки высот и наносятся утолщенной сплошной линией. На основании рисунка и взаимного расположения горизонталей на топографической карте можно определить основные формы рельефа. Разность в отметках высот между двумя соседними горизонталями называется высотой сечения рельефа. Обычно на топографических картах имеется шкала заложений, которая служит для определения крутизны склона.

Разделение многолистной топографической карты на отдельные листы называется **разграфкой карты**. Обозначение отдельных листов такой карты по определенной системе называется **номенклатурой**.

Основными принципами составления номенклатуры топографических карт являются связь с географическим положением и зависимость от масштаба изображения. Разграфка и номенклатура листов отечественных топографических карт всего масштабного ряда основана на разграфке и номенклатуре Международной карты масштаба 1 : 1000000.

Границы листа миллионной карты, образуемые меридианами, совпадают с границами координатной зоны в проекции Гаусса-Крюгера. Для изображения всей зоны (6°) нужно несколько десятков листов миллионной карты (колонна карт). Колонны обозначаются арабскими цифрами, их счет ведется от 180-го меридиана (поэтому но-

мер колонны на 30 больше номера соответствующей зоны). В горизонтальном направлении листы карты масштаба 1 : 1000 000 образуют широтные ряды (пояса). Они обозначаются прописными латинскими буквами.

При разграфке одного листа миллионной карты на четыре части (А–Г) получаются листы карты 1 : 500 000; на 36 частей – 1 : 200 000, на 144 – 1:100 000. При этом листы нумеруются слева направо и сверху вниз. Разграфка листов масштабов 1 : 100 000 и крупнее производится путем деления на 4 части. Листы масштаба 1 : 50 000 обозначаются буквами А–Г, листы масштаба 1 : 25 000 – буквами а–г, листы масштаба 1:10 000 – цифрами 1–4.

Контурные планы внутрихозяйственного землеустройства служат дополнительной картографической основой при крупномасштабном картографировании территории. На них специальными унифицированными знаками изображены: населенные пункты, дорожная и гидрографическая сеть, границы землепользования, все сельскохозяйственные угодья. Отсутствие изображения рельефа не позволяет использовать контурные планы в качестве картографической основы.

Существует четыре вида аэрофотоматериалов, используемых в качестве картографической основы: **контактные аэрофотоснимки, репродукции накидного монтажа, трансформированные фотопланы и фотопланы** с перенесенными на них с топографической карты горизонталями, изображающими рельеф территории.

Контактный аэрофотоснимок – это фотография местности, снятая с самолета. По снимкам распознают (дешифрируют) строение местности, ее рельеф, геологические особенности, растительный покров, почвы, дорожную сеть, социально-экономические объекты, производят измерения этих объектов. Аэрофотоснимки служат основой для создания различных по тематике карт. Это основное их назначение. Ценность аэрофотоснимков заключается в большой объективности изображения земной поверхности, рельефа, растительности, рек, дорог и других элементов ландшафта. Насыщенность аэрофотоснимков объектами очень велика, что позволяет ориентироваться на местности, пользуясь аэрофотографической плановой основой, с предельной точностью.

Накидной фотомонтаж изготавливают из контактных аэрофотоснимков, обрванных по полезной площади и совмещенных по границам обреза и наклеенных на плотную бумагу. В настоящее время эти работы можно проводить с помощью компьютерной программы.

Фотоплан составляют на основе трансформированных аэрофотоснимков. Он привязан к геодезической сети, имеет координатную сетку и точный масштаб (обычно 1 : 10 000 или 1 : 25 000). Ранее фотоплан содержал менее качественное изображение местности, по сравнению с контактными аэрофотоснимками, что обуславливалось пересъемкой. В настоящее время с развитием цифровой фотографии эта проблема устранена.

Космический снимок – это фотография земной поверхности, снятая с космического корабля или искусственного спутника Земли. Космические снимки подразделяются на обзорные (масштаб 1 : 10 000 000 – 1 : 100 000 000), мелкомасштабные (1 : 500 000 – 1 : 2500 000) и среднемасштабные (1 : 100 000 – 1 : 300 000). Последние получают с помощью специальных фотокамер. Они с высокой детальностью передают изображения земной поверхности.

Снимки из космоса выполняют в разных спектральных диапазонах: в видимой части спектра, в инфракрасном и радиодиапазоне. Обычно съемка ведется одновременно в нескольких зонах спектра, поэтому говорят о многозональной космической съемке, в итоге которой получают снимки одних и тех же объектов, но в разных диапазонах.

Совместное дешифрирование многозональных снимков расширяет возможности распознавания объектов и их свойств. Для съемок из космоса используют фотографическую и телевизионную аппаратуру, сканирующие устройства, радиолокаторы и др.

Космические снимки – это основные материалы дистанционного зондирования, т.е. изучения Земли и планет на расстоянии с передачей результатов на земные приемные станции. Космические снимки широко применяются во всех сферах науки и народнохозяйственной практики. С их помощью изучают природные ресурсы Земли, океаны и атмосферу, следят за состоянием сельскохозяйственных посевов и загрязнением окружающей среды, за изменениями погоды и опасными природными явлениями и т.п.

Космические снимки – важнейший источник для составления карт и атласов. На их основе создаются новые виды картографических произведений – космофотокарты, совмещающие знаковое картографическое и фотографическое изображения земной поверхности.

8.2. Физико-географические карты

Физико-географические карты – это тематические карты, на которых изображаются отдельные компоненты или явления природы (климат, почва и др.) и их закономерные сочетания – природные территориальные комплексы, ландшафты, геосистемы разного таксономического порядка.

В зависимости от цели и темы исследования объекта широты и способа его охвата различают физико-географические карты **аналитические** (например, отдельных элементов климата) и **синтетические** (например, типов климата).

По назначению выделяют карты **общенаучные** (научно-справочные) например общие климатические и **прикладные** (агроклиматические).

Для современного этапа развития физической географии характерно повышенное внимание к разработке специализированных типов физико-географических карт – **ресурсных, оценочных, прогнозных**, необходимых для рационального использования и охраны природной среды.

Среди физико-географических карт выделяют: **карты рельефа, климатические, почвенные, океанологические, геоботанические** и некоторые специальные карты, такие как **ландшафтные и ландшафтно-геохимические карты**.

Карты рельефа. К картам рельефа относятся **гипсометрические, геоморфологические, палео-геоморфологические карты**, которые используют для изучения морфологии, генезиса, возраста и динамики рельефа суши и морского дна.

По картам рельефа изучают выраженность тектонических, неотектонических структур разного ранга и геофизических аномалий в рельефе, рельефообразующие факторы, эрозионно-аккумулятивные, дефляционные, карстовые и другие процессы. Дают прогноз полезных ископаемых, геоморфологическую оценку рельефа для обеспечения разных видов строительства и освоения территории.

По картам рельефа составляется множество производных морфо-метрических карт: глубины и густоты расчленения, овражности, озерности, закарстованности территории, крутизны, длины, экспозиции и освещенности склонов, кривизны и асимметрии разного порядка, остаточного рельефа, продольных профилей речных долин и их деформаций.

Климатические карты – это карты, на которых по результатам многолетних наблюдений представлено территориальное распределение климатических условий. Климатические карты могут составляться как для отдельных характеристик климата (температура, осадки, влажность воздуха и др.), так и для их комбинаций, у земной поверхности и в высоких слоях атмосферы.

Климатические карты составляются по отдельным месяцам года, к году в целом, иногда к четырем сезонам года, к вегетационному периоду и пр. На картах таких климатических характеристик, как многолетние средние величины (атмосферного давления, температуры и влажности воздуха, сумм осадков и т.д.), проводятся изолинии, соединяющие точки с равными значениями рассматриваемой характеристики: изобары для давления, изотермы для температуры, изогеты для осадков и пр.

Особым видом климатических карт являются карты климатического районирования – разделения земной поверхности на климатические зоны и области согласно той или иной классификации климатов.

Климатические карты часто объединяются в климатические атласы разного территориального охвата (земного шара, полушарий, материков, стран, океанов) или включаются в комплексные атласы. Помимо общеклиматических карт большое практическое значение имеют прикладные климатические карты и атласы (аэроклиматические и агроклиматические карты).

Почвенные карты – это специальные карты, изображающие почвенный покров определенной территории. Она дает наглядное представление о распространении почв на местности, раскрывает особенности их пространственного залегания.

Картография почв – это раздел генетического почвоведения, изучающий почвенные карты, методы их составления и использования. В основе картографии почвенного покрова, положено определение взаимных связей между почвой и факторами почвообразования. Этот метод, разработанный выдающимся почвоведом В.В. Докучаевым, получил название сравнительно-географического. Картография почв использует сравнительно-географический метод исследования, основанный на ландшафтно-индикационных связях, заимствуя у общей картографии методы генерализации, способы изображения.

Почвенные карты – важнейший исходный документ для решения множества практических задач: учета и планирования использования земельных ресурсов, проектирования организации территории, мелиоративных, агротехнических и прочих мер по окультуриванию и охране почв. Основные направления практического применения почвенных карт связаны с кадастровым учетом почвенных ресурсов, экономической оценкой почв, разработкой агрономических мероприятий и мелиорацией, борьбой с почвенной эрозией.

Геоботанические карты – это карты растительности, отображающие географическое распространение типологических подразделений растительности (ассоциаций, групп ассоциаций, формаций), а также их пространственных комбинаций (комплексов, сочетаний, рядов).

Существует несколько направлений использования карт растительности:

- инвентаризация и оценка растительных ресурсов;
- выявление связей растительности с главнейшими факторами окружающей среды, определяющими структуру и динамику растительного покрова;
- анализ возможностей сельскохозяйственного освоения территории, условий жизни населения, рекреационного потенциала;
- контроль за состоянием и динамикой растительного покрова, степенью ее нарушенности; разработка мер по охране растительного мира и всей окружающей среды;
- индикация геологических структур, полезных ископаемых, четвертичных отложений и почв, гидрогеологических и мерзлотных условий, полезных ископаемых и геохимических ареалов.

В зависимости от целевого назначения и принципов построения геоботаниче-

ские карты делят на универсальные и специализированные. Универсальные геоботанические карты показывают распределение естественных единиц растительного покрова, сложившихся в процессе его исторического развития (коренных растительных сообществ, например еловых лесов, ковыльных степей и т.д.). Специализированные геоботанические карты отображают черты растительности, наиболее существенные для того или иного направления хозяйственного ее использования, имеют различные прикладные задачи (карты кормовые, лесные, индикационные, растительных ресурсов) и содержат дополнительные показатели, в том числе и количественные.

Зоогеографические карты применяются для инвентаризации, изучения размещения, миграции животных, их связей со средой обитания, для разработки мер по охране и воспроизводству животного мира. В практическом плане имеет значение выявление ареалов и картометрическая оценка ресурсов промысловых животных, определение условий промысла.

Океанологические карты используются для изучения мирового океана. С помощью океанологических карт изучают состояние и динамику мирового океана (структуру и рельеф дна, размеры акваторий, объемы водных масс и растворенных веществ и т.д.). Возможно проведение анализа взаимодействия океана с географическими оболочками (литосферой, атмосферой, биосферой), изучение процессов массо- и энергообмена между ними. Океанологические карты помогают в освоении минеральных и биологических ресурсов океана, а также в проведении мониторинга различных видов загрязнений. В настоящее время активно разрабатывается следующий уровень океанологических карт – трехмерные модели мирового океана.

Ландшафтные карты являются одними из наиболее сложных видов географических карт, на них отображают закономерности размещения географических комплексов и их пространственную структуру. Ландшафтные карты могут быть разного масштаба: на детальных ландшафтных картах (масштаб 1:5000 и крупнее) обычно изображаются фации, на обобщенных крупномасштабных и среднемасштабных картах (масштаб 1:10 000 – 1:300 000) – урочища, на среднемасштабных (мельче 1:100 000) – преимущественно ландшафты. Крупно- и среднемасштабные ландшафтные карты создаются на основе полевой съемки (с дополнительным, широким использованием аэрофотоматериалов). В легенде крупномасштабной ландшафтной карты отражают форму, элемент рельефа, название почвы или почвенной комбинации, гранулометрический состав почвы и почвообразующей породы, глубину залегания грунтовых вод, тип трофотопа, тип гигротопа, тип экотопа, тип фитоценоза.

Среднемасштабные ландшафтные карты составляются для отдельных географических регионов, административных районов. Нагрузка таких карт зависит от их назначения и не имеет универсального характера. Такие карты используются для целей ландшафтного планирования.

Мелкомасштабные ландшафтные карты составляются путем генерализации среднемасштабных ландшафтных карт и отраслевых карт природы. Основной трудностью при составлении ландшафтных карт является отсутствие общепринятых и достаточно подробных классификаций ландшафтов нашей страны.

На ландшафтных картах географические комплексы объединяются в классификационные группы (типы, классы, виды и др.). В зависимости от назначения ландшафтной карты легенды к ним составляются с разной степенью детальности – от краткого указания на основные индикаторные компоненты географических комплексов (рельеф, растительность) до развернутого перечня показателей (включая элементы климата, условия увлажнения, почвы и т.д.). Часто ландшафтные карты сопровождаются текстовыми характеристиками выделенных на них единиц.

Универсальный характер ландшафтных карт, дающий наиболее полный синтез природных условий территории, определяет широкие возможности их практического применения. На основе ландшафтных карт общенаучного типа создаются различные прикладные ландшафтные карты (агропроизводственные, инженерно-географические, мелиоративные, медико-географические, архитектурно-планировочные), на которых географические комплексы группируются под углом зрения оценки их хозяйственного или экологического потенциала, степени пригодности для того или иного использования и рекомендуемых мероприятий. Также ландшафтные карты могут служить основой для составления прогнозных карт, на которых отражаются ожидаемые изменения географических комплексов в результате хозяйственной деятельности человека.

Ландшафтно-геохимические карты – являются специальным видом ландшафтной карты, позволяющим специалистам наблюдать и выявлять закономерности размещения элементарных и геохимических ландшафтов.

В зависимости от объекта картографирования ландшафтно-гео-химические карты делятся на **типологические карты** и **карты районирования**. Типологические карты в свою очередь делятся на **карты элементарных ландшафтов** и **карты геохимических ландшафтов**.

Для выделения геохимических ландшафтов в легенде карты обычно составляют матрицу, в которой по вертикали указаны ландшафтные зоны и подзоны (типы и семейства ландшафтов), а по горизонтали геолого-морфологические условия (роды и виды).

Существуют два основных метода создания карт: 1) непосредственные съемки на местности; 2) камеральное изготовление карт. Для создания крупномасштабных топографических карт на местности выполняют съемки с использованием геодезических инструментов. При этом широко привлекают аэрофотоснимки, дешифрирование которых позволяет получить точное изображение местных объектов. Для составления крупномасштабных геологических, почвенных и других карт применяют специальные виды съемок: геологическую, почвенную и т.п.

Основой для камерального составления карт служат крупномасштабные картографические источники, которые уменьшают, сводят воедино, генерализуют, обрабатывают с применением тех или иных способов изображения и оформления в соответствии с назначением карт. В процессе камерального изготовления карт используют и другие источники: аэро- и космические снимки, статистические данные, разнообразные графические материалы (например, профили, геологические разрезы и др.), литературные описания. В настоящее время разработаны методы создания мелкомасштабных карт непосредственно по результатам обработки космических снимков, минуя этап полевых съемок. Это повышает точность карт и ускоряет весь процесс их изготовления. В современном картографическом производстве применяют и автоматические картографические системы. Это комплекс специализированных приборов для автоматического изготовления карт.

Аэро- и космические снимки земной поверхности позволяют провести анализ пространственной структуры и динамики природных и природно-антропогенных ландшафтов (геосистем).

Применение аэрокосмических методов исследования позволяет:

1. Создавать системы обнаружения и наблюдения за очагами антропогенных нарушений ландшафтов.
2. Изучать механизмы формирования и развития подобных нарушений.
3. Оценивать площадь распространения, глубины воздействия и последствия их деятельности.
4. Контролировать состояние и динамику компонентов ландшафтов.

5. Прогнозировать дальнейшие преобразования компонентов ландшафта под влиянием антропогенной деятельности человека.

На аэро- и космических фотоснимках области нарушения природных геосистем и распространения антропогенных загрязнений резко выделяются на фоне природных ландшафтов. По снимкам можно выделить очаг распространения неблагоприятных явлений в ландшафтах (вторичное засоление почв, крупные ареалы пастбищной дигрессии растительности, ускоренная эрозия в распаханных степях и пр.).

Дистанционные методы изучения ландшафтов позволяют надежно отслеживать состояние сельскохозяйственных земель, установить, каким неблагоприятным процессам они подвергаются, наметить меры ослабления их воздействия на агроэкосистемы, определить, где установить специальные почвозащитные системы земледелия, полезащитные и противоэрозионные лесонасаждения и т.п.

При дешифрировании космических снимков агроландшафтов с орошаемой системой земледелия засоленные земли хорошо проявляются из-за белесого цвета (солевые корки). Чем светлее цвет, тем сильнее засоление. На космических снимках четко видны места открытой добычи полезных ископаемых, многие виды промышленного природопользования. Загрязнения воздуха диагностируются по дымовым факелам заводов, загрязнению снежного покрова рядом с крупными городами и промышленными районами. Загрязнения поверхности океана нефтепродуктами видны в виде темных пятен.

По космическим снимкам можно оценить биоту суши (по снимкам видно сокращение) и океана, исследовать степень повреждения леса и опустынивание, контролировать состояние леса, осуществлять охрану лесов от пожаров (видно их развитие).

Среди глобальных проблем, которые помогают решать космические методы исследования можно отметить истощение озонового слоя (наблюдение за концентрацией O_3 , наблюдение за озоновой дырой над Антарктидой с помощью аппаратуры *TOMS* со спутников «Нимбус-7» (США) и «Метеор» (Россия). Отслеживание распространения морских льдов, измерения ледового покрова и наблюдения за глобальными изменениями климата.

8.3. Геоинформационные системы

Геоинформационные системы (ГИС) – это аппаратно-программные интерактивные системы, предназначенные для сбора, хранения и обработки пространственно-временных данных, интеграции геометрических (картографических) данных и знаний о территории для их эффективного использования при решении научных и прикладных задач.

ГИС может быть выполнена на различных носителях, но в настоящее время под ГИС обычно понимают пространственно-координированные данные, хранимые на электронных носителях и визуализируемые с помощью электронно-вычислительных машин (ЭВМ).

ГИС тесно связаны с картографией. Их основу составляет автоматическая картографическая система, а главными источниками информации служат топографические и тематические карты, аэро- и космические снимки. Для привязки всех других данных (статистических сведений, полевых наблюдений, гидрометеорологических данных и др.) в ГИС используют системы координат и разграфку, принятые в картографии. Один из основных способов обработки, анализа и синтеза данных в ГИС – математико-картографическое моделирование, а выдача информации пользователю чаще всего осуществляется в виде карт, картограмм, блок-диаграмм.

На основе ГИС интенсивно развивается математическое картографирование в

физической географии, геологии, геохимии, почвоведении, экологии и других науках о географических оболочках земли.

ГИС предназначаются для решения научных и прикладных задач инвентаризации, анализа, оценки, прогноза и управления окружающей средой и территориальной организацией общества. Но главная функция ГИС – информационно-картографическое обеспечение принятия управленческих решений на основе имеющейся географической информации.

По сравнению с обычными физико-географическими картами, ГИС характеризуется большей наглядностью, широкой доступностью выходных данных в виде карт разных масштабов, графиков, диаграмм. Можно переходить из одного масштаба в другой, менять степень нагрузки на тематических картах, объединять разные виды физико-географических карт путем наложения друг на друга в комплексные и на их основе создавать карты с новой информацией.

ГИС включает экспертные системы, которые способны анализировать базы данных, группировать входные данные по их свойствам, делать выводы и прогноз.

8.4. Картографические способы оформления физико-географических карт

К основным из картографических способов оформления физико-географических карт относятся: применение значков, линейных знаков, изолиний, качественного фона, локализованных диаграмм, точечного способа, ареалов, знаков движения, картодиаграмм и картограмм.

Внемасштабные значки используют для объектов, не выражающихся в масштабе карты, и вообще для передачи явлений, локализованных в пунктах. Значки указывают местоположение и вид объектов, а также могут характеризовать их величину, значение, изменение во времени и т.д. (например, значки населенных пунктов, обозначающие тип поселений, численность населения и административное значение). Для передачи характеристик картографируемых объектов используются форма, величина и цвет значков. По форме значки могут быть геометрическими, буквенными и наглядными, напоминающими по рисунку изображаемый объект. Часто употребляют значки геометрической формы, площадь которых пропорциональна количественному показателю объектов, например числу рабочих при картографировании промышленных предприятий или промышленных пунктов.

Линейные значки применяют для передачи геометрических линий – политико-административных границ, линий электропередач, для объектов линейного протяжения, не выражающихся по ширине в масштабе карты (дороги, реки и т.п.). Качественные и количественные характеристики линейных объектов передаются рисунком (например, различным пунктиром), цветом и шириной значков.

Способ изолиний применяется для передачи количественных характеристик непрерывных и постепенно изменяющихся в пространстве явлений (например, рельефа, климатических явлений и др.).

Способ качественного фона показывает разделение территории (ее районирование) по тем или иным природным, экономическим или политико-административным признакам. Используется для качественной характеристики явлений, сплошных на земной поверхности (например, для почвенного покрова) или имеющих массовое рассредоточенное распространение (например, для населения). Первоначально разрабатывают классификацию картографируемого явления: далее в соответствии с принятой классификацией делят территорию на однородные в качественном отношении участки (районы, области и т.п.), после чего однотипные участки окрашивают в присвоенный для данного типа цвет или покрывают штриховкой.

Локализованные диаграммы (диаграммы, отнесенные к определенным пунктам, точкам) употребляют для характеристик сезонных и других периодических явлений (годового хода температур, осадков, динамики снегового покрова и т.д.), повторяемости и скорости ветров разного направления (в виде роз ветров), повторяемости и скорости морских течений и т.п.

Точечный способ используют для картографирования массовых рассредоточенных явлений (сельское население, посевные площади, животноводство и т.п.). Для этого обозначают определенное количество объектов (единиц) посредством точки (небольшого кружка), располагаемой на карте, где эти объекты фактически размещены. В результате на карту наносят некоторое количество точек равной величины и одинакового значения, группировка (густота) которых дает наглядную картину размещения явления, а число позволяет определить его размеры (количество объектов).

Ареалы – это области распространения тех или иных явлений (различных видов растений и животных, пахотных земель и т.п.). Ареалы обозначаются на картах оконтуриванием участка сплошной или пунктирной линией определенного рисунка; окрашиванием или штриховкой ареала и т.д.; многообразие приемов оформления ареалов позволяет сочетать на одной и той же карте ряд ареалов, даже если они перекрывают друг друга.

Знаки движения применимы к природным и социальным явлениям (морские течения, перелеты птиц, миграции населения, перевозка грузов, направления ударов войск и т.п.). Наиболее распространенные графические приемы: векторы (стрелки), различия которых по форме, величине и цвету могут характеризовать скорость, устойчивость, мощность и другие особенности явлений; ленты (полосы) для потоков пассажиров, грузов и т.п., располагаемые вдоль трасс движения; ширина лент обычно выражает мощность потока.

Картодиаграммы и картограммы служат для перевода в наглядный пространственный образ статистических данных (например, по населению), обрабатываемых или публикуемых не по отдельным пунктам или объектам, а суммарно – применительно к административному (или другому территориальному) делению. Первые показывают распределение явления посредством диаграмм, размещаемых внутри единиц территориальной сетки и выражающих суммарную величину явления (например, количество пашни) в пределах каждой территориальной единицы. Картограммой называется способ изображения средней интенсивности какого-либо явления (средней плотности населения, содержания элементов питания, процента распаханности территории и т.п.) в пределах определенных территориальных единиц, чаще всего административных. При этом каждая территориальная единица раскрашивается (штрихуется) так, чтобы по насыщенности цвета или силе штриховки можно было судить об интенсивности явления.

Вопросы и задания

1. Карты какого масштаба относятся к крупномасштабным?
2. Карты какого масштаба относятся к среднемасштабным?
3. Карты какого масштаба относятся к мелкомасштабным?
4. Карты какого масштаба относятся к обзорным?
5. Какие элементы ландшафта отображаются на среднемасштабных ландшафтных картах?
6. Какие элементы ландшафта отображаются на картах детального масштаба?
7. Что содержат геоинформационные системы?
8. Какие существуют методы составления крупномасштабных физико-географических карт?

9. Какие существуют методы составления мелкомасштабных карт?

10. Чем отличаются физико-географические карты от картограмм?

9. Факторы и законы ландшафтной дифференциации

Ландшафтная дифференциация это неоднородность ландшафтов на разных уровнях организации: планетарном, региональном и локальном. Основными внешними энергетическими факторами ландшафтной дифференциации являются солнечная радиация, гравитационные силы Земли и Луны, внутриземное тепло. Они определяют в основном ландшафтную дифференциацию планетарного и регионального уровней. Дифференциация ландшафтов на локальном уровне связана с внутренними причинами, важнейшими из которых являются противоречия между компонентами ландшафта и внутри каждого компонента.

К основным законам географической дифференциации ландшафтов относятся следующие:

- горизонтальной (широтной) зональности;
- долготной секторности;
- вертикальной поясности;
- закон аналогичных топографических рядов;
- азональной геолого-геоморфологической высотно-генетической ярусности равнинных и горных ландшафтов;
- экспозиционной асимметрии склонов;
- взаимодействия и взаимосвязей природных компонентов ландшафтов.

9.1. Закон горизонтальной (широтной) зональности

Закон был сформулирован В.В. Докучаевым в 1898 году. Этот закон гласит, что ландшафты на земной поверхности распространены полосами (зонами), имеющими широтное простираие и последовательно сменяющимися друг друга с севера на юг в соответствии с количеством поступающей солнечной радиации. Солнечная радиация определяет климат – количество тепла, процессы циркуляции в атмосфере и условия увлажнения. Последние характеризуются коэффициентом увлажнения (отношение количества осадков к испаряемости). Последующие исследования показали, что ландшафтные зоны не всегда имеют широтное простираие, а в некоторых случаях принимают меридиональное (Северная Америка) в связи с влиянием океанов и горных систем на циркуляцию воздушных масс. Поэтому термин «широтная» зональность был заменен термином «горизонтальная» зональность. Наиболее четко она проявляется в европейской части России и в Западной Сибири. Высшей зональной таксономической географической единицей является широтный пояс. На суше выделяют один экваториальный пояс, по два субэкваториальных, тропических, субтропических, умеренных, субполярных и полярных.

Климат формируется под влиянием космических факторов (энергия Солнца) и геосферных (влияние земной поверхности на формирование воздушных масс). Он оказывает многостороннее влияние на биосферу, процессы почвообразования, свойства почв и почвенного покрова. Влияние климата на почвообразование проявляется как непосредственно, обуславливая водно-воздушный, тепловой, биологический, геохимический режимы почв, так и косвенно через другие компоненты биосферы: атмосферу, гидросферу, почвообразующие породы, рельеф, растительный, животный мир и хозяйственную деятельность человека.

Все перечисленные компоненты биосферы зависят от тепловой энергии Солн-

ца и условий увлажнения. С климатом связана широтная зональность биосферы (выветривание, денудация и др.), в том числе почвенных процессов (гумусонакопление, оподзоливание и др.) и вертикальная поясность в горах.

Главными показателями климата являются тепло- и влагообеспеченность территорий. Температурный режим почв следует за температурным режимом приземного слоя атмосферы, но отстает от него. Среднегодовые температуры воздуха и почвы в пределах территории России возрастают с севера на юг и с востока на запад. Среднегодовая температура почвы на глубине 20 см изменяется в пределах России от – 12 до +16° С. Область отрицательных среднегодовых температур совпадает с областью распространения многолетней мерзлоты.

В качестве критерия выделения термических групп климатов (термических поясов) принята сумма среднесуточных температур более 10° С (табл. 14).

Для каждого термического пояса характерны определенные типы растительности и почв, поэтому в системе почвенно-географического районирования их называют почвенно-биоклиматическими поясами. Ввиду сходства тепловых условий экваториального и субэкваториальных поясов с тропическими поясами, их часто объединяют в один – тропический.

Таблица 14 – Обеспеченность теплом географических поясов северного полушария

Географический пояс	Сумма температур > 10° С	
	на западе Евразии	на востоке Евразии
Полярный (холодный)	400-600	400-600
Бореальный (умеренно холодный)	600-2400	600-1800
Суббореальный (умеренно теплый)	2400-4000	1800-3200
Субтропический (теплый)	4000-8000	3200-7000
Тропический (жаркий)	>8000	>7000

В пределах почвенно-биоклиматических поясов существуют значительные различия по условиям увлажнения и степени континентальности климата, оказывающие большое влияние на дифференциацию типов растений и почв. В связи с этим выделяют почвенно-биоклиматические области по влагообеспеченности и степени континентальности климата, а внутри областей ландшафтные зоны и подзоны. Области охватывают долготные участки нескольких ландшафтных зон.

Для характеристики обеспеченности влагой используются гидротермические коэффициенты, рассчитываемые по отношению осадков к испаряемости. Наибольшее распространение получил коэффициент увлажнения (КУ), предложенный Г.Н. Высоцким (1904) и разработанный для географических зон Н.Н. Ивановым (1948), известный под названием «коэффициент Высоцкого–Иванова». Он рассчитывается как отношение среднегогодового количества осадков за год к испаряемости, определенной с поверхности водоемов. В соответствии с водообеспеченностью выделяются группы климатов или почвенно-биоклиматические области (табл. 15).

Таблица 15 – Шкала классификации климата по условиям влагообеспеченности

Области обеспеченности влагой	Почвенно-растительные зоны	КУ
Избыточно влажные (экстрагумидные)	Тундра, тайга с глееподзолистыми почвами	> 1,33
Влажные (гумидные)	Таежные и лиственные леса с подзолистыми и дерново-подзолистыми почвами	1,33-1,0
Полувлажные (семигумидные)	Лесостепь с серыми лесными почвами и лесостепными черноземами	1,0-0,77
Полузасушливые и засушливые (субаридные)	Степи с черноземами обыкновенными и южными	0,77-0,44
Очень засушливые (субаридные)	Сухие степи с темно-каштановыми и каштановыми почвами	0,44-0,33
Полусухие и сухие (семиаридные)	Полупустыни со светло-каштановыми и бурыми пустынно-степными почвами	0,33-0,12
Очень сухие (аридные)	Пустыни с серо-бурными почвами и такырами	<0,12

9.2. Закон долготной секторности

Закон гласит: в пределах материков с запада на восток происходит изменение ландшафтов в соответствии с изменением степени континентальности климата. По степени континентальности в ландшафтоведении выделяются секторы, которые разделяются на океанические, континентальные и экстраконтинентальные. По этому же принципу в почвоведении выделяются секторы с такими же названиями.

Кроме того, в почвоведении в пределах областей по степени континентальности и долготным изменениям климата (в первую очередь суммы годовых активных температур), связанным с влиянием океанов и горных систем, выделяются фации (по Л.И. Прасолову и И.П. Герасимову), а в пределах фаций – провинции.

В основу разделения климата по степени континентальности положена годовая амплитуда температур. Коэффициент континентальности вычисляется по формуле, предложенной Н.Н. Ивановым:

$$K = A \times 100 / 0,33 \times M,$$

где A – годовая амплитуда температуры из среднемесячных ее величин; M – широта местности.

Для океанических областей степень континентальности (величина K) менее 100%, для слабоумеренных и среднеконтинентальных – 100–250 и резкоконтинентальных – более 250%.

В пределах географических поясов и областей в широтном направлении по обеспеченности теплом и влагой выделяются ландшафтные зоны. Они хорошо проявляются по растительности и почвам.

9.3. Закон вертикальной поясности

Закон был установлен В.В. Докучаевым в 1889 году. Он гласит: в горных областях ландшафтные геосистемы распространены в виде высотных поясов (зон), последовательно сменяющих друг друга от подножья к вершинам гор в соответствии с изменением климата.

Характер высотной поясности, количество и состав вертикальных поясов зависят от высоты и положения горной страны в системе широтной зональности, а также от сухости и континентальности климата. Чем южнее горная система в Северной полушарии и чем больше ее высота, тем больше набор вертикальных поясов. Нижний

пояс горной системы представлен зональным типом почв той зоны, в которой находится горная система.

Климат горных территорий закономерно изменяется с высотой местности. Установлено, что по мере поднятия на каждые 100 м средняя температура воздуха снижается на $0,5^{\circ}\text{C}$, а влажность (до определенной высоты) увеличивается. С увеличением высоты возрастает суммарная солнечная радиация, при этом доля прямой радиации растет, а рассеянной уменьшается. С высотой местности понижается атмосферное давление.

Горные системы оказывают влияние на формирование воздушных масс, а через них – на климат. Высота горной системы, экспозиция склонов также влияют на климат. Склоны южной экспозиции получают больше тепла, на них происходит более интенсивное таяние снега, сильнее проявляются процессы денудации. Высота и расположение горной системы по отношению к холодным и теплым ветрам оказывают влияние на перераспределение осадков.

Растительность горных территорий определяется обеспеченностью теплом и количеством осадков. Она изменяется с высотой, в соответствии с системой высотной поясности. Очень часто в южных горных системах предгорные степи сменяются широколиственными лесами, затем хвойными, выше которых располагаются пояса субальпийских и альпийских лугов. Последние сменяются субнивальным поясом, отличительной чертой которого является отсутствие сплошного растительного покрова. На вершинах горных систем расположен нивальный пояс, где отсутствует растительность и господствуют снежники, ледники и голые скалы.

Рельеф, по образному выражению В.В. Докучаева, является «вершителем почвенных судеб» в горах. Господствующими формами рельефа здесь являются склоны различной крутизны и экспозиции, определяющие климатические особенности, растительность и почвенный покров.

Нарушения вертикальной поясности, связанные с местными условиями проявления различных факторов (рельефа, климата, растительности), получили название инверсии, миграции и интерференции вертикальных почвенных поясов.

Инверсия почвенных поясов – это обратное их залегание. Например, степь с серыми лесными почвами с высотой сменяется степью с горными черноземами.

Миграция – вклинивание одного пояса в другой.

Интерференция – выпадение отдельных поясов. Например, степь с горными черноземами с высотой сменяется таежным поясом с горными подзолистыми почвами, а лесостепной пояс с горными серыми лесными почвами в системе поясности отсутствует.

Протяженность вертикальных поясов в горах значительно меньше по сравнению с протяженностью горизонтальных почвенных зон на равнинах. Поэтому здесь больше сказывается взаимовлияние факторов почвообразования соседних вертикальных поясов, которое проявляется в миграции веществ с поверхностным и внутрипочвенным стоком, взаимовлияние климатических условий, миграции отдельных видов растений и др.

9.4. Закон азональной геолого-геоморфологической, высотно-генетической ярусности ландшафтов

Закон гласит о том, что на Земле существует геолого-геоморфологическая дифференциация ландшафтов, которая проявляется в наличии горных и равнинных территорий и высотно-генетических ярусов (ступеней) горных и равнинных ландшафтов, причиной которых является неравномерность тектонических движений. Термин

«азональная» подчеркивает противопоставление «зональной» дифференциации, поскольку полностью азональных ландшафтов не бывает. Зональность в горах проявляется через особенности системы высотной поясности.

На равнинах выделяют возвышенные, низинные и низменные ландшафты; в горах – высокогорные, среднегорные и низкогорные ландшафты.

9.5. Закон аналогичных топографических рядов

Закон был сформулирован в 1927 году почвоведом С.А. Захаровым. Сущность его в том, что в разных природных зонах ландшафты и состав почвенного покрова различны, но распределение почв и ландшафтов по элементам мезорельефа имеет аналогичный характер. На возвышенных элементах формируются автономные элювиальные ландшафты, автоморфные (генетически автономные) почвы. В нижних частях склонов формируются аккумулятивные ландшафты с генетически подчиненными полугидроморфными и гидроморфными почвами. Например, в таежно-лесной зоне на водоразделах формируются дерново-подзолистые почвы, в нижних частях пологих склонов с близким залеганием грунтовых вод – дерново-подзолистые глееватые и глеевые. В степной зоне на водоразделах формируются обыкновенные и южные черноземы, а в нижних частях склонов с близким залеганием грунтовых вод – лугово-черноземные и черно-земно-луговые почвы.

9.6. Закон экспозиционной инсоляционной и ветровой ландшафтной асимметрии склонов

Закон гласит, что на склонах, отличающихся экспозицией и крутизной, формируются разные гидротермические условия, связанные с различиями в поступлении прямой солнечной радиации и ветровыми потоками.

Экспозиционные различия склонов являются важным фактором ландшафтной дифференциации на локальном и региональном уровнях. Различают два вида экспозиционной асимметрии склонов: инсоляционную и ветровую.

Инсоляционная асимметрия склонов связана с разным количеством солнечной радиации, поступающим на склоны разной экспозиции и разной крутизны. Наибольшие различия в приходе прямой солнечной радиации наблюдаются на северных и южных склонах. При увеличении угла наклона южных склонов величина прямой солнечной радиации возрастает, а северных – снижается. С севера на юг, от полюса к экватору, различия в приходе прямой солнечной радиации на южные и северные склоны возрастают.

Восточные и западные склоны крутизной до 20° получают за сутки примерно столько же тепла, как и горизонтальная поверхность. Различия в поступлении прямой солнечной радиации на склонах разной экспозиции и крутизны вызывают различия в теплообеспеченности, испаряемости, условиях увлажнения, растительном и почвенном покрове. Согласно **правилу предвращения** известного геоботаника В.В. Алехина, на склонах южной экспозиции развивается растительность более южных зон, подзон, а на склонах северной экспозиции – более северных. Например, в лесостепной зоне склоны северной экспозиции крупных балок заняты широколиственными лесами, а южной экспозиции – степными ассоциациями.

Ветровая или циркуляционная асимметрия склонов связана с разным поступлением влаги на наветренные и подветренные склоны гор и возвышенностей. С наветренной стороны перед горами влажный воздух поднимется вверх, обтекая барьер, и выпадают осадки. С подветренной стороны гор осадков выпадает меньше в связи с нисходящими токами воздуха пониженной влажности. Ветровая асимметрия скло-

нов наиболее резко проявляется на региональном уровне. В качестве примеров можно привести: влажные субтропические ландшафты западных склонов кавказской горной системы и сухие субтропические – восточных склонов; лесные субтропические ландшафты южных склонов – степные и лесостепные – северных склонов крымских гор.

9.7. Закон взаимодействия и взаимосвязей природных компонентов ландшафта

Этот закон вытекает из учения В.В. Докучаева о факторах почвообразования. В работе «Место и роль современного почвоведения в науке и жизни» В.В. Докучаев писал: «В последнее время все более и более формируется и обособляется одна из интереснейших дисциплин в области современного естествознания, именно о тех многосложных и многообразных соотношениях и взаимодействиях, а равно и о законах, управляющих вековыми изменениями их, которые существуют между так называемыми живой и мертвой природой, между а) поверхностными горными породами, б) пластикой земли, в) почвами, г) растительными и ж) животными организмами (в том числе и даже главным образом низшими) и человеком, гордым венцом творения».

Сущность этого закона заключается в том, что действие и изменение любого из компонентов ландшафта проявляется в действии и приводит к неизбежному изменению всех остальных. Можно привести множество примеров ландшафтной дифференциации на всех уровнях в результате взаимовлияния и взаимодействия с последующим отражением в ландшафте: климата и рельефа; почвы и лито-генной основы; литогенной основы и грунтовых вод; почвы и грунтовых вод; почвы и растительности; климата и растительности и др. Например, в таежно-лесной зоне в одних и тех же климатических условиях на алюмосиликатной морене формируются подзолистые почвы с кислой реакцией среды под словыми лесами с мохово-кустарничковым напочвенным покровом.

Деятельность человека, являющаяся важнейшим фактором дифференциации ландшафтов на локальном уровне, заметно проявляется на региональном и даже планетарном. Примером деятельности человека на локальном и региональном уровнях могут быть техногенные ландшафты и агроландшафты, а на глобальном – снижение площади лесов, возможность антропогенного изменения климата.

Вопросы и задания

1. Дать определение закона горизонтальной зональности.
2. Дать определение закона долготной секторности.
3. Дать определение закона вертикальной поясности.
4. Дать определение закона азональной геолого-геоморфологической выотно-генетической ярусности равнинных ландшафтов.
5. Дать определение закона экспозиционной асимметрии склонов.
6. Дать определение закона взаимодействия и взаимосвязей природных компонентов ландшафтов.
7. Какие существуют внешние факторы ландшафтной дифференциации?
8. Какие существуют внутренние факторы ландшафтной дифференциации?
9. Какие факторы определяют дифференциацию ландшафтов планетарного и регионального уровней.
10. Какие факторы определяют дифференциацию ландшафтов локального уровня?
11. Дать определение закона аналогичных топографических рядов.

10. Генезис и функционирование ландшафтов

Генезис (происхождение) ландшафтов – это совокупность процессов формирования ландшафтов в его современном состоянии. Он включает происхождение и развитие всех компонентов ландшафта: литогенной основы, биоты, воздушных масс, поверхностных и грунтовых вод и почвенного покрова. В результате длительного развития образуется **инвариант** – вертикальная и горизонтальная структуры ландшафта, которые могут иметь разные состояния, связанные с суточной сезонной и другими видами динамики, и медленно изменяются (эволюционируют) во времени.

Возраст ландшафта исчисляется от времени, начиная с которого он приобрел инвариант близкий к современному. Большинство зональных ландшафтов европейской части России имеют голоценовый возраст. Они начали приобретать современный вид после таяния последнего ледника (10–12 тыс. лет).

Функционирование ландшафтов – это совокупность явлений трансформации и передвижения веществ и энергии в ландшафтах, и обмен веществами и энергией с другими сферами (внутренние сферы Земли, атмосфера, космическое пространство).

Совокупность процессов, лежащих в основе функционирования ландшафтов, можно разделить на 4 группы.

1. Процессы обмена веществами и энергией между компонентами ландшафта: литогенной основой, биотой, воздушными массами нижних слоев тропосферы, поверхностными и грунтовыми водами, почвами (обмен влагой, газами, минеральными и органическими веществами, тепловой и радиационной энергией).

2. Процессы трансформации, передвижения и аккумуляции веществ и энергии, происходящие внутри ландшафта и его компонентов: образование и разрушение живого вещества, выветривание, почвообразование формирование состава стоков поверхностных и грунтовых вод, эрозия, денудация и др.

3. Процессы обмена веществами и энергией, между ландшафтами и другими сферами: верхними слоями тропосферы, атмосферой и космическим пространством, артезианскими водами, горными породами, залегающими глубже горизонта грунтовых вод и коры выветривания (обмен влагой, газами, химическими соединениями, одностороннее поступление солнечной энергии и внутриземного тепла в ландшафты).

4. Процессы, связанные с деятельностью человека: сведение лесов, распашка территорий, осушение болот, строительство каналов и ирригационных сооружений, выбросы газов в атмосферу и др.

Энергетической основой формирования и функционирования ландшафтов являются ландшафтообразующие факторы, которые подразделяются на внешние и внутренние.

К **внешним факторам** относятся: солнечная радиация, внутриземное тепло, гравитационные силы Земли и Луны.

К **внутренним факторам** относятся **градиенты по вещественному составу и свойствам**, которые возникают на поверхности Земли (различия в теплоемкости, влажности, химическом составе и др.) между различными компонентами: литогенной основой, почвами, поверхностными и грунтовыми водами и др. Эти градиенты определяют формирование и функционирование ландшафтных геосистем.

Особо следует выделить **деятельность человека** как фактор формирования и функционирования ландшафтов.

В основе формирования и функционирования ландшафтов лежат: **большой геологический и малый биологический или биогеохимический круговороты веществ.**

Большой геологический круговорот веществ протекает во всех сферах Земли, объединяя их вещественными и энергетическими потоками. Процессы выветрива-

ния являются начальным этапом большого геологического круговорота веществ. Геологические процессы разделяются на две большие группы: эндогенные (внутренние), которые зарождаются в глубинных оболочках Земли за счет энергии радиоактивного распада, и экзогенные (поверхностные), обусловленные внешней энергией.

К эндогенным (внутренним) процессам относятся: магнетизм, метаморфизм, вулканизм, движения земной коры (землетрясения и горообразование). К экзогенным – выветривание, деятельность атмосферных и поверхностных вод, ледников, подземных вод, морей и океанов, животных и растительных организмов.

Взаимодействие эндогенных и экзогенных геологических процессов объединяет большой геологический круговорот веществ. В результате действия эндогенных процессов образуются крупные формы рельефа земной поверхности: горные системы, возвышенности, низменности, океанические впадины. Под действием экзогенных процессов происходит разрушение магматических горных пород, перемещение продуктов разрушения в реки, моря и океаны, и формирование осадочных пород. В результате движений земной коры осадочные породы погружаются в глубокие слои, подвергаются процессам метаморфизма (действию высоких температур и давления) и образуются метаморфические породы. Последние при погружении в более глубокие слои могут переходить в расплавленное состояние (магматизация), а затем в результате вулканической деятельности поступать в верхние слои литосферы или на ее поверхность в виде магматических пород. Таким образом, происходит образование горных пород и различных форм рельефа.

Круговороты веществ на Земле представляют собой повторяющиеся процессы превращения и перемещения вещества в природе, имеющие более или менее выраженный циклический характер, обусловленный циклическим поступлением энергии Солнца. Эти процессы имеют определенное поступательное движение, так как при циклических превращениях в природе не происходит полного повторения циклов, всегда имеются те или иные изменения в количестве и составе образующихся веществ. Ранее понятие круговорота веществ нередко трактовалось метафизически, как движение по замкнутому кругу, что в корне ошибочно.

Около 5 млрд лет назад произошла дифференциация вещества Земли, разделение его на ряд концентрических оболочек, или геосфер: атмосферу, гидросферу, земную кору, гранитную, базальтовую и др. оболочки, отличающиеся друг от друга характерным химическим составом, физическими и термодинамическими свойствами. Эти оболочки в последующее геологическое время развивались в направлении дальнейшего наиболее устойчивого состояния. Между всеми геосферами и внутри каждой отдельной геосферы продолжался непрерывный обмен веществом. Однако вначале наиболее существенную роль играл вынос вещества из недр Земли на поверхность в результате процессов впавления легкоплавкого вещества Земли и дегазации.

Эта стадия обмена была еще очень обширной в архейскую эру (докембрий). В то время имели место интенсивные колебательные движения в земной коре, обширные горообразовательные процессы, создавшие повсеместно складчатость, а также энергичная вулканическая деятельность, результатом которой явились мощные слои базальтов. Широко развиты были интрузии и процессы гранитизации. Все эти процессы осуществлялись в более грандиозных масштабах, чем в последующие геологические периоды.

В архейскую эру на поверхность Земли выносились вещества в значительно больших количествах и, возможно, из более глубоких областей планеты. В дальнейшем обмен веществом между глубокими областями и поверхностью Земли сократился. В конце докембрия обособились более спокойные области земной коры – **платформы** и области интенсивной тектонической и магматической деятельности – **гео-**

синклинали. С течением времени платформы росли, а геосинклинальные области сужались.

В современный период обмен веществом между геосферами по вертикальному направлению достаточно определенно может наблюдаться в пределах 10–20 км от поверхности Земли и местами – в 50–60 км. Не исключено движение вещества и из более глубоких зон Земли, однако этот процесс в настоящее время уже не играет существенной роли в общем, круговороте веществ на Земле. Непосредственно непрерывный круговорот веществ наблюдается в атмосфере, гидросфере, верхней части литосферы и в биосфере. Со времени появления биосферы (около 3,5 млрд лет назад) круговорот веществ на Земле существенно изменился. К физико-химическим превращениям прибавились биогенные процессы. И, наконец, огромной геологической силой ныне стала деятельность человека.

Участие живого вещества в биогеохимических процессах проявляется прямо либо косвенно. Так, после гибели организмов живое вещество непосредственно участвует в образовании диатомита, известняков, углей, нефти и др. Зеленые растения в результате фотосинтетической деятельности создают всю массу кислорода современной атмосферы Земли. Морские водоросли концентрируют значительные количества йода, после их гибели в морских илах происходят захоронение и процесс превращения органического детрита в вещество нефти. В результате выпрессовывания из захороненных илов жидкой нефти в пористые породы (пески и другие коллекторы) выдавливаются иловые воды, содержащие большое количество йода.

В интенсивный обмен захватывается в литосфере, атмосфере, гидросфере и биосфере одновременно лишь небольшая часть вещества этих оболочек. Наблюдаемый круговорот веществ на Земле складывается из множества разнообразных повторяющихся в основных чертах процессов превращения и перемещения вещества. Отдельные циклические процессы представляют собой последовательный ряд изменений вещества, чередующихся с временными состояниями равновесия. Как только вещество вышло из данной термодинамической системы, с которой оно находилось в равновесии, происходит его дальнейшее изменение, пока оно не возвратится частично к первоначальному состоянию. Полного возвращения к первоначальному состоянию никогда не происходит. Яркой иллюстрацией этого положения может служить круговорот воды в природе, который описан в соответствующей главе.

Круговорот кальция. Известняки (как и другие породы) на континенте разрушаются, и растворимые соли кальция (двууглекислые и др.) реками сносятся в море. Ежегодно в море сбрасывается с континента около $5 \cdot 10^8$ т кальция. В теплых морях углекислый кальций интенсивно потребляется низшими организмами – фораминиферами, кораллами и другими на постройку своих скелетов. После гибели этих организмов их скелеты из углекислого кальция образуют осадки на дне морей. Со временем происходит их метаморфизация, в результате чего формируется порода – известняк. При регрессии моря известняк обнажается, оказывается на суше и начинается процесс его разрушения. Но состав вновь образующегося известняка несколько иной. Так, оказалось, что палеозойские известняки более богаты углекислым магнием и сопровождаются доломитом, известняки же более молодые – беднее углекислым магнием, а образования пластов доломитов в современную эпоху почти не происходит. Наконец, при излиянии лавы известняки частично могут быть ею ассимилированы, т.е. могут войти в большой круговорот веществ.

Таким образом, отдельные циклические процессы, слагающие общий круговорот веществ на Земле, никогда не являются полностью обратимыми. Часть вещества в повторяющихся процессах превращения рассеивается и отвлекается в частные круго-

вороты или захватывается временными равновесиями, а другая часть, которая возвращается к прежнему состоянию, имеет уже новые признаки.

Продолжительность того или иного цикла можно условно оценить по тому времени, которое было бы необходимо, чтобы вся масса данного вещества могла обернуться один раз на Земле в том или ином процессе (табл. 16).

В круговороте веществ участвуют химические элементы и соединения, более сложные ассоциации вещества и организмы. Процессы изменения вещества могут носить преимущественно характер механического перемещения, физико-химического превращения, еще более сложного биологического преобразования или носить смешанный характер.

Таблица 16 – Время, достаточное для полного оборота вещества

Вещество	Время (годы)
Углекислый газ атмосферы (через фотосинтез)	300
Кислород атмосферы (через фотосинтез)	2000
Вода океана (путем испарения)	10 ⁶
Азот атмосферы (путем окисления электрическими разрядами, фотохимическим путем и биологической фиксацией)	10 ⁸
Вещество континентов (путем денудации – выветривания)	10 ⁸

Малый биологический (биогеохимический) круговорот веществ происходит в системе почва – живые организмы.

Этот круговорот включает биологические и абиотические (химические) процессы трансформации и миграции веществ и энергии. В его основе лежит продукционный процесс образования органического вещества зелеными растениями, которые извлекают элементы питания из почвы, а углекислый газ из атмосферного воздуха. Возвращаясь в почву с опадом и после отмирания живых организмов, элементы питания могут включаться в абиотические процессы и затем вновь поглощаться растениями. Иногда ученые разделяют понятия и определения малого биологического и биогеохимического круговоротов веществ, объясняя это наличием в биогеохимическом круговороте как биологических, так и абиотических (химических) процессов. Однако трудно представить малый биологический круговорот веществ без абиотических реакций растворения, гидролиза, окисления и др. В то же время, учитывая незамкнутость круговоротов, малый биологический круговорот можно представить как часть биогеохимического круговорота.

Как в большом геологическом, так и в биогеохимическом круговоротах веществ одна из ведущих ролей принадлежит влагообороту (круговороту воды). Подавляющее большинство биогеохимических процессов и абиотических реакций происходит в водной среде. Биогеохимический круговорот веществ является составной частью большого геологического круговорота.

Изучением круговоротов веществ занимались многие русские ученые. В.И. Вернадский выделил геохимическую группу так называемых циклических химических элементов. К ним относят практически все широко распространенные и многие редкие химические элементы, например: углерод, кислород, азот, фосфор, серу, кальций, хлор, медь, железо, йод. Из циклических химических элементов особенно важную роль в биогенном цикле играют углерод, азот, фосфор, сера.

Круговорот углерода. Углерод – основной биогенный элемент, играющий важнейшую роль в образовании живого вещества биосферы. Углекислый газ из атмо-

сферы в процессе фотосинтеза, осуществляемого зелеными растениями, ассимилируется и превращается в разнообразные и многочисленные органические соединения растений. Растительные организмы, особенно низшие микроорганизмы, морской фитопланктон, благодаря исключительной скорости размножения продуцируют в год около $1,5 \cdot 10^{11}$ т углерода в виде органической массы, что соответствует $5,86 \cdot 10^{20}$ Дж ($1,4 \cdot 10^{20}$ кал) энергии. Растения частично поедаются животными (при этом образуются более или менее сложные пищевые цепи). В конечном счете органическое вещество в результате дыхания организмов, разложения их трупов, процессов брожения, гниения и горения превращается в углекислый газ или отлагается в виде сапропеля, гумуса, торфа, которые, в свою очередь, дают начало многим **каустобиолитам** – каменным углям, нефти, горючим газам. В процессах распада органических веществ, их минерализации огромную роль играют бактерии (например, гнилостные), а также многие грибы (например, плесневые). В активном круговороте углерода участвует очень небольшая часть всей его массы (табл. 17). Огромное количество угольной кислоты законсервировано в виде ископаемых известняков и других пород. Между углекислым газом атмосферы и водой океана, в свою очередь, существует подвижное равновесие.

Таблица 17 – Содержание углерода на поверхности Земли и в земной коре

Объект	В тоннах	В граммах на 1 см ² поверхности Земли
Животные	$5 \cdot 10^9$	0,0015
Растения	$5 \cdot 10^{11}$	0,1
Атмосфера	$6,4 \cdot 10^{11}$	0,125
Океан	$3,8 \cdot 10^{13}$	7,5
Массивные кристаллические породы: базальты и др. основные породы	$1,7 \cdot 10^{14}$	33,0
Граниты, гранодиориты	$2,9 \cdot 10^{15}$	567
Угли, нефти и другие каустобиолиты	$6,4 \cdot 10^{15}$	663
Кристаллические сланцы	$1,0 \cdot 10^{16}$	2000
Карбонаты	$1,3 \cdot 10^{16}$	2500
ВСЕГО	$3,2 \cdot 10^{16}$	5770

Многие водные организмы поглощают углекислый кальций, создают свои скелеты, а затем из них образуются пласты известняков. Из атмосферы было извлечено и захоронено в десятки тысяч раз больше углекислого газа, чем в ней находится в данный момент. Атмосфера пополняется углекислым газом благодаря процессам разложения органического вещества, карбонатов, а также все в большей мере в результате индустриальной деятельности человека. Особенно мощным источником являются вулканы, газы которых состоят главным образом из углекислого газа и паров воды. Некоторая часть углекислого газа и воды, извергаемых вулканами, возрождается из осадочных пород, в частности известняков, при контакте магмы с ними и их ассимиляции магмой. В процессе круговорота углерода происходит неоднократное фракционирование его по изотопному составу (^{12}C – ^{13}C), особенно в магматогенном процессе (образование CO_2 , алмазов, карбонатов) при биогенном образовании органического вещества (угля, нефти, тканей организмов и др.).

Круговорот азота. Источником азота на Земле был вулканогенный NH_3 , окисленный кислородом. Процесс окисления азота сопровождается нарушением его изотоп-

ного состава – ^{14}N – ^{15}N . Основная масса азота на поверхности Земли находится в виде газа (N_2) в атмосфере. Известны два пути его вовлечения в биогенный круговорот:

1. Процессы электрического (в тихом разряде) и фотохимического окисления азота воздуха, дающие разные оксиды азота (NO_2 , NO_3 и др.), которые растворяются в дождевой воде и вносятся в почвы (10–15 кг/га в год).

2. Биологическая фиксация N_2 клубеньковыми бактериями (до 300 кг/га в год), свободными азотфиксаторами и другими микроорганизмами (до 100 кг/га в год).

Значение азота в обмене веществ организмов общеизвестно. Он входит в состав белков и их разнообразных производных. Остатки организмов на поверхности Земли или погребенные в толще пород подвергаются разрушению при участии многочисленных микроорганизмов. В этих процессах органический азот подвергается различным превращениям. В результате процесса **денитрификации** при участии бактерий образуется элементарный азот, возвращающийся непосредственно в атмосферу. Так, например, наблюдаются подземные газовые струи, состоящие почти из чистого азота (N_2). Биогенный характер этих струй доказывается отсутствием в их составе аргона (^{40}Ar), обычного в атмосфере. При разложении белков образуются также аммиак и его производные, попадающие затем в воздух и в воду океана. В биосфере в результате нитрификации – окисления аммиака и других азотсодержащих органических соединений при участии бактерии *Nitrosomonas* и нитробактерий – образуются различные окислы азота (N_2O , NO , N_2O_3 и N_2O_5). Азотная кислота с металлами дает соли. Калийная селитра образуется на поверхности Земли в кислородной атмосфере в условиях жаркого и сухого климата в местах отложений остатков водорослей. Скопления селитры можно наблюдать в пустынях на дне ниш выдувания. В результате деятельности денитрифицирующих бактерий соли азотной кислоты могут восстанавливаться до азотистой кислоты и далее до свободного азота.

Круговорот фосфора. Главный источник фосфора в биосфере – апатит, который встречается во всех магматических породах. В превращениях фосфора большую роль играет живое вещество. Организмы извлекают фосфор из почв, водных растворов. Фосфор входит в состав белков, нуклеиновых кислот, лецитинов, фитина и других органических соединений; особенно много фосфора в костях животных. С гибелью организмов фосфор возвращается в почву и в донные отложения. Он концентрируется в виде морских фосфатных конкреций, отложений костей рыб, гуано, что создает условия для образования богатых фосфором пород, которые, в свою очередь, служат источниками фосфора в биогенном цикле.

Круговорот серы также тесно связан с живым веществом. Сера в виде трехоксида (SO_3), двуоксида (SO_2), сероводорода (H_2S) и главным образом элементарной серы выбрасывается вулканами. Кроме того, в природе имеются в большом количестве различные сульфиды металлов: железа, свинца, цинка и др. Сульфидная сера окисляется в биосфере при участии многочисленных микроорганизмов до сульфатной серы (SO_4^{2-}) почв и водоемов. Сульфаты поглощаются растениями. В организмах сера входит в состав аминокислот и белков, а у растений, кроме того, – в состав эфирных масел и т.д. Процессы разрушения остатков организмов в почвах и в илах морей сопровождаются очень сложными превращениями серы. При разрушении белков с участием микроорганизмов образуется сероводород, который далее окисляется либо до элементарной серы, либо до сульфатов. В этом процессе участвуют разнообразные микроорганизмы, создающие многочисленные промежуточные соединения серы. Известны месторождения серы биогенного происхождения. Сероводород может вновь образовать «вторичные» сульфиды, а сульфатная сера – залежи гипса. В свою очередь, сульфиды и гипс вновь подвергаются разрушению, и сера возобновляет свою миграцию.

Живое вещество Земли на 99% представлено массой растительных организмов, поэтому характер биологического круговорота определяется, в первую очередь, зелеными растениями. Главной функцией растений в биосфере и в почвообразовании является синтез органического вещества и накопление потенциальной энергии в почве.

Зеленые растения представлены лесными и травянистыми сообществами, влияние которых на ландшафтогенез и почвообразование существенно различается.

Для характеристики биологического круговорота веществ и роли растений в почвообразовании учитываются следующие показатели:

- общая биомасса (фитомасса) – общее количество живого органического вещества в надземной и подземной сферах;
- мертвое органическое вещество – количество органического вещества, заключенное в отмерших остатках растений. Отдельно различают: запасы гумуса, лесных подстилок, степного войлока, количество ежегодного надземного опада (листья, хвоя, стелби, ветوشь и др.), количество ежегодного корневого опада, запасы легкоразлагаемого органического вещества (детрита);
- зольность – содержание зольных элементов в растениях и их частях (рассчитывается в процентах к массе абсолютно сухого вещества). Отдельно рассчитывают зольность фитомассы, годичного прироста, опада, подстилки, торфов;
- годичный прирост – масса нарастающего вещества в надземной и подземной сферах сообщества;
- интенсивность разложения органического вещества – отношение подстилки к опаду зеленой части растений.

В таблице 18 приведены показатели биологического круговорота растительных сообществ основных природных зон в составе древесных, кустарниковых, травянистых и мохово-лишайниковых формаций.

Таблица 18 – Биологический круговорот веществ, ц/га (по Л.Е. Родину и Н.И. Базилевич, 1965)

Растительные сообщества	Органическое вещество					Зольные элементы и азот				Азот			
	общая биомасса	в том числе биомасса корней	ежегодный прирост	ежегодный опад	запасы органических остатков	в биомассе	ежегодно потребляется	ежегодно возвращается	содержание в лесной подстилке, степном войлоке	в биомассе	ежегодно потребляется	ежегодно возвращается	процент от суммы химических элементов в опаде
Арктические тундры	50	35	10	10	35	1,6	0,38	0,37	2,8	0,81	0,21	0,20	53
Сосняки южной тайги	2800	636	61	47	448	18,8	0,85	0,58	17,3	6,64	0,27	0,16	28
Ельники южной тайги	3300	735	85	55	350	27,0	1,55	1,20	13,0	7,20	0,41	0,35	29
Березняки	2200	505	120	70	300	21,0	3,80	2,90	16,0	8,75	1,50	0,90	30-40
Сфагновые болота	370	40	34	25	>1000	6,1	1,09	0,73	-	2,29	0,40	0,25	-
Дубравы	4000	960	90	65	150	58,0	3,40	2,55	8,0	11,50	0,95	0,57	19-26
Луговые степи	250	170	137	137	120	11,8	6,82	6,82	8,0	2,74	1,61	1,61	22-28
Сухие степи	100	85	42	42	15	3,5	1,61	1,61	0,7	1,03	0,45	0,45	17-36
Пустыни	43	38	12	12	-	1,85	0,59	0,59	-	0,61	0,18	0,18	24-31
Саванны сухие	268	113	73	72	-	9,78	3,19	3,12	-	2,38	0,81	0,80	26
Субтропические леса	4100	820	245	210	100	52,8	9,93	7,95	6,0	13,59	2,77	2,26	28

Для биологического круговорота веществ лесных сообществ таежно-лесной зоны характерно длительное исключение из него значительной части азота и зольных элементов, которые накапливаются в стволах и ветвях.

Только незначительная часть органических веществ (3–5 т/га) поступает ежегодно в почву в форме наземного опада (хвоя, листья, ветошь и др.). Вместе с ними в почву возвращаются 50–300 кг/га зольных элементов и азота, значительная часть которых накапливается в составе лесной подстилки и постепенно, за 3 – 10 и более лет, высвобождаются при ее разложении. Продукты разложения вновь вовлекаются в биологический круговорот и частично с атмосферными осадками поступают в нижележащие горизонты почвенного профиля, вплоть до грунтовых вод.

Для биологического круговорота травянистых сообществ характерно значительно меньшее накопление общей массы, но существенно большее возвращение с ежегодным опадом (до 15 т/га сухого вещества) по сравнению с лесными формациями. В сообществах луговых степей до 700 кг зольных элементов и азота ежегодно возвращаются в почву вместе с опадом. Значительная часть опада (до 70%) поступает не на поверхность почвы, а в форме корней в верхние горизонты почвенного профиля, что способствует накоплению гумуса и формированию структуры (агрегатов разного размера) почвы. С величиной ежегодного опада тесно связано количество образующегося гумуса, численность микрофлоры и микрофауны. Интенсивность разложения опада определяется, в первую очередь, гидротермическими условиями. Если в условиях влажных тропических лесов при величине опада в 25 т/га лесная подстилка составляет только 2 т/га, то в лесах умеренного пояса из 3–5 т/га опада накапливается 30–50 т/га лесной подстилки. Различия в биохимическом составе растительного опада обуславливают разную скорость его разложения даже в одинаковых гидротермических условиях, что отражается на составе образующегося гумуса. Большое влияние на почвообразование оказывают зольность опада, количество оснований и азота в его составе. Зольность растений в среднем составляет около 1,5%, но во многих злаковых и эфемерно-полынных сообществах может достигать 8–10%, а в галофитных сообществах на солончаках – даже 20–50%.

Растения обладают свойством избирательно поглощать и концентрировать из рассеянного состояния химические элементы, необходимые для их роста и развития. Благодаря этому в почвах происходит биогенное накопление ряда биофильных элементов, таких как фосфор, кальций, магний, калий, сера и др. Обогащение верхних слоев почвы основаниями и азотом способствует образованию и накоплению в них гумуса. В процессе питания корни растений в обмен на поглощенные ими элементы питания продуцируют значительное количество корневых выделений, в составе которых много ионов водорода и анионов органических кислот. По данным ряда ученых, корневые выделения составляют десятки и сотни килограммов на 1 га. Вместе с органическими кислотами, образующимися при разложении опада, и углекислотой, выделяемой при дыхании корней, они прделывают большую химическую работу, вовлекая в биологический круговорот веществ новые порции химических элементов из горных пород и минералов.

Растения, наконец, защищают почву от эрозионных процессов. В естественных условиях количество сносимого эрозионными процессами материала компенсируется процессами почвообразования.

Изучение круговоротов веществ на Земле имеет не только познавательное значение, но и представляет глубокий практический интерес. Воздействие человека на природные процессы становится все значительнее. Последствия этого воздействия стали сопоставимы с результатами геологических процессов: в биосфере возникают

новые пути миграции веществ и энергии, появляются многие тысячи химических соединений, прежде ей не свойственных. Создаются новые водные бассейны; тем самым меняется круговорот воды. В руках человека концентрируются огромные запасы металлов, фосфатов, серы, синтезируются колоссальные количества азотсодержащих веществ для удобрения полей и т.д. Меняется обычный ход геохимических процессов. Глубокое изучение всех природных превращений веществ на Земле – необходимое условие рационального воздействия человека на среду его обитания и изменения природных условий в желаемом для него направлении.

Вопросы и задания

1. Что такое инвариант ландшафта?
2. Что такое функционирование ландшафтов?
3. Что представляет собой большой геологический круговорот веществ?
4. Что представляет собой малый биологический (биогеохимический) круговорот веществ?
5. Назвать основные звенья круговорота кальция.
6. Назвать основные звенья круговорота углерода.
7. Назвать основные звенья круговорота азота.
8. Назвать основные звенья круговорота фосфора.
9. Назвать основные звенья круговорота серы.
10. Количество ежегодного опада в ландшафтах разных природных зон.

11. Основы геохимии и биогеохимии ландшафтов

Состояние и поведение химических элементов и их соединений в ландшафте изучает наука – **геохимия ландшафтов**. **Биогеохимия ландшафтов** является составной частью геохимии и изучает состояние и поведение **биофильных** химических элементов и их соединений в ландшафтах. Таким образом, если предметом изучения геохимии ландшафтов могут быть как абиотические и биотические процессы соединения, косные и биокосные соединения, то предметом изучения биогеохимии ландшафтов являются соединения и процессы в ландшафтах только с участием живых организмов.

Основателями науки геохимии и биогеохимии являются выдающиеся ученые XX века В.И. Вернадский (Россия) и В.М. Гольдшмит (Норвегия). В дальнейшее развитие геохимии и биогеохимии внесли крупный вклад русские ученые А.Е. Ферсман, А.П. Виноградов, Б.Б. Полынов, А.И. Перельман, В.А. Ковда, М.А. Глазовская и др.

11.1. Введение в геохимию ландшафтов

В процессе круговоротов веществ осуществляются **вещественные, энергетические и информационные связи** между различными компонентами ландшафта. Например, вместе с растительным наземным и корневым опадом в почву поступают вещества и энергия. Образующиеся из опада гумусовые вещества информируют нас о количестве опада и условиях его трансформации.

Выделяют **прямые и обратные связи**. Прямые оказывают непосредственное влияние одного компонента на другой. Например, влага выпавших осадков растворяет водорастворимые соединения почвы. Пример обратных связей: высокая биологическая продуктивность почв способствует поступлению в почвы большей массы растительного опада.

При разложении опада высвобождаются питательные вещества, что способ-

ствует увеличению продуктивности почв. Обратные связи бывают **положительными** и **отрицательными**. Обратная положительная связь хорошо иллюстрируется предыдущим примером зависимости продуктивности от массы растительного опада. Обратная отрицательная связь сдерживает развитие и приводит к деградации процессов и природных тел, формирующихся под влиянием этих процессов. Например, корни травянистых растений извлекают из нижних слоев почв различные элементы питания, которые после отмирания растений остаются в верхних слоях почв и служат пищей для последующих циклов питания (положительная обратная связь). Но если нижние слои почв содержат водорастворимые токсичные для растений соли, которые перекачиваются растениями в верхние слои, почвы постепенно подвергаются процессу засоления и плодородие их снижается (отрицательная обратная связь). Положительные обратные связи также могут разрушать систему и переводить ее состояние на другой уровень развития. То есть положительные обратные связи со временем могут переходить в отрицательные.

Например, на начальных стадиях почвообразования большую роль в прогрессивном развитии профиля почвы играют лишайники, которые постепенно готовят условия для вытеснения их травянистыми растениями, путем накопления элементов питания и образования рыхлой благоприятной для травянистых растений толщи.

Кроме вертикальных связей в ландшафтах между компонентами существуют **горизонтальные (латеральные) связи** между сопряженными геосистемами. Например, поверхностный и внутрипочвенный сток дождевых вод перемещает растворенные и взвешенные вещества с водоразделов в нижние части склонов, далее в реки и моря, связывая различные природные геосистемы в единое целое.

Элементарные геохимические ландшафты. На основе знаний о латеральных связях возникли представления о геохимическом ландшафте.

Один из основателей науки геохимии ландшафтов Б.Б. Польшов так сформулировал определение геохимического ландшафта: «Геохимический ландшафт – это участок земной поверхности, характеризующийся определенными условиями миграции веществ».

Закономерности миграции химических элементов от повышенных к депрессиям рельефа – предмет изучения геохимии ландшафтов. Б.Б. Польшов ввел понятие **элементарный геохимический ландшафт**, который соответствует элементарному почвенному ареалу, экосистеме или биогеоценозу. Все разнообразие элементарных ландшафтов на земной поверхности и связанных с ними почв Б.Б. Польшов по условиям миграции и аккумуляции веществ объединил в три группы: ландшафты элювиальные (на элювии, в широком смысле, горных пород), супераквальные (надводные) в нижних частях склонов и суб-аквальные (подводные).

Впоследствии М.А. Глазковской была разработана более детальная классификация элементарных геохимических ландшафтов (рис. 2).

Элювиальные (они также называются автономные, автоморфные, субаэральные) ландшафты и свойственные им почвы занимают повышенные элементы рельефа при глубоком залегании грунтовых вод. Процесс почвообразования протекает независимо от грунтовых вод и от бокового привноса веществ. Атмосферные осадки и продукты почвообразования, растворенные в них, просачиваются вглубь или перемещаются вниз по склону с поверхностным или внутрипочвенным боковым стоком.

В этой группе ландшафтов выделяются: а) геохимически независимые; б) геохимически подчиненные. Последние представлены понижениями на водоразделах, где почвы развиваются в условиях периодического привноса веществ с поверхностным или внутрипочвенным стоком (но не с грунтовыми водами). Геохимически подчиненные ландшафты называются также **аккумулятивно-элювиальными**.

Элювиальные ландшафты характеризуются зональной солярной энергетикой, атмосферным увлажнением.

Транзитные ландшафты занимают склоны водоразделов и повышений. Для них характерна миграция веществ как в виде растворов, так и в виде твердого стока. В зависимости от условий стока выделяются **трансэлювиальные** и **трансэлювиально-аккумулятивные**. В верхние части склонов преобладает вынос, наряду с выносом происходит накопление (аккумуляция) веществ (нижние части склонов и понижения на склонах). Причем в аккумуляции веществ могут периодически принимать участие грунтовые воды.

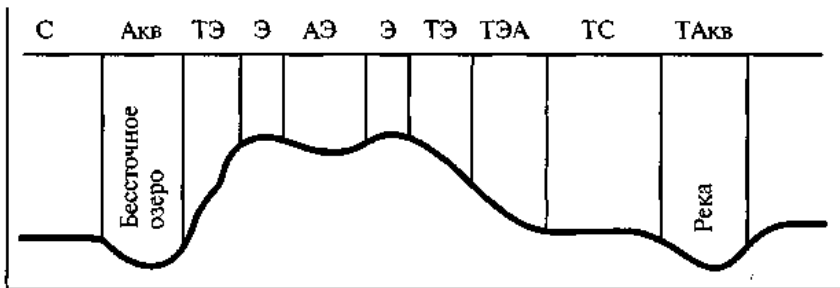


Рис. 2. Схема классификации элементарных геохимических ландшафтов (фаций) по Полюнову-Глазковской: Э – элювиальные, АЭ – аккумулятивно-элювиальные; ТЭ – трансэлювиальные; ТЭА – трансэлювиально-аккумулятивные; ТС – транссупераквальные; С – супераквальные; ТАкв – трансаквальные; Акв – аквальные.

Транзитные ландшафты характеризуются наличием солярно-экс-позиционной и гравитационной энергий, атмосферно-сточным увлажнением, повышенной эрозионной опасностью, обедненностью почв элементами питания.

Аккумулятивные ландшафты занимают, как правило, равнинные территории, прилегающие к склонам, замкнутые водоемы и поймы рек, на которых происходит преимущественно аккумуляция (осаждение и накопление) веществ. Эти ландшафты разделяются на **супераквальные** (гидроморфные, надводные), **субаквальные (подводные)** и **аквальные (водные)**. Супераквальные ландшафты часто формируются при участии грунтовых вод (тогда их называют гидроморфными). Они подразделяются на транссупераквальные, частично дренируемые, с интенсивным водообменом и собственно супераквальные ландшафты замкнутых понижений со слабым водообменом.

Аккумулятивные ландшафты характеризуются солярной энергетикой и специфическим микроклиматом, атмосферно-натечным и часто грунтовым увлажнением, наличием намывных почв, обогащенностью элементами питания, опасностью антропогенного загрязнения.

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

В пределах геохимических ландшафтов от местного водораздела к местной депрессии (местному базису денудации) формируются топографические ряды почв (ландшафтные фации), связанные между собой боковой миграцией веществ (поверхностной, внутрпочвенной или через грунтовые воды), которые получили название – **почвенно-геохимические катены, или ландшафтные катены**. В природе существуют ландшафтные катены различных геосистемных уровней. Микрокатены объ-

единяют микровышения и микрозападины, измеряемые метрами и десятками метров, а перепад высот в пределах одного метра. Мезокатены объединяют подурочища и измеряются десятками, сотнями метров и километрами с перепадом высот в десятки и сотни метров. Наконец, при среднемасштабных обследованиях выделяют макрокатены (склоны возвышенностей протяженностью в десятки километров).

Парагенетические геосистемы. Ландшафтные катены относятся к парагенетическим геосистемам, объединенным на градиентной (разница потенциальной гравитационной энергии), динамической основе латеральными вещественно-энергетическими потоками. Например, поверхностный или внутриводосточный сток ливневых осадков или талых вод связывает элювиальные, транзитные и аккумулятивные фации ландшафтов в единое целое, образуя парагенетическую систему. При этом элювиальные и транзитные фации катен подвержены эрозионному смыву, а в аккумулятивных фациях накапливаются смываемый мелкозем и элементы минерального питания.

Второй пример, овражно-балочная каскадная система включает фации и урочища: склонов и днищ лощин и балок, прибалочные склоны увалов, врезанный в балку овраг, пойму ручья, конус выноса в нижней части балки. Все они объединены потоком воды и смываемого материала почв и горных пород и представляют отдельное звено глобального или регионального круговорота веществ.

Более сложными являются парагенетические **каскадные** системы речных долин с их водосборными бассейнами (аренами). В них объединены все формы и элементы рельефа, принимающие участие в поверхностном и грунтовым стоке: вершины и склоны водоразделов, балки, овраги, террасы, поймы и др. Такие парагенетические системы называют каскадными, поскольку они состоят из нескольких ступеней: ложбина–лощина–балка – овраг с их водосборами, ручей–река–озеро или море.

Таким образом, парагенетические каскадные системы (водосборные бассейны или арены) могут быть разных масштабов: локальные (водосбор оврага, ручья), региональные (крупных рек) и даже планетарные (материки–океаны).

Ландшафтные геополья – это сферы влияния одних систем на другие. Они также относятся к парагенетическим системам. Поля могут быть гидрологической, геохимической, геофизической, биогенной основы.

Примеры геополей: влияние крупных городов на климат и загрязнение прилегающих территорий, влияние водоемов, лесных массивов, горных хребтов и др. на прилегающие территории. Ландшафтные геополья в отличие от ландшафтных катен являются диффузными образованиями. В них чаще всего проявляется взаимное влияние граничащих геосистем.

Пограничные полосы между различными геосистемами получили название **ландшафтный экотоп**. Термин заимствован из экологии. В экотопах особенно активно происходит обмен веществами и энергией между соседними геосистемами. Чем контрастнее геосистемы, тем больше величины градиентов между ними и тем активнее происходят обменные процессы. Существуют экотопы разных размерностей: локальные, региональные, планетарные. Примеры экотопов разных уровней: опушка леса, берег озера – локальные; морской берег, лесостепь, субтропики – региональные; педосфера и ландшафтная оболочка – планетарные.

Геохимические барьеры и ареалы аккумуляции. Миграция веществ с водой осуществляется во взвешенном, истинно растворимом и коллоидном состоянии. Чем выше растворимость веществ в воде, тем больше их миграционная способность. Б.Б. Польшов установил пять групп миграции веществ при элювиальном выветривании:

1. Энергично выносимые (Cl, Br, I, S) – 10 -n
2. Легко выносимые (Ca, Na, K, Mg) – 1-n
3. Подвижные (SiO₂, P, Mn) – 0,1-n
4. Слабо подвижные (Fe, Al, Ti) – 0,01-n
5. Инертные (SiO₂ кварца) – 0

Участки, где изменение условий миграции приводит к снижению подвижности или накоплению веществ, Б.Б. Польнов назвал геохимическими барьерами. Им выделено три типа геохимических барьеров.

1. Биогеохимические барьеры, при которых происходит биогенная аккумуляция химических элементов в лесных подстилках, гумусовых горизонтах почв, торфах и др.

2. Физико-химические барьеры приводят к накоплению химических соединений за счет осаждения при смене физико-химических условий. Выделяют окислительные, восстановительные, сульфатные, карбонатные, щелочные, кислые, испарительные, термодинамические барьеры. В качестве примеров можно привести образование ожелезненных горизонтов в подзолистых почвах, накопление болотных руд (окислительный барьер), образование аресалов с повышенным содержанием солей (испарительный) и др.

3. Механические барьеры образуются на участках изменения скорости движения вод, при этом происходит механическое осаждение взвешенных частиц. Они характерны для аллювиальных, делювиальных и иллювиальных процессов.

Геохимические барьеры могут быть вертикальными (на границе почвенных горизонтов), линейными (на границе различных геохимических ландшафтов), площадными, формирующими ареалы аккумуляции продуктов выветривания.

Морфологически геохимические барьеры делятся на радиальные (вертикальные) и латеральные (горизонтальные), характеризующие различные направления миграции потоков и типов взаимодействия в ландшафтах.

Для характеристики почвенно-геохимических процессов в системе почва – горная порода используется **коэффициент радиальной дифференциации (R)**, представляющий собой отношение подвижного или валового содержания химического элемента в том или ином генетическом горизонте почвы к его содержанию в почвообразующей породе.

11. 2. Введение в биогеохимию ландшафтов

Для понимания геохимической роли организмов в ландшафте необходимо рассматривать отдельно историю воздушных и водных мигрантов, определять содержание последних не в организме в целом, а в составе золы. Содержание большинства элементов в золе значительно отличается от их среднего содержания в земной коре, так как растения избирательно поглощают элементы. Интенсивность поглощения Б.Б. Польнов предложил характеризовать частным от деления количества элемента, содержащегося в золе растений, на количество элемента, содержащегося в почве или горной породе. Это частное называется **коэффициентом биологического поглощения (Ax)**.

$$Ax = I_x/n_x$$

где I_x – содержание элемента x в золе растений; n_x – содержание элемента x в горной породе или почве, на которой произрастает данное растение.

Интенсивность биологического поглощения элементов в данном ландшафте прямо пропорционально коэффициенту биологического поглощения.

Ранжированные значения Ax образуют ряды биологического поглощения, от-

ражающие особенности биологических циклов элементов в конкретных ландшафтах. Эта модификация Ax отражает потенциальную биогеохимическую подвижность элементов в ландшафтах (табл. 19).

Более объективную картину дает сравнение состава сухого вещества растений с подвижными, доступными для растений формами элементов (водорастворимыми, солевыми, органо-минеральными), извлекаемых из почв слабыми растворителями. Это отношение называется **коэффициентом биогеохимической подвижности (Bx)**.

Значения Bx для большинства элементов значительно выше, чем значения Ax , рассчитанные для валовых содержаний. Элементы, коэффициент биологического накопления которых Ax превышает 1, называются **элементами биологического накопления**. Среди них выделяются:

группа I – энергично накапливаемые (P, S, Cl)

группа II – сильно-накапливаемые (Ca, K, Mg, Na, Sr, B, Zn).

Содержание остальных элементов в золе обычно ниже, чем в горных породах. Некоторые элементы III группы имеют Ax более 1 и также могут концентрироваться биогенным путем (Si, Ni, Co и др.). Интенсивность их биологического накопления все же ниже, чем у элементов II группы.

Большинство элементов III группы и все элементы IV группы только захватываются, а не накапливаются организмами.

Рассматривая ряды биологического поглощения, устанавливаем очень интенсивное поглощение сильных анионов (Cl, S, P), для которых Ax составляет $(n \times 10) - (n \times 100)$ и значительно более слабое поглощение катионов (Ca, Mg, Na, K), для которых Ax равен n . Из этого вытекает один из основных законов биогеохимии ландшафтов – интенсивность поглощения организмами сильных анионов (Cl, S, P) в десятки раз больше, чем интенсивность поглощения сильных катионов (Ca, Mg, Na, K).

Огромную биогеохимическую роль выполняет в результате своей геологической деятельности человек. Ежегодно из недр Земли извлекается до нескольких десятков тонн горной породы на душу населения. Человек влияет на химический и изотопный состав атмосферы, биосферы и земной коры, и это влияние с каждым столетием непрерывно растет.

Таблица 19 – Ряды биологического поглощения элементов

Химический элемент	Ряды биологического поглощения
P, S, Cl, I	I. Энергично накапливаемые
K, Ca, Mg, Na, Sr, B, Zn, Ag, Mn	II. Сильно накапливаемые
Ba, Cu, Ni, Co, Mo, As, Cd, Be, Hg, Se, Ra	III. Слабого накопления и среднего захвата
Fe, Si, F, Rb, V, Li, Cs	IV. Слабого захвата
Ti, Cr, Pb, Al	V. Слабого и очень слабого захвата

Химические элементы, постоянно содержащиеся в организмах млекопитающих, по их изученности и значению можно разделить на 3 группы (табл. 20) – элементы, входящие в состав биологически активных соединений (ферменты, гормоны, витамины, пигменты) (I), они являются незаменимыми; элементы, физиологическая и биохимическая роль которых мало выяснена (II) или неизвестна (III).

Участие живого вещества в биогеохимических процессах проявляется прямо либо косвенно. Так, после гибели организмов органическое вещество непосредственно участвует в образовании диатомита, известняков, углей, нефти и др. Зеленые рас-

тения в результате фотосинтетической деятельности создают всю массу кислорода современной атмосферы Земли. Морские водоросли концентрируют значительные количества йода, после их гибели в морских илах происходят захоронение и процесс превращения органического детрита в вещество нефти. В результате выпрессовывания из захороненных илов жидкой нефти в пористые породы (пески и другие коллекторы) выдавливаются иловые воды, содержащие большое количество йода.

Еще более разнообразно косвенное влияние организмов и продуктов их жизнедеятельности на геохимические процессы. Микроорганизмы участвуют, например, в окислении соединений железа, марганца и других элементов, что ведет к выпадению их из природных растворов и отложению в осадках. Микроорганизмы восстанавливают сульфаты, образуя биогенные месторождения серы и т.д. Под влиянием живого вещества изменяются во времени геохимические процессы. Так, когда на Земле еще не было биосферы, уран, германий и ванадий концентрировались в осадочных железных рудах, а с ее появлением уран, ванадий и германий накапливаются и в некоторых ископаемых углях и битумах.

Таблица 20 – Содержание химических элементов в организме млекопитающих

Содержание элементов, в % на сухое вещество (порядок величин)	Группы элементов		
	I	II	III
	незаменимые	роль мало выяснена	роль неизвестна
10^1-10^0	O, C, H, N, Ca		
10^0-10^{-1}	P, K, Cl, S, Na		
$10^{-1}-10^{-2}$	Mg		
$10^{-2}-10^{-3}$	Zn, Fe	Sr	
$10^{-3}-10^{-4}$	Cu	Cd, Br	Li, Cs
$10^{-3}-10^{-5}$	I	F	Sn
$10^{-4}-10^{-5}$	Mn, V	B, Si	Al, Ba, Cr
$10^{-4}-10^{-6}$	Mo		Rb
$10^{-4}-10^{-7}$		Be	Ag
$10^{-5}-10^{-6}$	Co	Ni	Ga, Ce, As, Hg, Pb, Bi, Ti
$10^{-5}-10^{-7}$	Se		Sb, U
$10^{-6}-10^{-7}$			Th
$10^{-11}-10^{-12}$			Ra

Исключительную роль живое вещество наряду с H_2O и CO_2 играет в процессах выветривания и образования осадочных пород (биогенных осадков в морях и океанах). Представляет интерес участие организмов в процессах разделения близких по свойствам пар химических элементов, например Si/Ge, Fe/Mn, K/Na, Ca/Sr и т.д. В свою очередь среда обитания отражается на составе организмов. В пределах определенных территорий зональных и аazonальных возникают формы организмов, накапливающие иногда значительные количества какого либо химического элемента, т.е. имеет место интенсивная биогенная миграция. Известно также, что организмы участвуют в нарушении изотопного состава ряда легких химических элементов (углерода, кислорода, серы). Как правило, в биогенных процессах организмами поглощаются преимущественно более легкие изотопы. Такие аномальные явления позволили В.А. Виноградову сформулировать учение о биогеохимических провинциях.

Биогеохимические провинции – это области на поверхности Земли, различающиеся по содержанию (в их почвах, водах и т.п.) химических элементов (или соединений), с которыми связаны определенные биологические реакции со стороны местной

флоры и фауны. Состав почв влияет на подбор, распределение растений и на их изменчивость под влиянием тех или иных химических соединений или химических элементов, находящихся в почвах. Границы распространения определенной флоры или фауны в пределах одной почвенной зоны нередко совпадают с областью развития известных горных пород или геологических формаций. Хорошо известна специфическая растительность, распространенная на серпентинитах, известняках, в бессточных засоленных областях, на песках и т.п. Резкая недостаточность или избыточность содержания какого-либо химического элемента в среде вызывает в пределах данной биогеохимической провинции биогеохимические эндемии – заболевания растений, животных и человека. Например, при недостаточности йода в пище возникает зоб у животных и людей, при избыточности селена в почвах – появление ядовитой селеновой флоры и многие другие эндемии. По генезису выделяются 2 типа биогеохимических провинций:

1. Биогеохимические провинции, приуроченные к определенным почвенным зонам в виде отдельных пятен или областей и определяемые недостаточностью того или иного химического элемента в среде. Например, для зоны подзолистых и дерново-подзолистых почв Северного полушария, простирающихся почти через всю Евразию, характерны биогеохимические провинции, связанные с недостаточностью йода, кальция, кобальта, меди и др. Подобные биогеохимические провинции с характерными для них эндемиями (зоб, акабальтоз, ломкость костей у животных и т.п.) не встречаются в соседней зоне черноземов. Причина лежит в большой подвижности ионов I, Ca, Co, Cu и др., легко вымываемых из подзолистых почв. Подобный процесс имеет место и в аналогичных почвах Южного полушария. Этот тип биогеохимических провинций носит негативный характер, так как возникает в результате недостаточности того или иного химического элемента в среде.

2. Биогеохимические провинции и эндемии, встречающиеся в любой зоне. В этом смысле они имеют интразональный характер и возникают на фоне первичных или вторичных ореолов рассеяния рудного вещества месторождений, соленых отложений, вулканогенных эманации и т.п. Например, борные биогеохимические провинции и эндемии (среди флоры и фауны) обнаружены в бессточных областях; флюороз человека и животных – в области недавно действующих вулканов, месторождений флюорита и фторапатита; молибденозис животных – в пределах месторождений молибдена и т.п. Этот тип провинций и эндемий имеет преимущественно позитивный характер, поскольку связан с избыточным содержанием химических элементов в среде.

Химические элементы, образующие хорошо растворимые соединения в почвенных условиях, вызывают наиболее сильную биологическую реакцию у местной флоры. Имеет значение и форма нахождения химических элементов в среде. Например, молибден вызывает у животных заболевание только в районах со щелочными почвами (молибденовая кислота дает растворимые соединения со щелочами); в районах кислых почв избыток молибдена не вызывает заболеваний. Химические элементы Ti, Zr, Hf, Th, Sn, Pt и многие другие, не образующие в почвенных условиях легкоподвижных растворимых соединений, не вызывают образования биогеохимических провинций и эндемий.

В пределах биогеохимической провинции различают 2 вида концентрации организмами химических элементов:

- **групповой** – когда все виды растений в данной провинции в той или иной степени накапливают определенный химический элемент;
- **селективный** – когда имеются определенные организмы концентраторы того или иного химического элемента вне зависимости от уровня содержания этого элемента в среде. Известны различные виды растений, которые в биогеохимических

провинциях концентрируют определенные элементы и подвергаются при этом изменчивости. К ним относятся специфическая галмейная флора (концентрирующая Zn), известковая, селеновая, галофитная, серпентинитовая флора и многие другие.

В зависимости от конституционных свойств данного вида организма, и особенно при длительном изолированном существовании его в той или иной биогеохимической провинции, возникает изменчивость организмов – появление физиологических рас (без видимых внешних изменений), вариаций, подвидов и видов. Это сопровождается повышением содержания в организмах соответствующих химических элементов – Cu, Zn, Se, Sr и др. Появляются также химические мутанты с изменением в ядрах клеток числа хромосом. Изменчивость может приобрести наследственный характер, особенно у микроорганизмов.

Многие редкие и рассеянные химические элементы (микроэлементы) играют значительную физиологическую роль, входя в физиологически важные органические соединения у организмов – в дыхательные пигменты, ферменты, витамины, гормоны и другие акцессорные физиологически важные вещества.

Известно более 30 химических элементов (Li, B, Be, C, N, F, Na, Mg, Al, Si, P, S, Cl, K, Ca, V, Mn, Cu, Zn, As, Se, Br, Mo, I, Ba, Pb, U и др.), с которыми связано образование биогеохимических провинций, эндемий и появление организмов-концентраторов.

На основе изучения химической экологии биогеохимических провинций в практику борьбы с соответствующей эндемией широко вошло использование химических элементов (B, Cu, Mn, Co, I и др.) в качестве удобрения или подкормки животных. На основе изучения содержания химических элементов в почвах и растениях был создан биогеохимический метод поисков полезных ископаемых. В геологическом прошлом биогеохимические провинции также играли значительную роль в отборе и изменении флоры и фауны. Реконструкция палеобиогеохимических провинций может многое объяснить в эволюции органического мира.

Огромную биогеохимическую роль выполняет в результате своей геологической деятельности человек. Ежегодно из недр Земли извлекается до нескольких десятков тонн горной породы на душу населения. Человек влияет на химический и изотопный состав атмосферы, биосферы и земной коры, и это влияние с каждым столетием непрерывно растет.

Вопросы и задания

1. Определение элементарного геохимического ландшафта.
2. Характеристика элювиальных ландшафтов.
3. Характеристика суперкавальных ландшафтов.
4. Что такое парагенетические системы?
5. Привести примеры парагенетических геосистем.
6. Что такое ландшафтные геополья?
7. Что такое ландшафтный экотоп?
8. Характеристика типов геохимических барьеров по Б.Б. Польнову.
9. Что изучает наука биогеохимия?
10. Что называется коэффициентом биологического поглощения?
11. По какому принципу выделяют биогеохимические провинции?

12. Природно-антропогенные ландшафты

12.1. Антропогенезация ландшафтов

Под природно-антропогенными ландшафтами понимаются ландшафты, в той или иной степени измененные в результате деятельности человека. Результаты изменений могут быть как позитивными, так и негативными. Если еще 2–3 столетия назад вмешательство человека в природу носило локальный характер, то в настоящее время последствия вмешательства стали глобальными. При этом степень вмешательства человека в природную среду и тесно связанные с ней плотность заселения территорий человеком и распаханность земель носят явно выраженные зональные, секторные и высотные закономерности, связанные в первую очередь с биоклиматическими условиями.

В результате воздействия человека происходит изменение строения, состояния, функционирования, устойчивости и других параметров, характеризующих ландшафт. Это связано с изъятием человеком из ландшафта энергии, веществ или подачи их в ландшафт.

Существует много подходов к классификации природно-антропогенных ландшафтов. Л.К. Казаков (2001) приводит примеры классификаций, основанных на разных принципах.

1. **По региональному признаку природопользования:** оленеводческие, промыслово-охотничьи, горного земледелия, чаеводческие, поливного земледелия и др.

2. **По типам природопользования:** *собираательные* (промысловые, сенокосные и др.); *промышленно-сырьевые* (горнодобывающие, лесохозяйственные, водохозяйственные и др.); *производственные* (сельскохозяйственные, сельскохозяйственные или агроландшафты, промышленные и др.); *местопользовательские* (селитебные, транспортные, рекреационные и др.); *природоохранные* (заповедники, заказники).

3. **Экологические:** *по степени загрязнения, по степени нарушенности, по форме нарушений, по природоулучшающей ориентации, природоохранные.*

4. **По степени окультуренности:** культурные, окультуренные, дичающие, маргинальные, самовосстанавливающиеся.

5. **По этнокультурным особенностям:** поморские поселения, оленеводческие стойбища и др.

6. **По степени изменения хозяйственной деятельности:** природные, квази-природные, полуприродные, антропогенные или искусственные.

По степени экологического совершенства выделяют культурные и акультурные ландшафты. Последние включают деградированные. По Н.Ф. Реймерсу, **культурный ландшафт** – это целенаправленно созданный антропогенный ландшафт, обладающий целесообразными для человеческого общества структурой и функциональными свойствами. Культурный ландшафт включает зеленые насаждения, в том числе древесные. В нем сочетаются основные положения ландшафтной архитектуры. Он управляется человеком. Одно из основных условий при формировании культурного ландшафта – достижение максимальной производительности возобновляемых природных ресурсов, и прежде всего биологических, при исключении всех негативных деградационных процессов.

В качестве примера культурных ландшафтов можно привести национальные и природные парки, участки садоводческих товариществ и др.

Объектом изучения студентов сельскохозяйственных вузов являются сельскохозяйственные ландшафты. Существуют понятия сельскохозяйственного ландшафта и агроландшафта. Первый обычно рассматривается в общесельскохозяйственном и социальном аспекте, второй – с позиций земледелия. В соответствии с ГОСТ 17.87.1.02.88 **сельскохозяйственным ландшафтом** называется ландшафт, используемый для целей сельскохозяйственного производства, формирующийся и функционирующий под его влиянием.

К сельскохозяйственным ландшафтам относятся также ландшафтно-инженерные системы – животноводческие фермы, тепличные хозяйства, территории с системами орошения и осушения и др. Кроме того, сельскохозяйственные ландшафты включают села, деревни, а также лесные насаждения, сады, пруды, озера, реки и др.

Агроландшафты включают полевые ландшафты с посевами сельскохозяйственных культур. В посевах формируются специфические фитоценозы (агрофитоценозы, агроценозы, агроэкосистемы), изучением которых занимается сравнительно молодая наука агрофитоценология. Агроэкосистема это ресурсовоспроизводящая и средообразующая геоэкосистема, которая является объектом сельскохозяйственной деятельности и средой обитания культурных растений, домашних и в меньшей степени диких животных, микроорганизмов и человека. Главный процесс воспроизводства ресурсов – фотосинтез, протекающий за счет солнечной энергии.

В таблице 21 приведены отличительные особенности функционирования природных экосистем и агроэкосистем.

Таблица 21 – Отличительные особенности функционирования биогеоценозов и агроценозов (В.И. Кирюшин, 2006)

Показатель	Биогеоценозы	Агроценозы
Направление отбора	Естественный	Искусственный
Источник энергии	Солнце	Солнце и антропогенная энергия
Генетическое разнообразие	Большое	Монодоминантное сообщество
Ритм продукционного процесса	Разновременность развития процесса	Одновременность
Длительность взаимодействия растения с почвой	Высокая	Сокращенная
Ритм деструкционных процессов в связи с продукционным процессом	Высокая корреляция	Сильный сдвиг
Степень скомпенсированности круговорота веществ	Высокая	Низкая
Регуляция системы	Саморегулирующаяся	Управляемая человеком
Длительность покрытия почвы растительностью и ее остатками	Постоянно	Ограниченно
Подверженность деградации	Низкая	Высокая
Роль животных в почвообразовании	Значительная	Весьма ограниченная

Антропогенезация ландшафтов приводит к ряду негативных последствий. Наиболее значимые из них: обезлесение суши, опустынивание территорий, техногенное и агрогенное загрязнение, урбанизация, засоление, заболачивание, водная и ветровая эрозия почв, глобализация. Промышленность выделяет в географическую среду большое количество тепла и различных производственных отходов. Населенные пункты и особенно города поставляют большое количество бытовых отходов. Транспорт загрязняет атмосферу, почвы, биоту и грунтовые воды продуктами сгорания.

Обезлесение суши. В доисторические времена суша на 70% была покрыта лесами. Сейчас ее лесистость около 27% и продолжает падать (Л.К. Казаков, 2001). В последние десятилетия обострилась проблема сведения лесов в России. Особенно много лесов вырублено в европейской части России и на Дальнем Востоке. Обезлесение суши приводит к уменьшению транспирации влаги, влажности воздуха, к увеличению весеннего поверхностного стока, усилению эрозийных процессов, изменению уровня грунтовых вод и другим негативным последствиям. Обезлесение суши приводит к нарушению кислородного баланса атмосферы, поскольку лес основной источник кислорода.

Опустынивание территорий. За последнее столетие площадь пустынь и опустыненных земель возросла в 2,5 раза, с 1,1 до 2,6 млрд га (Исаков и др., 1980). Происходит в основном в аридных и семиаридных областях под воздействием сельскохозяйственного использования земель. Опустынивание вызывают такие факторы, как сведение растительности скотом, вырубка лесов и кустарников, дефляция и водная эрозия, вторичное засоление при поливном земледелии без создания хорошего дренажа и водами повышенной минерализации.

Водная эрозия и дефляция. Усиление эрозионных процессов связано с распашкой значительных территорий. Только в европейской части России насчитывается более 2 млн оврагов протяженностью около 250 тыс. км.

Водная эрозия имеет широкое распространение. Она проявляется практически во всех областях, где имеются уклоны более 1,5°, за исключением полупустынной и пустынной зон с небольшим количеством осадков и малоснежными зимами. Почвы, подверженные поверхностной эрозии, называются смытыми, или эродированными. Они подразделяются по степени эродированности в зависимости от мощности смытого слоя на слабо-, средне- и сильноэродированные, или смытые. В нижних частях склонов выделяют намывные почвы.

Плодородие почв снижается по мере увеличения степени смыва. Подсчитано, что на слабосмытых почвах недобор урожая в среднем составляет 10–20%, на среднесмытых – 40–60, а на сильносмытых – 80% и более. Это связано с потерей гумуса и элементов питания, снижением биологической активности, ухудшением структуры и других свойств почв.

Почва, смываемая с полей, откладывается в прудах, озерах, водохранилищах, попадает в каналы и реки. Заиливание водоемов и повышение мутности воды в реках резко ухудшает экологическую ситуацию, работу систем водоснабжения и водного транспорта. При стоке воды и смыве почвы с пашни отжуждаются от 10 до 30% внесенных удобрений и пестицидов, которые еще в большей степени ухудшают экологическое состояние и качество воды в реках и водоемах. При смыве и дефляции почв происходит перераспределение радионуклидов тяжелых металлов и образуются новые загрязненные очаги их распространения.

Овражная эрозия приводит к нарушению дорожной сети, изменяет размеры полей, сокращает площади сельскохозяйственных угодий. Только в черноземной зоне России ежегодно овраги «съедают» до 70–80 га земли.

Ирригационная эрозия – смыв почвы на склонах при орошении. Ее интенсивность зависит от способа орошения. Полив по бороздам применяют при орошении кукурузы, томатов, сахарной свеклы, хлопчатника. Ширина междурядий на посевах этих культур составляет 0,6–0,9 м, а ширина водного потока в поливной борозде – до 0,2 м. Потери почвы за один полив могут достигать 100 т/га из-за повышенной скорости водного потока. Полив по полосам применяют при орошении трав и зерновых культур. Ширина полос водного потока измеряется единицами метров, поэтому скорость течения воды значительно меньше, чем в бороздах, и эрозия проявляется слабее. При поливе по чекам (орошение риса) ирригационная эрозия еще слабее или практически не выражена из-за отсутствия уклонов чеков. Дождевание используют при поливе всех сельскохозяйственных культур. Поверхностный сток и эрозия почв при дождевании возникают в том случае, когда его интенсивность превышает интенсивность впитывания воды почвой.

Дефляция почв проявляется во всех зонах, но в большей степени она характерна для аридных территорий со среднегодовым количеством осадков менее 300 мм, к которым относятся южные регионы России. Проявляется дефляция в виде пыльных

бурь и местной (повседневной) ветровой эрозии. Главной причиной ветровой эрозии, так же как и водной, является нерациональная хозяйственная деятельность человека.

Пыльные бури происходят при больших скоростях ветра, более 15–20 м/сек, при этом мелкие почвенные частицы размером менее 0,1 мм поднимаются на большую высоту (сотни метров), дальность переноса может достигать сотен и тысяч километров.

Повседневная эрозия проявляется при более низких скоростях ветра и ограничивается переносом частиц в пределах одного поля или нескольких соседних полей. При этом частицы размером 0,1–0,5 мм передвигаются скачкообразно, поднимаясь в воздух и опускаясь на поверхность почвы. Более крупные частицы размером 0,5–3 мм передвигаются скольжением по поверхности почвы. И в том и в другом случае передвигающиеся частицы разрушают поверхность почвы и способствуют вовлечению новых порций в движение. Поэтому в процессе воздействия ветра его разрушительная сила возрастает. Прогрессирующее ускорение ветровой эрозии происходит во времени и в пространстве.

Ущерб, причиняемый ветровой эрозией, весьма многообразен. Пыльные бури приводят к уничтожению посевов, засыпают каналы, дороги, лесополосы, нарушают работу наземного транспорта и авиации, переносят водорастворимые соли и токсианты, вызывают опасность для здоровья людей и животных.

Повседневная ветровая эрозия приводит к выдуванию наиболее плодородного пахотного слоя почв, механически повреждает посевы сельскохозяйственных культур.

Урбанизация – это рост количества городов и численности городского населения. По данным ООН к концу XX века численность городского населения в Западной Европе составляла 81%, в Латинской Америке 75%, в странах Азии и Африки от 28 до 38%. Города и промышленно-транспортные системы занимают около 4% площади суши. Однако их влияние на природные ландшафты уже сейчас выходит за рамки локального уровня. Трансформации подвергаются практически все компоненты ландшафта, включая литогенную основу. Особенно сильному изменению подвержены растительность, почвы, грунтовые воды, климатические показатели.

Загрязнение природной среды. Загрязнению подвергаются почвы, грунтовые и поверхностные воды, атмосфера, растения, в том числе продукты питания. Различают техногенное загрязнение почв, связанное с деятельностью промышленных предприятий, транспорта, и агрогенное – результат сельскохозяйственного использования земель (внесение удобрений, пестицидов, химических мелиорантов и др.).

Техногенные выбросы возникают в результате сжигания различных видов топлива или от газообразных и аэрозольных отходов промышленных предприятий черной и цветной металлургии, химических комбинатов, автотранспорта.

Значительным источником техногенного загрязнения является перевозка топлива, добыча и транспорт нефти, газов, сточные воды промышленных предприятий, свалки промышленных и бытовых отходов. В число загрязнителей почв и ландшафтов входят тяжелые металлы, радионуклиды, пестициды, жидкие углеводороды, синтетические органические вещества, ряд производных соединений углерода, серы, азота, фтора и др. Согласно действующему ГОСТу химические вещества-загрязнители подразделяются на три класса по степени опасности (табл. 22).

Для определения класса опасности (табл. 23) используют показатель токсичности ЛД₅₀ – летальная доза химического вещества, мг/кг живой массы, вызывающая при внесении в организм гибель 50% животных; персистентность в почве и в растениях – продолжительность сохранения биологической активности загрязняющего вещества, характеризующая степень его устойчивости к процессу разложения; ПДК (предельно допустимые концентрации загрязняющего вещества) – максимальные массо-

вые доли химического вещества, не вызывающие прямого или косвенного влияния, включая отдаленные последствия, на окружающую среду и здоровье человека.

Таблица 22 – Классы загрязняющих веществ по степени их опасности

Класс	Химические вещества
1. Высокоопасные	Мышьяк, кадмий, ртуть, селен, свинец, фтор, бензапирен
2. Умеренно опасные	Бор, кобальт, никель, молибден, хром, медь, сурьма
3. Малоопасные	Барий, ванадий, вольфрам, марганец, стронций, ацетофенол

Для определения ПДК загрязнителей используется ряд подходов, направленных на сохранение в почве нативных свойств и процессов, обеспечение получения гигиенически пригодной и экономически оправданной растительной продукции, пресечения повышенного, опасного для здоровья человека и животных развития патогенной микрофлоры. В разработке ПДК принимают участие почвоведы, микробиологи, медики и другие специалисты. Для оценки загрязнения почв тяжелыми металлами сравнивают их содержание с фоновыми показателями. При этом оценивается как валовое содержание загрязнителя в почве, так и его концентрации, доступные для растений (подвижные формы).

Таблица 23 – Показатели для определения класса опасности химического загрязнения

Показатель	Нормы классов опасности		
	I	II	III
Токсичность, ЛД ₅₀	<200	200-1000	> 1000
Персистентность в почве, мес.	>12	6-12	<6
ПДК в почве, мг/кг	<0,2	0,2-0,5	>0,5
Миграция	мигрируют	слабо мигрируют	не мигрируют
Персистентность в растениях, мес.	>3	1-3	<1
Влияние на пищевую ценность сельскохозяйственной продукции	сильное	умеренное	нет

Агрогенное загрязнение вызывается вредными для растений и животных веществами, поступающими в почву при их сельскохозяйственном использовании. Источниками загрязнения при этом являются минеральные удобрения и химические мелиоранты, пестициды, сточные воды, используемые при орошении, осадки сточных вод и др. (табл. 24).

Загрязнение радионуклидами связано с атомными взрывами, авариями на атомных станциях, отходами атомной промышленности и др. Особенностью радиоактивных загрязнителей является то, что они не изменяют уровень плодородия почв, но накапливаются в урожае, в организме животных и человека.

Радионуклиды сохраняются в почвах длительное время и представляют большую экологическую опасность.

Различают естественную радиоактивность почв, вызванную содержанием в почвах и породах изотопов урана, радия, тория, калия-40, рубидия-87, углерода-14 и трития – сверхтяжелого изотопа водорода.

Концентрации естественных радионуклидов невысокие и не представляют угрозы для окружающей среды и человека.

Наиболее опасны долгоживущие антропогенные радионуклиды, которые ха-

рактируются продолжительным временем их пребывания в почвах. К ним относятся: стронций-90 (^{90}Sr), цезий-137 (^{137}Cs), йод-129 (^{129}I), рубидий-106 (^{106}Ru), плутоний-239 (^{239}Pu), уран-238 (^{238}U), церий-144 (^{144}Ce), торий-232 (^{232}Th), радий-226 (^{226}Ra). У стронция-90 период полураспада 28 лет, у цезия-137 – 33 года, у урана-238 – $4,5 \cdot 10^9$ лет, а у некоторых долгоживущих радионуклидов сотни и тысячи лет.

По степени подвижности в почвах антропогенные радионуклиды образуют следующий ряд: стронций > рубидий > цезий > церий > йод > плутоний.

Цезий и стронций наиболее активно вовлекаются в биологический круговорот веществ благодаря тому, что цезий является аналогом калия, а стронций – кальция.

Таблица 24 – Сельскохозяйственные источники загрязнения почв тяжелыми металлами, мг/кг сухой массы (по данным ЦИНАО, 1992)

Элемент	Орошение сточными водами	Фосфатные удобрения	Известковые материалы	Азотные удобрения	Органические удобрения	Пестициды
As	2-26	2-1200	0,1-24	2,2-120	3-25	22-60
Cd	1-1500	0,1-170	0,04-0,1	0,05-8,5	0,3-0,8	-
Co	2-260	1-12	0,4-3,0	5,4-12	0,3-24	-
Cr	20-40 000	66-245	10-15	3,2-19	5,2-55	-
Си	50-3300	1-300	2-125	1-15	2-60	12-50
F	2-740	8500-38 000	300	-	7	18-45
Hg	0,1-55	0,01-1,2	0,05	0,3-2,9	0,09-0,2	12-50
Mn	60-3900	40-2000	40-1200	-	30-550	-
Mo	1-40	0,1-60	0,1-15	1-7	0,05-3	-
Ni	16-5300	7-38	10-20	7-34	7,8-30	-
Pb	50-3000	7-225	20-1250	2-27	6,6-15	60
Se	2-9	0,5-25	0,08-0,1	-	2,4	-
Sn	40-700	3-19	0,5-4,0	1,4-16,0	3,8	-
Zn	700-49 000	50-1450	10-450	1-42	15-250	1,3-25

Скорость самоочищения почв от радионуклидов зависит от скорости их радиоактивного распада и миграционной способности. В тяжелых (глинистых и тяжело-суглинистых) почвах радионуклиды в течение длительного времени находятся в верхнем (10 см) слое целинных почв или в пахотном слое освоенных почв. В песчаных почвах они в течение первых десятилетий просачиваются в более глубокие слои и могут проникать в грунтовые воды. Миграция радионуклидов осуществляется с поверхностным стоком и ветровыми потоками, что приводит к расширению ареалов загрязнения.

Мероприятия по предотвращению и снижению токсикологического действия радионуклидов и тяжелых металлов направлены на снижение их подвижности в почвах и поступления в растения. К ним относятся известкование кислых почв, внесение органических и минеральных удобрений, внесение мелиорантов – высокоемкостных минералов (искусственных и природных цеолитов), захоронение загрязненного слоя на глубину 40–50 см и др.

Глобализация – это транснациональная экспансия западной потребительской цивилизации. Она часто сопровождается внедрением в слаборазвитые страны грязных и вредных технологий, ведущих к деградации ландшафтов.

12.2. Классификация и типизация земель России

«Ландшафт» является природно-географической категорией, а «земли», в первую очередь, социально-экономическая категория, пространственная основа жизнеобеспечения человека и его хозяйственной деятельности. Понятия «земли» включают все компоненты ландшафта: литогенную основу, почву, биоту, грунтовые и поверхностные воды, воздушные массы приземного слоя тропосферы.

В принятой классификации земель России (Ю.В. Федорин, 1981) выделяются категории и классы земель.

Классы земель – участки с близкими природными и хозяйственными качествами, общностью использования, приемом окультуривания и охраны. Они выделяются по условиям рельефа, гранулометрическому составу почв и почвообразующих пород. Классы объединяются в категории по условиям увлажнения, пригодности использования под те или иные сельскохозяйственные угодья.

Всего выделено 7 категорий и 37 классов земель.

Категория 1. Земли, пригодные под пашню. В эту категорию объединены 14 классов, включающих земли водоразделов и склонов с крутизной до 10° и с временным переувлажнением.

Категория 2. Земли, пригодные преимущественно под сенокосы. Включает 4 класса пойменных луговых и внепойменных луговых (переувлажненных) земель.

Категория 3. Земли пастбищные, после улучшения могут быть использованы под другие сельскохозяйственные угодья. В категорию объединены 7 классов, включающие заболоченные, солонцеватые, склоновые (с крутизной более 10°), сильнокаменистые земли и задернованные пески.

Категория 4. Земли, пригодные под сельскохозяйственные угодья после коренных мелиораций. Включает 5 классов (болота, солончаки, овражно-балочные комплексы, развечаемые пески).

Категория 5. Земли, малопригодные под сельскохозяйственные угодья. Включает 2 класса: болотные верховые и каменистые россыпи.

Категория 6. Земли, непригодные под сельскохозяйственные угодья. Включает 2 класса: обнажения скальных пород и ледники.

Категория 7. Нарушенные земли. Включает 2 класса: торфоразработки и горные выработки.

Классификация земель входит в систему природно-сельскохозяйственного районирования и является более детальным ее продолжением.

12.3. Агроэкологическая типизация и ландшафтно-экологическая классификация земель

Кирюшин В.И. (1996, 2000) разработал новую систему агроэко-логической типизации и ландшафтно-экологическую классификацию земель на основе работ Л.Г. Раменского, В.М. Фридланда, К.В. Зворыкина, Г.С. Гриня, Я.М. Годельмана, которые являются основой для разработки адаптивно-ландшафтных систем земледелия.

Адаптивно-ландшафтные системы земледелия разрабатываются на основе агроэкологических требований растений, их средообразующего влияния и возможностей ландшафта и хозяйственной деятельности обеспечить эти требования. В основу типологии положен **агроэкологический тип земель** – «территория однородная по условиям возделывания сельскохозяйственных культур или близких по экологическим требованиям культур». В качестве первичного структурного элемента для выделения типов В.И. Кирюшин предложил **элементарный ареал агроландшафта** (ЭАА), под которым понимается «участок на элементе мезорельефа, ограниченный

элементарным почвенным ареалом или элементарной почвенной структурой, при одинаковых геологических, литологических и микроклиматических условиях». ЭАА примерно соответствует фации, но может быть крупнее ее, поскольку может включать несколько почвенных разностей, представляющих собой элементарную почвенную структуру. Схема агроэкологической типизации земель представлена на рис. 3.

Ландшафтно-экологическая классификация земель, по В.И. Кирюшину, имеет следующее построение:

- агроэкологическая группа* (ландшафты плакорные, эрозийные, переувлажненные);
- агроэкологическая подгруппа* (по степени проявления лимитирующих факторов);
- разряды I порядка* (местоположение по абсолютным высотам над уровнем моря);
- разряды II порядка* (по морфологическим типам рельефа);
- классы* (по генезису почвообразующих пород);
- подклассы* (по гранулометрическому составу почвообразующих пород);
- роды* (по мезоформам рельефа);
- подроды* (по крутизне склона и по экспозиции склона);
- виды* (по элементарным почвенным структурам);
- подвиды* (по контрастности и сложности ЭПС).



Рис. 3. Агроэкологическая типизация земель (по В.И. Кирюшину, 2000)

Лимитирующие факторы возделывания сельскохозяйственных культур данной классификации разделяются на четыре группы: управляемые (обеспеченность почв элементами минерального питания); регулируемые (реакция среды, окислительно-восстановительное состояние, содержание обменного натрия, засоление, мощность пахотного слоя и др.); **ограниченно регулируемые** (неоднородность почвенного по-

крова, связанная с микрорельефом, сложение, структурное состояние, водный и тепловой режимы, содержание гумуса и др.); *нерегулируемые* (гранулометрический состав, глубина залегания коренных пород, рельеф, погодные условия и др.).

В соответствии с характером лимитирующих факторов и набором мероприятий по их преодолению типы земель ранжируются по шести категориям.

I категория. Земли, пригодные для возделывания сельскохозяйственных культур без особых ограничений, за исключением управляемых факторов.

II категория. Земли, пригодные для возделывания сельскохозяйственных культур с ограничениями, которые могут быть преодолены простыми агротехническими, мелиоративными и противоэрозийными мероприятиями. Они делятся на две группы:

1) с ограничениями, преодолеваемыми простыми агротехническими и мелиоративными мероприятиями (известкование, углубление пахотного слоя, уборка камней и др.);

2) с ограничениями, преодолеваемыми с помощью агротехнических мелиораций и противоэрозийных мероприятий (почвозащитные системы земледелия, глубокое рыление и др.).

III категория. Земли, пригодные для возделывания сельскохозяйственных культур с ограничениями, которые могут быть преодолены средне затратными гидротехническими, химическими, лесомелиоративными и комплексными мелиорациями. Они делятся на три группы:

1) переувлажненные земли, которые могут быть улучшены простыми дренажными системами;

2) земли, требующие затратных, агротехнических, химических, комбинированных мелиораций (мелиоративные обработки и химические мелиорации);

3) земли, требующие противоэрозийных, гидротехнических и лесомелиоративных мероприятий при контурной организации территории.

IV категория. Земли, малоприспособленные для возделывания сельскохозяйственных культур вследствие неустраняемых ограничений по условиям литологии почвообразующих пород (маломощные почвы с близким залеганием коренных пород).

V категория. Земли, потенциально пригодные для возделывания сельскохозяйственных культур после сложных гидротехнических мелиораций (болотные, солончаки, такыры и др.).

VI категория. Земли, непригодные для возделывания сельскохозяйственных культур из-за неустраняемых ограничений и очень низких возможностей адаптации. Эти земли предполагается классифицировать далее по условиям использования под пастбища, лесные угодья и для других целей.

Формирование агроэкологических типов земель. Типы земель формируются путем объединения ЭАА, отвечающих требованиям возделывания определенной культуры или группы культур. Для этого агроэкологические требования культур сопоставляют с характеристиками ЭАА (микроклимат, рельеф, грунтовые воды, свойства почв и др.). При соответствии требований культур и характеристик ЭАА его относят к первой категории земель, как не имеющих экологических ограничений, за исключением управляемых факторов. Если ЭАА не удовлетворяет культуры по каким-то показателям, то его относят к соответствующим последующим категориям. В первую очередь выделяют агроэкологические типы земель для наиболее требовательных к почвенно-экологическим условиям культур (плодовые, овощные, виноградники и др.), затем для севооборотов с наиболее требовательными полевыми культурами (сахарная свекла, кукуруза, картофель и др.), далее по возрастающей устойчивости к лимитирующим факто-

рам для севооборотов с менее требовательными культурами, многолетних трав, сенокосов и пастбищ. При этом учитывается уровень интенсификации производства и предусматривается предотвращение процессов деградации агроландшафтов.

12.4. Земельные ресурсы России

Общая площадь России составляет 1 709 503,7 тыс. га. По данным Федеральной службы земельного кадастра России, сельскохозяйственные угодья на 1 января 2000 г. занимали площадь 189 342,3 тыс. га, в том числе пашня – 116 110,6 тыс. га, залежи – 2 366,6 тыс. га, многолетние плодовые насаждения – 1 246,3 тыс. га, кормовые угодья – 69 668,8 тыс. га. Леса и кустарники, без оленьих пастбищ, составляют 45,5% площади России.

Пахотный фонд России представлен следующими почвами (табл. 25).

Таблица 25 – Пахотный фонд России, % к общей площади пашни

Почва	Доля, %
Подзолистые и дерново-подзолистые	14,7
Дерновые, дерново-карбонатные, светло-серые и серые лесные	10,8
Темно-серые лесные и черноземы оподзоленные	9,5
Черноземы выщелоченные, типичные, обыкновенные, лугово-черноземные	40,2
Черноземы южные, темно-каштановые и лугово-каштановые	14,4
Каштановые и светло-каштановые	4,6
Аллювиальные	0,6
Болотные	0,1
Солонцы, солончаки и солонд	3,4
Прочие	1,7

50% площади пашни характеризуются недостаточностью тепловых ресурсов, 10 – крайне слабо обеспечены влагой, около 50% подвержены водной эрозии и дефляции. Площадь осушенных земель составляет 2%, орошаемых – около 5%. Низкую обеспеченность подвижным фосфором имеют 20% почв, обменным калием – 10%. Более 30% площади пашни нуждаются в известковании.

Баллы бонитетов почв таежно-лесной зоны европейской части России находятся в пределах 18–25; Центрально-Черноземных областей – 37–45; Краснодарского края – 68,3 (самый высокий); Западной Сибири – 30–35; Восточной Сибири и Дальнего Востока – 18–30.

Эффективность использования земель определяется социально-экономическими причинами и до настоящего времени на преобладающих площадях остается на низком уровне.

Вопросы и задания

1. К какому типу относятся сельскохозяйственные ландшафты?
2. Какие ландшафты выделяются по степени изменения хозяйственной деятельности?
3. Дать определение сельскохозяйственного ландшафта по ГОСТу.
4. Что такое агроландшафты?
5. Назвать особенности функционирования биогеоценозов и агроценозов.
6. Какие последствия обезлесения суши?
7. Какие последствия водной и ветровой эрозии? Что такое урбанизация?

8. Что такое глобализация?
9. Чем отличается смысловое значение терминов «ландшафты» и «земли»?
10. Определение принципа формирования агроэкологических типов земель по В.И. Кирюшину.
11. Определение элементарного ареала агроландшафта по В.И. Кирюшину.

13. Ландшафты основных природных зон

13.1. Арктические и тундровые ландшафты

Арктическая и тундровая зоны входят в Евразийскую полярную область.

Климат арктической зоны холодный и сухой. Осадков выпадает 50–200 мм, температура июля не выше +5°C, безморозный период отсутствует. Почвы оттаивают на глубину 30–40 см. Среднегодовые температуры отрицательные – от –14° до –18°C.

Растительность представлена мхами, лишайниками, различными видами водорослей. Высшие растения на водоразделах занимают менее 25% территории. Количество опада – в пределах 0,5 т/га. Значительные площади занимает голый грунт.

В формировании бугристого и пятнистого микро- и нанорельефа большая роль принадлежит криогенным процессам и физическому выветриванию (трещинообразование, солифлюкция, термокарат и др.).

Почвы. Основным типом почв являются арктические, которые разделяют на два подтипа: арктические пустынные и арктические типичные гумусовые. Профиль состоит из двух горизонтов – А и С, иногда с переходным горизонтом АС. Для арктических почв характерны: небольшая мощность почвенного профиля, в пределах 30–40 см, скелетность, отсутствие оглеения, связанное с небольшим количеством осадков и просыханием почв под действием сильных ветров. Иногда почвы содержат карбонаты и водорастворимые соли.

Климат тундровой зоны характеризуется холодной зимой, коротким летом. Осадков выпадает от 400 мм на Кольском полуострове до 150–250 мм в Восточной Сибири. Сумма температур выше 10° С – от 0° до 400–600° в южной тундре, средняя температура июля – 8– 13° С. Относительная влажность воздуха достигает 80–90%. Средняя годовая температура колеблется от -2° на западе до -14–16° в азиатской части. Это зона вечной мерзлоты. Летом почва оттаивает на глубину от 30 см на болотных торфяных почвах и до 1–2 м на песчаных.

Растительность арктической тундры характеризуется злаково-осоково-моховыми ценозами, а в понижениях – гипново-осоковыми ассоциациями на полигональных болотах. В типичной тундре господствуют мхи и лишайники. Мхи преобладают на суглинистых почвах, лишайники – на щебнистых.

При продвижении к югу, в лесотундру, начинают появляться кустарнички – карликовые березы, ива, вереск, багульник, голубика. По долинам рек на песчаных и супесчаных почвах – изреженные, угнетенные леса (ель, береза, лиственница и др.).

Количество опада составляет 0,5–1 т/га. В составе опада – низкое содержание оснований и азота.

Почвообразующие породы – морские, ледниковые и аллювиальные отложения.

Почвы тундровой зоны. Зональным типом почв являются тундровые глеевые почвы.

Низкие температуры, короткий период биологической активности, поверхностное и внутрпочвенное (надмерзлотное) переувлажнение определяют направленность почвообразования в тундре. В формировании профиля тундровых глеевых почв принимают участие три группы процессов: гумусообразование (детритообразование),

продуцирующее сухоторфянистый или грубогумусовый горизонт, оглеение и криогенез. Образование грубогумусовых и оторфованных горизонтов связано с пониженной биологической активностью и низким содержанием оснований и азота в составе опада. Под органогенным горизонтом залегают глеевые.

13.2. Таежно-лесные ландшафты

Таежно-лесная зона подразделяется на три подзоны: северной, средней и южной тайги.

Климат северной и средней тайги характеризуется избыточной влажностью и пониженными температурами. Количество осадков за год на западе составляет 400–600 мм, к востоку – несколько снижается. Продолжительность периода с биологически активными температурами ($> 10^{\circ}\text{C}$) – 2–3,5 мес, а сумма активных температур за этот период – 400–1250 $^{\circ}\text{C}$ в северной тайге и до 1600 $^{\circ}$ – в средней. Осадки превышают испаряемость ($KУ > 1$), что обуславливает промывной тип водного режима почв (почвы ежегодно промачиваются до грунтовых вод).

Климат южной тайги более дифференцирован в направлении с запада на восток. Годовое количество осадков на европейской территории равно 500–700 мм, на азиатской – 350–500. Сумма $t > 10^{\circ}\text{C}$ – 1600–2450 $^{\circ}$ в европейской части и 1400–1750 $^{\circ}$ – в азиатской. Продолжительность безморозного периода – 3,5–5 мес. Осадки превышают испаряемость ($KУ 1,0–1,3$). Водный режим почв промывного типа.

Растительность северной тайги представлена изреженными еловыми лесами с примесью березы, осины, а в Западной Сибири – с примесью лиственницы. На песчаных почвах преобладает сосна. В напочвенном покрове – зеленые мхи, лишайники и кустарнички. Травянистый покров отсутствует. Количество ежегодного опада составляет 2–3 т/га. Основная часть опада (более 70%) поступает на поверхность почвы. С опадом поступает до 100 кг/га в год зольных элементов и азота.

В средней тайге преобладают темнохвойные еловые леса с моховым и кустарничковым (черника, брусника) напочвенным покровом. На песках распространены сосновые боры-беломошники. В средней тайге Западной Сибири распространены елово-пихтово-кедровые леса. Участие травянистой растительности в напочвенном покрове среднетаежных лесов незначительно. Во вторичных лесах преобладают ель и береза. Количество опада – 3–5 т/га, с опадом поступает до 150 кг/га зольных элементов и азота. Разложение опада в северной и средней тайге сильно заторможено. Запасы подстилки в 15 – 18 раз превышают величину ежегодного опада.

В южной тайге преобладают смешанные хвойно-широколиственные леса с богатым травянистым покровом; на легких породах – сосновые и сосново-дубовые леса. Широко представлены дуб, клен, липа, в подлеске – лещина, рябина и др. В Западной Сибири елово-кедрово-пихтовые леса сочетаются с березовыми и осиновыми. Ежегодный опад составляет 5–6 т/га. Значительная часть опада (до 50%) поступает в форме корней непосредственно в верхние слои почв. Разложение опада в южной тайге более интенсивное по сравнению с северной и средней. Запасы подстилки превышают величину ежегодного опада в 4–8 раз. С опадом в почвы поступает до 300 кг/га зольных элементов и азота.

Литогенная основа. В европейской части зоны, в пределах Русской равнины, преобладает ледниковый и водно-ледниковый аккумулятивный рельеф, представленный холмистыми и холмисто-увалистыми равнинами, сложенными моренными суглинками и водно-ледниковыми отложениями. Широко распространен эрозионный тип рельефа разной степени расчленения с делювиальными отложениями в нижних частях склонов.

Аллювиальные равнины (Ярославско-Костромская, Марийская) слабо расчленены и сложены аллювиальными отложениями. В Карелии и на Кольском полуострове распространен сельговый рельеф с амплитудой относительных колебаний 100–200 м. Для возвышенностей (Валдайская, Смоленско-Московская, Северные Увалы) характерен эрозионный тип рельефа с различной степенью расчленения. Абсолютные высоты достигают 300–450 м. Низменности (Верхневолжская, Мещерская и др.) характеризуются слаборасчлененными плоскими и слабоволнистыми равнинами с высотами 10–150 м, с обширными заболоченными массивами и большим количеством мелких озер.

Почвообразующие породы в европейской части – моренные суглинки, иногда карбонатные, покровные суглинки, флювиогляциальные отложения, часто встречаются двучленные отложения. В северозападной части распространены озерные отложения – ленточные глины; на юге зоны – лессовидные карбонатные суглинки. Террасы рек иногда сложены известняками, местами, выходящими на поверхность. Преобладающая часть почвообразующих пород не содержит карбонаты, имеет кислую реакцию среды и низкую степень насыщенности основаниями.

Западно-Сибирская низменность характеризуется плоскоравнинным слаборасчлененным рельефом с пониженной дренированностью водораздельных пространств, высоким уровнем грунтовых вод и сильной заболоченностью территории. Почвообразующие породы – моренные и водно-ледниковые отложения, а на юге – лессовидные суглинки и глины.

К востоку от реки Енисей таежно-лесная зона находится в области Среднесибирского плоскогорья и горных систем Восточной Сибири и Дальнего Востока. Вся эта территория имеет сложное геологическое строение и преимущественно горный рельеф. Почвообразующие породы представлены элювием и делювием коренных пород. Обширные территории здесь занимают Лено-Виллойская, Зейско-Буреинская, Нижнеамурская низменности. Почвообразующие породы – глинистые и суглинистые древнеаллювиальные отложения.

Почвы. По биоклиматическим условиям и почвенному покрову таежно-лесная зона разделяется на три подзоны: глееподзолистых и подзолистых иллювиально-гумусовых почв северной тайги; подзолистых почв средней тайги; дерново-подзолистых почв южной тайги. Кроме того, здесь распространены дерновые, болотные и болотно-подзолистые почвы. Преобладающие площади пашни занимают дерново-подзолистые почвы. Они имеют элювиально-иллювиальный профиль, в котором под пахотным горизонтом залегает элювиальный подзолистый горизонт A_2 который с глубиной сменяется горизонтами $A_2B - B - BC - C$. Пахотный слой имеет кислую реакцию среды в связи с наличием в почвенном поглощающем комплексе катионов водорода и алюминия, невысокие показатели содержания гумуса и емкости катионного обмена. По гранулометрическому составу преобладают легко- и среднесуглинистые, но большие площади занимают также тяжелые – тяжелосуглинистые и глинистые почвы, а также легкие – песчаные и супесчаные.

Особенности природно-антропогенных ландшафтов таежно-лесной зоны. При освоении дерново-подзолистых почв под пашню существенно изменяются следующие условия почвообразования: обеспеченность теплом и влагой, характер поступления и состав источников гумуса, степень антропогенного воздействия (различные мелиорации, органические и минеральные удобрения, обработки и др.).

Обеспеченность теплом и влагой. Пахотные почвы быстрее освобождаются от снега и сильнее прогреваются из-за большей их открытости. При этом на склонах появляется поверхностный сток, снижающий обеспеченность растений влагой. В зимнее

время под влиянием ветровых потоков на многих участках наблюдается снос снега, также приводящий к снижению запасов влаги.

В освоенных дерново-подзолистых почвах в июле-августе наблюдаются периоды их иссушения, вплоть до влажности завядания. Многие культуры, особенно овощные и плодовые, нуждаются в дополнительных поливах.

Поступление и состав источников гумуса. На освоенных территориях таежно-лесной зоны возделываются следующие сельскохозяйственные культуры: зерновые озимые и яровые, зерновые бобовые, технические (картофель, кормовые корнеплоды), овощные, многолетние и однолетние травы, а также разнообразные ягодные и плодовые.

Поступление послеуборочных остатков в агроценозах несколько снижается по сравнению с целинными фитоценозами. Наибольшее количество послеуборочных остатков – под многолетними травами – 4–8 т/га, в зависимости от урожайности, меньше под зерновыми – 2–3 т/га и еще меньше под пропашными – 0,5 – 1,5 т/га. В среднем для полевых севооборотов оно составляет примерно 3 т/га в год. В составе послеуборочных остатков, как правило, более высокое содержание зольных элементов и азота, по сравнению с опа-дом естественных фитоценозов.

Органические удобрения – важный источник гумуса и элементов питания для растений. Для поддержания оптимального количества легкоразлагаемого органического вещества необходимо вносить навоза или компостов не менее 10–15 т/га в год (2,5–4 т/га сухого вещества), под овощные культуры – 20–30 т/га в год. Однако дефицит органических удобрений не позволяет обеспечить все пахотные почвы зоны необходимым их количеством.

Послеуборочные остатки и органические удобрения запахиваются и перемешиваются с массой почвы в отличие от поверхностного опада целинных почв, что снижает минерализационные потери органического вещества.

Особенности сельскохозяйственного использования почв и агроландшафтов. При сельскохозяйственном использовании освоенных почв подзолистого типа применяют следующие мероприятия: известкование, применение органических и минеральных удобрений, оптимизация структуры посевных площадей, создание пахотного слоя оптимальной мощности, агротехнические мероприятия, направленные на регулирование влажности, противоэрозийные мероприятия на склонах, камнеуборочные работы.

Известкование – химическая мелиорация, направленная на оптимизацию реакции среды. Дозы извести составляют 3–10 т/га, периодичность внесения на суглинистых почвах – 10 лет, на песчаных и супесчаных – 5–6 лет. Известкование оптимизирует реакцию среды, повышает эффективность минеральных удобрений, улучшает биологический режим почв, увеличивает доступность для растений элементов питания, улучшает структуру и условия гумусообразования.

Органические и минеральные удобрения оптимизируют условия питания растений, физические, химические, водно-физические, биологические свойства, улучшают условия гумусообразования за счет увеличения количества послеуборочных остатков. Многие виды минеральных удобрений увеличивают подвижность гумуса и доступность его микроорганизмам.

Оптимизация структуры посевных площадей – это введение севооборотов, снижающих почвоутомление, увеличивающих количество послеуборочных остатков и улучшающих биологический режим и структуру почв. Особенно эффективно в этом отношении возделывание многолетних трав и введение промежуточных посевов; на легких почвах – запашка сидератов.

Создание пахотного слоя оптимальной мощности достигается его углублением до 25–27 см, а под плодовые культуры – до 35–40 см. Углубление проводится за счет малоплодородного подзолистого горизонта, поэтому на каждый сантиметр углубления необходимо вносить не менее 30 т/га органических удобрений и дополнительное количество извести, чтобы не снизить плодородие пахотного слоя. В ряде случаев эффективно глубокое рыхление почв до 35–40 см без оборота пласта, особенно на тяжелых по гранулометрическому составу почвах.

Оптимизация обработок направлена на снижение числа обработок (проведение вспашки один раз в несколько лет, замена вспашки дискованием). Частые обработки механически разрушают почвенную структуру, усиливают процесс выпахивания. Обработками (боронованием, прикатыванием) достигается оптимизация влажности и плотности.

Противоэрозионные мероприятия снижают поверхностный сток. К ним относятся агротехнические (контурная обработка, глубокое рыхление, щелевание, лункование и др.), гидротехнические (закрепление оврагов) и агролесомелиоративные (лесные насаждения). Подробнее они будут рассмотрены в заключительной части.

Камнеуборочные работы улучшают условия возделывания сельскохозяйственных культур и применения тех или иных мероприятий.

Мелиоративные мероприятия по коренному улучшению легких и тяжелых почв проводятся на ограниченных площадях. К ним относятся: внесение мелиоративных норм торфа (200–300 т/га), глинование легких и пескование глинистых и тяжелоуглинистых почв.

13.3. Лесостепные ландшафты

Климат. Лесостепь представляет собой зону, переходную от влажного климата таежно-лесной зоны к засушливому климату степей. На севере осадки и испаряемость сбалансированы ($KУ > 1$), на юге испаряемость превышает осадки ($KУ = 0,77$). Водный режим – периодически-промывной.

Климатические условия существенно изменяются с запада на восток в пределах зоны: сумма активных температур выше $10^{\circ}C$ – 2400–3200° на западе, 1400–1800° – на востоке; температура самого холодного месяца, соответственно, $-4-8^{\circ}C$ и $-18-25^{\circ}C$; годовое количество осадков – 550–700 мм и 300–350; длительность вегетационного периода – 150-180 и 90-120 дней.

Таким образом, общей закономерностью климата лесостепи является снижение влагообеспеченности с севера на юг и усиление похолодания и континентальности с запада на восток. Это обуславливает подзональные и фациальные особенности почвенного покрова.

Растительность. Лесостепь до освоения состояла из луговых степей и травянистых широколиственных лесов в европейской части и мелколиственных с примесью хвойных – в Сибири. В Среднерусской провинции преобладают дубовые леса с примесью липы, клена, вяза, ясеня; в Украинской – буково-грабовые, дубово-грабовые и буковые; в Западной Сибири – березово-осиновые (березовые колки), а в Восточной Сибири – сосново-березовые леса с примесью лиственницы. Травянистая растительность характеризуется большим разнообразием. В пределах распространения черноземов Л.Е. Родин и Н.И. Базилевич выделили остепненные луга с черноземами оподзоленными и выщелоченными, луговые степи с черноземами типичными.

В лесостепной зоне черноземы сформировались под луговыми степями, которые представляли ковыли, типчаки, степные овсы, степная тимофеевка, мятлик, желтая люцерна, костер и др. В.В. Алехин отмечал 77 видов трав и до 1939 экземпляров

растений на одном квадратном метре. На некоторых участках степи количество степного войлока составляет 4–8 т/га. Ежегодный опад луговых степей может достигать 20 т/га, около 50% общей биомассы. При этом более 50–60% опада поступает непосредственно в почву в виде корней. В составе опада много зольных элементов (до 700 кг) и азота (до 150 кг/га).

На территории всей зоны на песчаных террасах произрастают сосновые боры, а в замкнутых плохо дренируемых понижениях – осоково-тростниковые и сосново-гипновые болота.

Литогенная основа. В пределах Среднерусской возвышенности, окраинных частях Западно-Сибирской низменности рельеф эрозионный волнистый. Водораздельные части Среднерусской возвышенности имеют высоту 200–300 м над уровнем моря. Превышение водоразделов над днищами балок и руслами рек достигает 100–150 м; длина склонов – 1–3 км; крутизна – до 3–7°.

Почвообразующими породами в большей части территории Среднерусской провинции являются покровные суглинки. К югу они сменяются лессовидными карбонатными суглинками и лессами. Водораздельные понижения, шлейфы, нижние части выложенных склонов заняты делювиальными отложениями. В долинах рек распространены древнеаллювиальные отложения. В отдельных районах (Приволжская возвышенность, Приуралье) почвообразующими породами являются элювиально-делювиальные продукты выветривания коренных пород пермского, юрского, мелового и третичного периодов.

Почвенный покров представлен серыми лесными почвами, черноземами оподзоленными выщелоченными и типичными. Серые лесные почвы по агрономическим свойствам являются переходными между дерново-подзолистыми и черноземами. Черноземы имеют большую мощность гумусового слоя 50–150 см, высокое содержание гумуса (5–10%) в пахотном слое, высокую емкость катионного обмена (30–60 мг-экв. на 100 г почвы), слабокислую и близкую к нейтральной реакцию среды.

13.4. Ландшафты широколиственных лесов

Широколиственные леса распространены в умеренно теплых и влажных приокеанских областях суббореального пояса в Западной и Средней Европе и на Дальнем Востоке. На территории России в равнинных условиях они встречаются в Калининградской области, в Приморском крае, на юге Хабаровского края и в Амурской области, в средне- и низкогорных районах Кавказа.

Климат характеризуется более высоким количеством осадков (600–1000 мм) и мягкой зимой по сравнению с климатом северной части лесостепи. Сумма активных температур – 2000–3000° С.

Растительность представлена в Калининградской области, горах Кавказа и на Дальнем Востоке хвойно-широколиственными лесами с участием дуба, липы, клена, с хорошо выраженным травянистым покровом. Количество опада достигает 10 т/га, в его составе – повышенное содержание оснований и азота.

Почвообразующие породы. Преобладают элювиально-делювиальные отложения, в основном каменисто-щебнистые.

Почвенный покров. В почвенном покрове господствуют бурые лесные почвы, которые по агрономическим свойствам близки к дерново-подзолистым и серым лесным. Кислая реакция среды, большое количество осадков и повышенные температуры позволяют выращивать на этих почвах на Черноморском побережье Краснодарского края культуру чая.

13.5. Степные и сухостепенные ландшафты

Климат степей засушливый. С запада на восток уменьшается количество тепла, нарастает континентальность климата, снижается количество осадков и продолжительность вегетационного периода (табл. 26).

Годовое количество осадков 300–450 мм. Сумма активных температур от 3000° – в европейской части, до 1500° – в Восточной Сибири. Продолжительность периода с активными температурами соответственно 155 и 97 дней. Коэффициент увлажнения 0,44–0,77. Это обуславливает непромывной тип водного режима почв.

Растительность характеризуется умеренно-засушливыми разнотравно-типчаково-ковыльными ассоциациями на черноземах обыкновенных и засушливыми типчаково-ковыльными – на черноземах южных.

Количество ежегодного опада в типчаково-ковыльных фитоценозах степной зоны снижается до 8–10 т/га. В связи с недостатком влаги соответственно снижается емкость биологического круговорота. Основные площади черноземных почв распашаны, естественная растительность сохранилась лишь в балках и заповедниках.

Таблица 26 – Климатические показатели лесостепной и степной зоны черноземных почв (по Д.И. Шашко, 1967)

Провинция	Осадки за год, мм	Сумма $t > 10^{\circ}\text{C}$	Продолжительность периода с $t > 10^{\circ}\text{C}$, дни	КУ
Лесостепная зона серых лесных почв, оподзоленных, выщелоченных и типичных черноземов				
Окско-Донская	450-550	2200-2700	140-157	0,77-1,1
Барабинская	300-420	1750-1950	116-125	0,77-1,1
Красноярско-Иркутская	350-500	1400-1800	93-103	0,55-1,0
Степная зона обыкновенных и южных черноземов				
Южно-Русская	350-450	2650-3000	155-166	0,44-0,77
Западно-Сибирская	300-360	1950-2300	126-140	0,44-0,77
Забайкальская	300-350	1500-1700	97-108	0,50-0,60

Литогенная основа. В лесостепной части Среднерусской и Приволжской возвышенностей рельеф эрозионный, густо расчленен овражно-балочной сетью. В степной зоне преобладают аккумулятивные равнины. Западно-Сибирская низменность – это плоская озерно-аллювиальная равнина с комплексом террас вдоль Оби и ее крупных притоков. Низкая дренированность территории обуславливает формирование заболоченных и засоленных почв. В Средней и Восточной Сибири рельеф представлен предгорными равнинами, плато и межгорными котловинами.

Почвообразующие породы, в большей части территории – лессы и лессовидные суглинки разного гранулометрического состава – от легких до тяжелых. Встречаются третичные глины (Поволжье, Заволжье) и элювий гранитов, песчаников, мергелей (Восточная Сибирь).

Главная особенность почвообразующих пород – наличие в них карбонатов кальция. В Западной Сибири и в Южно-Русской провинции встречаются засоленные почвообразующие породы.

В почвенном покрове степной зоны преобладают черноземы обыкновенные и южные. В отличие от черноземов лесостепной зоны они имеют слабощелочную реакцию среды в связи с наличием в почвенном поглощающем комплексе катионов натрия.

Особенности сельскохозяйственного использования почв и агро-

ландшафтов. В естественных фитоценозах поступление опада происходит равномерно в течение всего теплого сезона, в процессе смены растительных группировок, которые происходят несколько раз в год. Высвобождающиеся при их разложении элементы питания сразу же поглощаются травянистой растительностью. В агроценозах в течение лета выращивается только одна культура. Дозы разового внесения органических удобрений ограничиваются не только их дефицитом и эффективностью использования, но и экологическими последствиями (избыток нитратов и др.).

Основные мероприятия, которые проводятся при сельскохозяйственном использовании черноземов, можно объединить в следующие группы.

1. Организация территории является одним из главных факторов сохранения плодородия черноземов. Проблема соотношения площадей леса, луга и пашни, поднятая в свое время В.В. Докучаевым, остается нерешенной до настоящего времени. Исключение из пашни «проблемных» (эродированных, солонцеватых, части лугово-черно-земных почв) с последующим залужением и залесением этих территорий позволит высвободить дополнительные средства на поддержание плодородия пахотных черноземов и предотвратить деградацию нерационально используемых под пашню «проблемных» почв.

2. Обработка почв (вспашка, культивация, боронование и др.). Интенсивные обработки приводят к усилению микробиологической активности и, как следствие, процессов разложения источников гумуса и его легкоразлагаемой части. При интенсивных обработках пропашных культур происходит механическое разрушение структуры, которое усиливается процессами дегумификации, при этом увеличивается степень выпаханности почв. На склонах пахотные почвы подвергаются водной эрозии, а в южных районах – ветровой. Использование тяжелой техники приводит к переуплотнению пахотного слоя. Поэтому в настоящее время рекомендуется минимализация обработок.

3. Внесение органических и минеральных удобрений производится с целью компенсировать элементы питания, выносимые из почвы с урожаем, и не допускать снижения плодородия почв. Недостаток органических удобрений – один из факторов снижения плодородия черноземов. Эффективность удобрений снижается к югу в связи с усилением в этом направлении дефицита влаги. Внесение органических и минеральных удобрений необходимо проводить строго в соответствии с технологиями выращивания сельскохозяйственных культур. Показана высокая эффективность заправки соломой зерновых культур для поддержания плодородия черноземов.

Физиологически кислые минеральные удобрения подкисляют реакцию среды. Поэтому в настоящее время многие черноземы лесостепной зоны нуждаются в известковании.

4. Мероприятия по накоплению влаги эффективны для всех, и особенно для обыкновенных и южных черноземов. К ним относятся: введение чистых паров, ранняя глубокая зябь, прикатывание и своевременное боронование почвы, поконтурная обработка почвы на склонах, осеннее бороздование, лункование и щелевание почв для поглощения талых вод и предотвращения поверхностного стока. Большую роль в накоплении влаги имеет снегозадержание, а также создание искусственных водоемов в балках, оврагах, малых реках.

5. Орошение черноземов коренным образом изменяет водный режим почв и создает условия для получения высоких стабильных урожаев, повышает эффективность органических и минеральных удобрений. Однако опыт орошения черноземов показывает, что при чрезмерных нормах полива существенно ухудшаются их агрономические свойства: усиливаются процессы дегумификации, увеличивается подвиж-

ность гумуса и его частичное вымывание в нижние слои почв, размываются структурные агрегаты и увеличивается плотность почв. Поэтому при орошении черноземов большое внимание уделяется нормам орошения, использованию наиболее перспективных приемов орошения (дождевание, капельное орошение и др.). Орошение должно осуществляться водой с содержанием солей, не превышающим 1 г/л. Более высокие концентрации солей при плохом дренаже и подъеме уровня грунтовых вод могут вызвать вторичное засоление и резкое ухудшение свойств почв.

6. Противоэрозийные мероприятия направлены против водной эрозии на севере и ветровой на юге черноземной зоны. Их основная цель – предотвращение поверхностного стока, роста оврагов и промоин, снижение скорости ветровых потоков. Это достигается внедрением почвозащитных систем земледелия, посадкой лесных полос, залужением и залесением балок и оврагов. От 30 до 50% территории черноземных почв подвержено процессам эрозии.

Таким образом, после освоения, в результате выпашивания, агрономические свойства черноземов ухудшаются: снижается содержание гумуса, происходит обезструктурирование, переуплотнение. Снижение содержания гумуса и соответствующее изменение других показателей наиболее интенсивно происходят в первые 10–15 лет после освоения. Затем свойства почв приходят к новому относительно равновесному уровню стабилизации. Количественные показатели уровней стабилизации освоенных черноземов (содержание и запасы гумуса, структурность, плотность и др.) зависят от характера мероприятий – количества источников гумуса, интенсивности обработок и др. Практический опыт использования черноземов показывает, что при соблюдении научно-обоснованных технологий выращивания сельскохозяйственных культур уровень плодородия черноземов остается постоянно высоким.

13.6. Ландшафты сухих степей

Климат. Климат сухих степей – суббореальный семиаридный с теплым засушливым летом и холодной малоснежной зимой. Количество осадков и сумма активных температур закономерно снижаются с севера на юг и с запада на восток (табл. 27). Коэффициент увлажнения колеблется от 0,5 на севере зоны до 0,12–0,33 на юге, что обуславливает непромывной и выпотной типы водного режима почв.

Таблица 27 – Климатические условия зоны сухих степей (Д.И. Шашко, 1967)

Провинция	Осадки за год, мм	Сумма $t > 10^{\circ}\text{C}$	Продолжительность периода с $t > 10^{\circ}\text{C}$, дни	КУ
Восточно-Предкавказская	350-400	3300-3500	180-190	0,33-0,55
Прикаспийская	125-300	3000-3700	160-190	0,12-0,33
Тувинско-Южно-Забайкальская	180-300	1400-2100	95-130	0,35-0,55

Растительность. В пределах Прикаспийской провинции выделяют три подзоны сухих степей: с севера на юг сменяют друг друга типчаково-ковыльные, полынно-типчаковые и типчаково-полынные степи. Растительность изрежена, степень покрытия – 50–70%. На засоленных и солонцеватых почвах распространены полынь, прутняк, ромашка. Поверхность почвы покрыта корочками лишайников, сине-зеленых и диатомовых водорослей. Количество опада составляет 2-4 т/га. В составе опада – 100–160 кг/га зольных элементов и 20-40 кг азота.

Литогенная основа. Рельеф зоны преимущественно равнинный или слабо-волнистый, связанный с древними водно-аккумулятивными низменностями. Широко распространены понижения (блюдца, западины, лиманы), в которых формируются засоленные почвы.

Характерной особенностью ландшафтов является бессточность территории и ее слабая дренированность.

Преобладающие почвообразующие породы – лессовидные карбонатные суглинки, реже лессы. Встречаются морские и озерные засоленные отложения.

Почвенный покров. Зональным типом сухих степей являются каштановые почвы. Они образуют обширную зону на территории России – от Предкавказья до Алтая – и отдельными массивами распространены в Средней Сибири и в Забайкалье. В пределах зоны с севера на юг выделяют три подтипа каштановых почв: темно-каштановые, каштановые и светло-каштановые. Наряду с каштановыми почвами в этой зоне широко распространены солонцы, солончаки, лугово-каштановые почвы. Каштановые почвы по сравнению с черноземами имеют более щелочную реакцию среды и пониженное содержание гумуса при мощности гумусового горизонта 25–40 см.

Особенности сельскохозяйственного использования почв

1. **Мероприятия по накоплению влаги:** снегозадержание, полезащитное лесоразведение, чистые пары, глубокая зяблевая вспашка, глубокое безотвальное рыхление, посев кулис и др.

2. **Орошение** каштановых почв позволяет получать гарантированные урожаи сельскохозяйственных культур, резко повышает эффективность органических и минеральных удобрений. На светло-каштановых почвах земледелие без орошения неэффективно, а удобрения вообще не дают прибавки урожая. При орошении появляется опасность вторичного засоления в связи с большими площадями засоленных почв и минерализацией грунтовых вод.

3. **Противоэрозийные и противодефляционные мероприятия** в зоне каштановых почв остаются актуальными. Особенно подвержены ветровой эрозии легкие каштановые почвы.

4. **Организация территории** зоны сухих степей определяется, в первую очередь, большой комплексностью почвенного покрова. Эффективность использования почв зависит от состава почвенных комплексов, содержания в них солонцов, солончаков, а также в разной степени солонцеватых и солончаковатых почв. В ряде случаев целесообразно исключение таких почв из пашни и использование их под пастбища.

13.7. Полупустынные и пустынные ландшафты

Климат – резкоконтинентальный и засушливый. Годовое количество осадков – 100–250 мм, сумма температур более 10° составляет от 2000° в Южном Забайкалье до 3000° в Прикаспийской провинции; КУ – 0,12–0,33. Безморозный период – 160–190 дней.

Растительность. В полупустынях преобладают пустынно-степные ассоциации – полынные, типчаково-полынные, биоргуново-кокпексовые со значительным участием эфемеров и эфемероидов. Эфемерная растительность пышно развивается только весной, летом вегетируют лишь многолетники. Из древесной растительности встречаются заросли джугуна и саксаула.

В песчаных пустынях в травостое преобладают эфемеры и эфемероиды; в глинистых гипсоносных пустынях – полынно-солянковые ассоциации. На поверхности глинистых пустынь часто встречаются водоросли и лишайники, на сильнозасоленных участках – многолетние и однолетние солянки.

Растительность пустынь очень изрежена. Количество ежегодного опада в пределах 1 т/га. Характерной особенностью аридной ксерофитной растительности является глубокая корневая система.

Литогенная основа. Рельеф полупустынных и пустынных зон характеризуется большим разнообразием – от равнинно-слабоволнистого до холмисто-увалистого и низкогорного. Большое распространение в пустынях имеют эоловые формы рельефа. Почвообразующие породы представлены карбонатными лессовидными суглинками, аллювиально-озерными отложениями, третичными глинами, щебнистыми покровными суглинками и др. Для почвообразующих пород характерны карбонатность, засоленность и гипсоносность. Распространены песчаные отложения.

Рельеф в Прикаспийской провинции равнинный, в Южном Забайкалье – холмисто-увалистый и низкогорный. Почвообразующие породы представлены карбонатными лессовидными суглинками, морскими, озерными, древнеаллювиальными отложениями разного гранулометрического состава. Породы часто содержат водорастворимые соли.

Почвенный покров. Бурые полупустынные почвы являются зональным типом полупустынной (пустынно-степной) зоны. При почвенно-географическом районировании их часто объединяют в одну зону со светло-каштановыми почвами в силу сходства условий почвообразования и свойств этих почв. Они распространены в Прикаспийской (Калмыкия и Астраханская область) и в Тувинско-Южно-Забайкальской провинциях. Зона бурых полупустынных почв характеризуется высокой комплексностью почвенного покрова.

В формировании бурых полупустынных почв принимают участие почвенные процессы, характерные для аридных территорий – слабый процесс гумусонакопления сочетается с процессами рассоления, осолонцевания, осолодения и коркообразования.

Зональными типами пустынной зоны являются серо-бурые пустынные почвы и такыры. Почвы полупустынной и пустынной зон имеют очень низкое содержание гумуса, щелочную реакцию среды, содержат карбонаты, водорастворимые соли и гипс.

В полупустынях с более высоким количеством осадков (до 500 мм в год) формируются сероземы. Для них характерны растянутость гумусового профиля при низком содержании гумуса, карбонатность всего профиля, нейтральная и слабощелочная реакция среды. В поливном земледелии они используются под хлопок.

13.8. Ландшафты с засоленными почвами

К засоленным почвам относятся солончаки, солонцы, а также зональные каштановые, бурые пустынно-степные, лугово-каштановые и другие почвы с повышенным содержанием водорастворимых солей. Засоленные почвы формируются в ряде природных зон – от лесостепной до зоны пустынь.

Источники солей в почвах. Все разнообразие источников солей в почвах можно объединить в семь групп.

1. **Горные породы** высвобождают соли в процессе выветривания. По данным В.А. Ковды, в мировой океан поступает до 3 млрд т водорастворимых солей, в бессточные области континентов – до 1 млрд т солей в год. Особенно много высвобождается солей из осадочных морских и озерных соленосных отложений.

2. **Продукты извержения вулканов**, содержащие хлор и серу, углекислый газ и др.

3. **Эоловый перенос солей** с морей и океанов, соленых озер, лагун может составлять от 2 до 20 т/км².

4. **Атмосферные осадки** – содержание солей в них колеблется от 20–30 мг/л до 300–400 мг/л в приморских районах.

5. **Грунтовые воды** в засушливых районах, как правило, засолены. При выпотном типе водного режима они становятся непосредственным источником засоления. Сезонный приток солей за счет испарения минерализованных грунтовых вод может достигать 500–1000 т/га (В.А. Ковда, 1956).

6. **Оросительные и ирригационные почвенно-грунтовые воды** часто являются источником вторичного засоления почв при орошении без удовлетворительного дренажа и при подъеме уровня грунтовых вод.

7. **Растительность** в аридных районах имеет мощную корневую систему, которая перекачивает соли из более глубоких слоев в верхние слои почвы.

География соленакопления. Основные площади засоленных почв приурочены к засушливым областям с непромываем, аридным и выпотным типами водного режима. Максимальное соленакопление наблюдается в пустынях, где аккумулируются даже наиболее растворимые соли, минимальное – в лесостепной зоне.

В.А. Ковда выделил на территории России 4 крупные провинции современно накопления солей:

- сульфатно-содовая (Окско-Донская, Западно-Сибирская, Амурская, Лено-Вилуйская низменности, Сыртовое Заволжье);
- хлоридно-сульфатная (южная часть Сыртового Заволжья, Зауралье, Фергана и дельта Амударьи в республиках Средней Азии);
- сульфатно-хлоридная (Туранская и Причерноморская низменности);
- хлоридная (Прикаспийская низменность).

Солончаки – это очень сильно засоленные почвы с поверхности и по всему профилю. Нижний предел содержания водорастворимых солей в солончаках зависит от токсичности солей. При содовом засолении к солончакам относятся почвы с содержанием солей более 0,5–0,6%, при хлоридном – более 0,7–0,8% и при сульфатном – более 1,4%. Верхний предел содержания солей в солончаках варьирует в широком диапазоне – от 1–3% в лесостепной и степной зонах до 8–10% в сухих степях и до 20–30% в пустынях.

Растительность на солончаках с высокой степенью засоления сильно изрежена и представлена различными видами солянок. Наиболее часто встречаются солерос, сарсазан, биюргун, черный саксаул и др. На солончаках с меньшей концентрацией солей произрастают кермек, астра солончаковая, ячмень короткоострый и др. Растительность солончаков характеризуется повышенной зольностью: у ксерофитных полевой она достигает 10–20%, а у мясистых солянок – 40 – 55%. В золе солянок преобладают хлор, сера и натрий.

Вопросы и задания

1. Какое количество осадков в основных природных зонах России?
2. Какая сумма активных температур в основных природных зонах России?
3. Перечислить зональные типы почв России от тундры до полупустынь.
4. Перечислить ведущие растительные ценозы природных зон России.
5. Назвать количество ежегодного опада в ведущих фитоценозах природных зон России.
6. Перечислить преобладающие почвообразующие породы в основных природных зонах России.
7. Дать характеристику глубины залегания и степени минерализации грунтовых вод в различных природных зонах России.
8. Перечислить особенности природно-антропогенных ландшафтов таежно-лесной зоны.
9. Перечислить особенности природно-антропогенных ландшафтов лесостепной и степной зоны.
10. Дать характеристику ландшафтов с засоленными почвами.

14. Динамика и устойчивость ландшафтов

14.1. Динамика ландшафтов

Динамика – это процесс движения, изменения, развития состояний ландшафта в пространстве и времени под влиянием внешних или внутренних факторов.

Ландшафты постоянно меняются. Любые ландшафты в своей структуре и функционировании изменяются адаптивно, т.е. подстраиваются к новым условиям. Часто при адаптации к разным условиям одна и та же геосистема может быть представлена различными вариантами своей вертикальной и горизонтальной структуры, т.е. система меняет свои состояния без коренной перестройки структуры.

Состояние природной биogeосистемы – это определенный тип ее структуры и функционирования, ограниченный некоторым отрезком времени.

Состояние определяется соотношением параметров структуры, и функционирования в какие-либо промежутки времени, в течение которого конкретные воздействия на входе (солнечная радиация, осадки) трансформируются в определенные функции (сток, прирост фитомассы) на выходе.

Причинами смены состояний могут быть:

- внутренние (противоречия природных компонентов, вступление во взаимодействие, вызывающее саморазвитие);
- внешние (энергия солнца, сезонный ход, общая циркуляция атмосферы, эндогенные проявления).

Различают 2 группы состояний:

1. Внутригодовые (внутрисуточные, суточные, погодные, эндогенно-погодные, внутрисезонные, сезонные, годовые). Все эти процессы характеризуются как обратимыми процессами, так и необратимыми изменениями свойств компонентов и морфологических частей. Обратимый процесс – это процесс, повторяемый во времени в строго определенной последовательности (практически никогда не бывает полной обратимости).

2. Многолетние состояния возникают при направленном развитии под воздействием внутренних и внешних процессов, характеризуется необратимыми изменениями компонентов и морфологических частей при обратимости процессов. Многолетние состояния включают фазы и подфазы. Многолетние состояния часто связывают с климатическими циклами, но прямой связи нет.

Общие свойства состояний.

1. Каждое состояние определяет качество комплекса (ПТК) при неизменности инвариантной структуры. Инвариантная структура – это структура, при которой сохраняются направленность развития комплекса и основные свойства ландшафтной структуры. Глубина качественных изменений комплекса зависит от таксономического ранга состояний.

2. Различные состояния одного ПТК отличаются по набору компонентов и качеству процессов.

3. Смена состояния ПТК происходит не мгновенно, а занимает более или менее длительный отрезок времени. Например, изменения состояния погоды происходят за 1–3 часа. Мгновенными сменами состояний являются катастрофические явления. Чаще всего смена состояний происходит в связи с изменениями атмосферных условий.

4. Состояния ПТК складываются из состояний различных ярусов. Свойства новых состояний зависят от причины, вызвавшей смену состояния, предыдущих состояний, свойств самого ПТК.

5. Каждое состояние индивидуально и неповторимо.

6. Смена состояний практически никогда не совпадает с началом суток, месяца, года, следовательно, для четкого выделения момента смены состояний среднесуточных показателей недостаточно.

7. Не существует строго фиксированных длительностей состояний, но в таксономической системе каждый следующий ранг не может быть по длительности больше вышестоящего.

8. Различия между соседними состояниями одного ПТК зависят от ранга состояний. Различия состояний у соседних комплексов зависят от их свойств. В одно и то же время одинаковые состояния бывают у ПТК одного вида.

9. Состояние ландшафта характеризуется прежде всего по доминантным единицам.

10. Таксономическая система состояний определяется закономерностями наступления причины смены состояний:

- движение Земли вокруг своей оси – смена дня и ночи – суточные состояния;
- общая циркуляция атмосферы – смена погодных состояний – погодные состояния.

11. Каждый ПТК в каждый момент времени находится одновременно во всех таксономических единицах состояний.

Внутрисуточные состояния. Утренние, дневные, вечерние, ночные. Это минимум, так как за это время входящие воздействия не успевают затронуть все компоненты НТК.

Длительность внутрисуточных состояний определяется зональностью (широта) и сезонностью (весна, лето, осень, зима).

Суточные состояния. Суточные состояния связаны с постоянной скоростью вращения Земли вокруг своей оси. Суточные состояния зависят от внутрисуточных состояний и сезона. Суточные состояния могут идти от 0,5 суток до 10 дней, но чаще 1–3 дня. Каждый тип погоды характеризуется температурой, влажностью воздуха, наличием или отсутствием осадков, скоростью ветра.

Внутрисезонные и сезонные состояния. В каждый сезон выделяется по 2 фазы годового цикла. Например: с конца мая до поздней весны (оттаивание почвы, максимальная активность флювиальных гидротермических процессов и т.п.); конец мая – середина июня I летняя фаза (устанавливается положительная температура воздуха); середина июня – конец июля II летняя фаза (прогревается почва, максимальный рост растительности); III фаза позднелетняя – конец июля – конец августа. I осенняя фаза – конец августа – начало октября.

Число подсезонных состояний меняется от года к году – от 2 до 8 (9).

Годовые состояния. Годовые состояния складываются из сезонных состояний и от года к году они неодинаковы. Многолетние состояния наступают вследствие необратимости изменения.

Образование нового ландшафта. ПТК может возникать за счет: накопления новых отложений; изменения климата; изменения лито-генной основы. Образование нового ландшафта включает 3 фазы, описание которых для подзоны южной тайги приведено ниже.

1. **Фаза зарождения** – приспособление биоты к геоме без обратного воздействия, которое возможно только в конце периода (длительность 20–50 лет).

- нулевая фаза – почвы и растительности нет.
- ранняя – пионерная растительность, почва слабообразованная.
- средняя – луговая растительность, соответствие эдафотопу, сверху прокрашенный гумусом слой (псевдодерновые почвы).

– поздняя – всходы или молодые деревья, под ними формируются скрыто подзолистые почвы.

2. Фаза устойчивого существования и медленного развития. Все компоненты комплекса в равновесии, ощутимое обратное воздействие биоты на геому (почвообразование) – климакс (длительность несколько сотен лет). Сформированы зрелые дерново-подзолистые почвы.

- хорошо выраженные леса.
- спелые леса.
- переспелые леса.

3. Фаза смены одного ПТК другим

– распад старых связей, зарождение новых, черты старого комплекса еще хорошо выражены, идет перестройка геомы (длительность от нескольких часов до сотни лет).
– появление гидроморфности, формирование дерново-подзолистых глеевых почв, развитие влаголюбивой растительности.

Различают несколько видов ландшафтной динамики:

1. Динамика функционирования или природных ритмов. Ритмика природной геосистемы – это повторяемость в определенной последовательности различных ее состояний, отличающихся спецификой структуры и функционирования. Эти состояния периодически повторяются, т.е. ритмика геосистемы – обратимые изменения. Существует иерархия динамических состояний природных геосистем: многовековые, вековые, 30-летние, 11-летние, квазидвухлетние, годовичные, сезонные, подсезонные, синоптические, суточные. Ландшафтные ритмы накладываются друг на друга.

2. Динамика ландшафтных трендов (развития и эволюционного развития)

Ландшафтный тренд – это современные направленные изменения природной геосистемы. Тренд – реакция системы на изменения внешней среды (климатические, неотектонические, гидрологические) или следствие спонтанного развития геосистемы. Тренд – современный срез ландшафтной эволюции, ее современное звено. Динамика развития – это циклы и необратимые изменения, связанные с циклами. Например, зарождение оврага с промоины и развитие его до балки. Динамика эволюционного развития – это постепенное, необратимое, направленное изменение ландшафта, связанное с длительными изменениями во внешней среде. Например, заболачивание, засоление, опустынивание.

3. Динамика природных катастроф или революционная динамика. К природным катастрофам относятся лавины, сели, обвалы, ураганы, извержения вулканов, наводнения, лесные пожары и т.п. Динамика природных катастроф происходит в сравнительно сжатые отрезки времени и влечет за собой разрушение или полное уничтожение биоты и почвенного покрова, некоторые изменения литогенной основы.

4. Динамика восстановительной сукцессии

После природной катастрофы ландшафт в течение нескольких десятков и даже сотен лет восстанавливает свою вертикальную и горизонтальную структуру. Этот процесс называется восстановительной сукцессией (пример отрицательной обратной связи), а период, в течение которого он длится, – периодом релаксации. **Ландшафтная сукцессия** – стадийные изменения природной геосистемы, возникающие вследствие природных или антропогенных нарушений и направленные на ее восстановление, приведение ее в относительно устойчивое (климаксное) состояние. **Характерное время природной геосистемы** – время, необходимое для прохождения геосистемой серии состояний с возвратом к условно исходному состоянию.

5. Антропогенная динамика геосистем

Такая динамика обусловлена хозяйственной нагрузкой на геосистему – ускоренной эрозией и дефляцией почв, вторичным засолением почв на орошаемых участках в аридных условиях, дигрессией пастбищ, вырубкой лесов, заболачиванием подтопленных побережий водохранилищ, опустыниванием, загрязнением среды. Как правило, антропогенная динамика ведет к разрушению геосистем.

Динамика природных ритмов и восстановительных сукцессии является стабилизирующей динамикой ландшафта, остальные виды динамики ведут к необратимому качественному изменению или даже разрушению ландшафта. Все виды динамики накладываются друг на друга и характеризуют прошлое, настоящее и будущее ландшафтов.

14.2. Устойчивость ландшафта

Устойчивость ландшафта – это способность ландшафта сохранять свою структуру и функционирование в режиме нормальных природных ритмов в пределах своего структурно-функционального инварианта и в обстановке изменяющейся внешней среды или под воздействием антропогенных нагрузок.

Устойчивостью природно-антропогенных ландшафтов называют их способность продолжать выполнение производительных, социально-экономических и экологических функций в заданных пределах при сохранении биосферных функций.

Имеется в виду, что природно-антропогенные ландшафты, особенно и в первую очередь наиболее распространенные агроландшафты, должны выполнять биосферные функции, связанные с сохранением почв, растительного и животного мира, природных вод и воздушных масс. Устойчивость природно-антропогенных ПТК обеспечивается сочетанием процессов управления человеком и саморегуляции.

Выделяют экологическую, производительную социально-экономическую устойчивость агроландшафтов.

Экологическая устойчивость включает:

- физическую (устойчивость литогенной основы, противоэрозионную устойчивость, структурного состояния почв);
- биологическую (восстановление и защитные свойства растительности, устойчивость против вредных организмов);
- геохимическую (способность к самоочищению от загрязнения токсикантами, буферность, противостояние засолению);
- гидрогеологическую и гидрологическую (противостояние остепнению, опустыниванию, заболачиванию).

Производительная – устойчивость урожайности сельскохозяйственных культур, продуктивности пастбищ, качества продукции.

Социально-экономическая – устойчивость к нагрузке скотом, рекреационная устойчивость, устойчивость экономических параметров производства.

Устойчивость геосистем подчиняется принципу относительности:

- к одним нагрузкам геосистема может быть устойчива, к другим нет;
- разные геосистемы обладают разным потенциалом устойчивости к одним и тем же воздействиям (пример: верхние звенья степной катены лучше переносят загрязнение, чем нижние, а нижние лучше переносят эрозию, чем верхние).

Относительно малая устойчивость к возмущающим внешним воздействиям характерна для геосистем реликтового характера (пример: островные леса в степи), находящихся в дисгармонии с внешней средой. Также неустойчивые геосистемы, находящиеся на ранних стадиях формирования (пример: только начинающие зарастать пески). Гораздо более устойчивы климатские геосистемы.

Устойчивость ландшафтов во многом зависит от того, какой вид динамики у них преобладает. Господство **стабилизирующей динамики** значительно повышает устойчивость. Очень сильно падает устойчивость, если динамический тренд усугубляется наложением однонаправленных антропогенных нагрузок. В таком случае происходит **ландшафтный резонанс** – внутренние колебания системы усиливаются внешними колебаниями.

Различают три основных механизма ландшафтной устойчивости:

1. **Инерционная устойчивость** – устойчивость геосистемы, отсутствие реакции на нагрузки до каких-то пороговых значений. Такой устойчивостью обладают квазистационарные ландшафты, в первую очередь расположенные в срединных частях природных зон.

2. **Резистентная (упругая) устойчивость** – связана с восстановительными сукцессиями. Свойственна системам с мощным растительным покровом, так как именно он главным образом обеспечивает восстановительную сукцессию.

3. **Адаптивная устойчивость** – устойчивость приспособления, толерантность (терпимость, пластичность). Геосистема способна чутко приспосабливаться к изменяющимся условиям внешней среды и антропогенным нагрузкам, но в определенных рамках терпимости. Наибольшей адаптивной устойчивостью обладают экотопы. Закон толерантности В. Шелфорда: адаптивная (пластичная) устойчивость определяется шириной диапазона между максимальным и минимальным значениями факторов, в пределах которого геосистема способна сохранять характерные для нее структурные и функциональные особенности.

А.Д. Фокиным (2001) предложено различать три вида устойчивости природных экосистем: структурно-статистическую, функционально-динамическую и буферность. Под **структурно-динамической устойчивостью** понимается свойство экосистемы при возмущающих воздействиях сохранять состав и соотношение между отдельными структурными компонентами системы. **Функционально-динамическая устойчивость** – свойство экосистемы сохранять стабильное функционирование, которое определяется устойчивостью и сбалансированностью отдельных звеньев биогеохимических потоков и биохимических циклов в целом. **Буферность** – способность экосистемы к самовосстановлению структурных свойств и функциональных параметров, нарушенных в результате возмущающих воздействий.

Чем меньше разнообразие горизонтальной структуры геосистемы, тем более слабы ее механизмы компенсации, тем слабее ее устойчивость. Поэтому локальные антропогенные нарушения обычно не сказываются или почти не сказываются на ландшафтных провинциях, зонах и т.п.

Л.К. Казаков (2004) приводит следующие свойства природных компонентов, обуславливающие устойчивость ландшафтов к антропогенным нагрузкам:

- денудационный потенциал территории (относительные превышения и расчлененность) – чем он больше, тем меньше устойчивость геосистем к денудации, эрозии и механическим нагрузкам;
- уклоны поверхности – чем они больше, тем устойчивость ниже; при уклонах менее 7° устойчивость может снижаться из-за возможного переувлажнения и низкого самоочищения ландшафтов от загрязнения;
- мощность почвогрунтов – при снижении до 1,2 м и меньше устойчивость снижается;
- гигротопы (увлажненность) – максимальная устойчивость ландшафтов при умеренном увлажнении, в сухих и влажных условиях она падает;
- климат – максимальная устойчивость геосистем при оптимальном соотно-

шении тепла и влаги (коэффициент увлажнения в пределах 1); при избытке тепла и влаги или недостатке устойчивость снижается, снижают устойчивость сильные ветры, бури и ураганы;

- почвы – максимальная устойчивость у почв с большой мощностью гумусового горизонта, высоким содержанием гумуса, высокой емкостью катионного обмена, высокой насыщенностью ППК кальцием и магнием;
- биота – чем более емкий и интенсивный круговорот веществ, чем выше степень проективного покрытия, тем выше устойчивость ПТК; лиственные породы более устойчивы, чем хвойные; лугово-степные виды трав, чем лесные;
- ландшафты в целом – более устойчивы: а) с повышенным разнообразием и повторяемостью; б) более типичные для зоны или региона; в) трансаккумулятивные устойчивее трансэлювиальных; г) более высокого ранга (зона выше ландшафта – выше урочища – выше фации).

Для сохранения устойчивости природно-антропогенных ландшафтов необходима система регулярных мероприятий, направленных на поддержание свойств ландшафта обеспечивающих выполнение им природных и социально-экономических функций (санитарные рубки леса, воспроизводство почвенного плодородия, лесомелиоративные мелиоративные и гидротехнические мероприятия и др.).

В.И. Кирюшин предлагает ввести такую категорию, как **цена устойчивости**, которая включает в себя затраты на освоение, использование и природоохранные мероприятия.

Вопросы и задания

1. Какие причины вызывают внутрисуточную и суточную динамику состояний ландшафта?
2. Охарактеризовать внутрисезонные и сезонные состояния ландшафта.
3. Какие фазы выделяют при образовании нового ландшафта?
4. В чем заключается динамика природных ритмов?
5. В чем заключается динамика ландшафтных трендов?
6. В чем заключается динамика катастроф?
7. В чем заключается динамика восстановительной сукцессии?
8. Привести примеры антропогенной динамики геосистем.
9. Дать определение устойчивости ландшафта.
10. Перечислить виды и механизмы устойчивости ландшафта.

Использованная литература

1. Николаев В.А. Ландшафтоведение. Эстетика и дизайн: учеб. пособие для вузов. М.: Аспект-Пресс, 2003. 176 с.
2. Голованов А.И., Кожанов Е.С., Сухарев Ю.И. Ландшафтоведение: учеб. для вузов /под ред. А.И. Голованова. М.: КолосС, 2005. 216 с.
3. Голованов А.И., Кожанов Е.С., Сухарев Ю.И. Ландшафтоведение: учеб. для вузов / под ред. А.И. Голованова. М. :КолосС, 2008. 216 с.
4. Казаков Л.К. Ландшафтоведение с основами ландшафтного планирования: учеб. пособие для вузов. М.: Академия, 2007. 336 с.
5. Чупахин В.М. Основы ландшафтоведения: учеб. пособие. М.: Агропромиздат, 1987. 168 с.
6. Ганжара Н.Ф., Борисов Б.А., Байбеков Р.Ф. Ландшафтоведение: учеб. для бакалавров. М.: Инфра-М, 2014. 240 с.
7. Казаков Л.К. Ландшафтоведение: учебник. М.: Академия, 2011. 336 с.
8. Майорова Т.А. Основы мелиорации и ландшафтоведения: учеб. пособие. Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2015. 50 с.
9. Попова О.С., Попов В.П. Древесные растения в ландшафтном проектировании и инженерном благоустройстве территории: учеб. пособие для вузов. СПб.: Лань, 2014. 320 с.
10. Разумовский Ю.В., Фурсова Л.М., Теодоронский В.С. Ландшафтное проектирование: учеб. пособие для вузов. М.: ФОРУМ; ИНФРА-М, 2016. 144 с.
11. Черкасов Г.Н. Адаптивно-ландшафтное земледелие: теория и практика: избр. науч. тр. Курск: ВНИИЗиЗПЭ, 2018. 331 с.

Содержание

Введение.....	3
Общие положения.....	3
Ландшафт как геосистема.....	4
Методика изучения ландшафтов.....	4
Модели в ландшафтоведении.....	7
Схема ландшафтного исследования.....	9
Вопросы и задания.....	10
1. Ландшафты и их морфологическая структура.....	10
1.1. Понятие о ландшафтах.....	10
1.2. Морфологическая структура ландшафта.....	12
1.3. Классификация и систематика ландшафтов.....	14
Вопросы и задания.....	16
2. Литогенная основа как компонент ландшафта.....	17
2.1. Выветривание, его виды.....	17
2.2. Магматические горные породы.....	19
2.3. Метаморфические горные породы.....	20
2.4. Осадочные горные породы.....	20
2.5. Влияние литогенной основы на другие компоненты ландшафта.....	24
Вопросы и задания.....	25
3. Рельеф как свойство литогенной основы.....	25
3.1. Формы рельефа и их роль в функционировании ландшафтов.....	25
3.2. Морфогенетические типы и ярусность рельефа.....	26
3.3. Формы мезорельефа.....	28
3.4. Виды рельефа. Агроэкологическая характеристика рельефа.....	30
Вопросы и задания.....	32
4. Воздушные массы атмосферы как компонент ландшафта.....	32
Вопросы и задания.....	42
5. Природные воды как компонент ландшафта.....	42
5.1. Общая характеристика гидросферы.....	42
5.2. Основные компоненты и факторы формирования химического состава природных вод.....	43
5.3. Круговорот воды.....	47
5.4. Характеристика гидрографической сети.....	49
Вопросы и задания.....	54
6. Центральная часть биосферы как компонент ландшафта.....	54
6.1. Общая характеристика биосферы.....	54
6.2. Химический состав живого вещества.....	56
6.3. Классификация живых организмов.....	58
Вопросы и задания.....	59
7. Почва как компонент ландшафта.....	59
Вопросы и задания.....	65
8. Физико-географические и ландшафтные карты.....	65
8.1. Классификация по масштабам и топографическая основа физико-географических карт.....	66
8.2. Физико-географические карты.....	69
8.3. Геоинформационные системы.....	73
8.4. Картографические способы оформления физико-географических карт.....	74
Вопросы и задания.....	75
9. Факторы и законы ландшафтной дифференциации.....	76
9.1. Закон горизонтальной (широтной) зональности.....	76
9.2. Закон долготной секторности.....	78
9.3. Закон вертикальной поясности.....	78

9.4. Закон азональной геолого-геоморфологической, высотно-генетической ярусности ландшафтов.....	79
9.5. Закон аналогичных топографических рядов.....	80
9.6. Закон экспозиционной инсоляционной и ветровой ландшафтной асимметрии склонов.....	80
9.7. Закон взаимодействия и взаимосвязей природных компонентов ландшафта.....	81
Вопросы и задания.....	81
10. Генезис и функционирование ландшафтов.....	82
Вопросы и задания.....	90
11. Основы геохимии и биогеохимии ландшафтов.....	90
11.1. Введение в геохимию ландшафтов.....	9
11. 2. Введение в биогеохимию ландшафтов.....	94
Вопросы и задания.....	98
12. Природно-антропогенные ландшафты.....	99
12.1. Антропогенезация ландшафтов.....	99
12.2. Классификация и типизация земель России.....	105
12.3. Агроэкологическая типизация и ландшафтно-экологическая классификация земель.....	105
12.4. Земельные ресурсы России.....	108
Вопросы и задания.....	108
13. Ландшафты основных природных зон.....	109
13.1. Арктические и тундровые ландшафты.....	109
13.2. Таежно-лесные ландшафты.....	110
13.3. Лесостепные ландшафты.....	113
13.4. Ландшафты широколиственных лесов.....	114
13.5. Степные и сухостепные ландшафты.....	115
13.6. Ландшафты сухих степей.....	117
13.7. Полупустынные и пустынные ландшафты.....	118
13.8. Ландшафты с засоленными почвами.....	119
Вопросы и задания.....	120
14. Динамика и устойчивость ландшафтов.....	121
14.1. Динамика ландшафтов.....	121
14.2. Устойчивость ландшафта.....	124
Вопросы и задания.....	126
Использованная литература.....	127

Учебное издание

Смольский Евгений Владимирович

ЛАНДШАФТОВЕДЕНИЕ

учебное пособие для студентов,
обучающихся по направлению подготовки
35.03.03 АГРОХИМИЯ И АГРОПОЧВОВЕДЕНИЕ

Редактор Осипова Е.Н.

Подписано к печати 21.10.2022 г. Формат 60x84 ¹/₁₆.
Бумага офсетная. Усл. п. л. 7,55. Тираж 50 экз. Изд. №7389.

Издательство Брянского государственного аграрного университета
243365 Брянская обл., Выгоничский район, с. Кокино, Брянский ГАУ