

А.М. Ивлев, А.М. Дербенцева, В.Т. Старожилов

НАУКИ О ЗЕМЛЕ

Курс лекций

Владивосток
2006

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное агентство по образованию

Дальневосточный государственный университет
Академия экологии, морской биологии и биотехнологии
Кафедра почвоведения и экологии почв
Институт окружающей среды
Кафедра физической географии

А.М. Ивлев, А.М. Дербенцева, В.Т. Старожилов

НАУКИ О ЗЕМЛЕ

Учебное пособие

Владивосток
Издательство Дальневосточного университета
2006

ББК 28.081+22.654.1

И 17

Научный редактор

Э.П. Синельников, докт.биол.наук, профессор

Рецензенты:

В.И. Ознобихин, к. с.-х. н., профессор, гл. научный сотрудник лаб. земельных ресурсов Биолого-почв. инст-та ДВО РАН;

А.И. Степанова, к.г.н., доцент кафедры гидрологии суши и охраны водных ресурсов ДВГУ

И 17 Ивлев А.М., Дербенцева А.М., В.Т. Старожилов
Науки о Земле. Уч. пособие.- Владивосток:
Изд-во Дальневост. ун-та, 2006.- 107 с.

Учебное пособие «Науки о Земле» имеет целью развить мышление студента о том, что любое природное явление на планете Земля является частью целого биосферного. Материал лекций дает общие понятия о составе и строении биосферы в целом, о развитии, функционировании и взаимодействии её компонентов.

Предназначено для студентов - биологов, географов, почвоведов, экологов.

2001050000
С -----
180(03) - 2006

ББК 28.081+22.654.1

© Ивлев А.М., Дербенцева А.М., В.Т. Старожилов 2006

© Кафедра почвоведения

и экологии почв ДВГУ, 2006

© Кафедра физической географии ДВГУ, 2006

ВВЕДЕНИЕ

Науки о Земле включают систему наук – геологию и её составляющие, гидрологию, почвоведение с его подразделами, климатологию, геофизику, ландшафтоведение, метеорологию, то есть науки об оболочке Земли. Биосфера является самой крупной экосистемой земного шара, которая делится на экосистемы более низкого иерархического уровня, прежде всего, это геосферы: литосфера, педосфера, гидросфера, атмосфера и живое вещество. Эти геосферы по существу являются взаимосвязанными компонентами биосферы. Поэтому, чтобы понять строение и развитие биосферы, необходимо знать строение, свойства и основные особенности функционирования каждого из этих компонентов. При этом необходимо постоянно помнить, что все компоненты биосферы взаимосвязаны и взаимно влияют друг на друга. Изменение состава и строения компонентов биосферы в пространстве обуславливают мозаичность биосферы, как оболочки планеты.

ТЕМА 1. ПОНЯТИЕ О БИОСФЕРЕ

Биосфера (Biosphere) – от греческого *Bios* – жизнь и *Sphaira* – шар. Биосфера – область существования и функционирования живых организмов. Она охватывает нижнюю часть атмосферы, всю гидросферу, поверхность суши и верхние слои литосферы.

Термин «*биосфера*» был впервые введен в науку в начале XIX века французским естествоиспытателем Ламарком (1711-1829). Ламарк под биосферой понимал «область жизни», не расшифровывая этого понятия. Позднее, в конце XIX века, австрийский геолог Эдуард Зюсс (1831-1914) стал рассматривать Землю как планету, имеющую в своем строении геологические оболочки. Приповерхностную часть планеты Зюсс выделил как самостоятельную оболочку, где обитает жизнь, и также как Ламарк, назвал её биосферой. Это был новый шаг в представлениях и о строении планеты Земля, и о понимании термина «биосфера»

В начале XX века великий русский ученый Владимир Иванович Вернадский не только расширил понятие о биосфере, но и дал ему новое толкование, развитое позднее в учение о биосфере. В.И. Вернадский, также как Зюсс, выделил биосферу, то есть область жизни, в самостоятельную геологическую оболочку. Но в отличие от других геологических оболочек, считал В.И. Вернадский, биосфера имеет свой химический состав, обусловленный наличием «живого вещества». Под живым веществом В.И. Вернадский понимал совокупность всех живых организмов планеты, осуществляющих геологическую работу. Понятие «живое вещество» вошло в науку, как один из незаменимых постулатов. В.И. Вернадский ввел понятие о живом веществе не как о механической совокупности живых организмов, а как о мощнейшей геологической силе, преобразующей лик нашей планеты.

Биосфера является природной системой и обладает своей структурой и историей. Как и все системы, биосфера функционирует и находится в постоянном развитии. В.И. Вернадский особо выделил одно из главных понятий о биосфере о том, что биосфера является планетарным, космогенным явлением. Этим он подтвердил высказывание французского ученого Клода Бернара, заявившего в середине XIX века: «... жизнь есть не мелкое земное, но есть космическое проявление, ибо живые организмы неразрывны с космической средой».

Биосфера возникла в результате эволюционного развития космического тела планеты Земля: туманность → газовое облако → горячая звезда → планета → планета с биосферой. Астрономы выделили ряд земных планет: Земля, Венера. Марс, считая, что и на Венере, и на Марсе есть форма живого вещества.

В отличие от представлений К. Бернара, В. И Вернадский, введя понятие о живом веществе, вывел (в качестве закона) положение о влиянии, воздействии живого вещества (живых организмов по Бернару) на окружающую среду. Это положение окончательно определило смысл понятия о биосфере. Биосфера, по В.И. Вернадскому, это не просто «область жизни» (по Ламарку), это не просто «геологическая оболочка, где обитает жизнь» (по Зюссу), а это геологическая оболочка, где живое вещество активно преобразует лик планеты и само живое вещество постоянно преобразуется под воздействием среды обитания.

Биосфера на планете Земля имеет свою структурную организацию. Геологическая оболочка «БИОСФЕРА» включает пять геосфер: литосфера, педосфера, гидросфера, атмосфера, живое вещество (рис. 1). Следует иметь в виду, что в работах В.И. Вернадского выделяются всего три геосферы: литосфера, гидросфера и атмосфера. На основании чего, это повторяется в научной литературе. В последнее время, в продолжение развития учения о биосфере, педосферу также начали выделять как самостоятельную геосферу. Живое вещество В.И. Вернадский хотя и не выделял как геосферу, но всегда считал его составной частью биосферы.

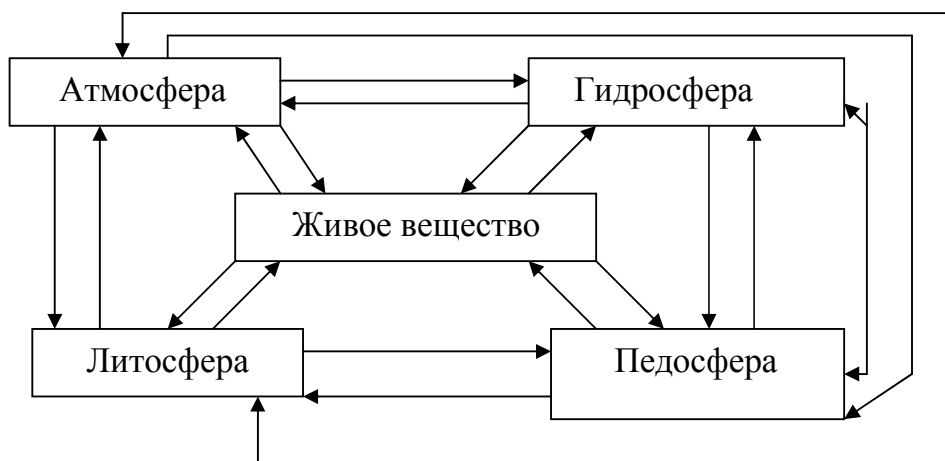


Рис.1. Компоненты (геосферы) биосферы и их взаимосвязь

Все геосферы являются компонентами биосферы, все они взаимосвязаны и воздействуют друг на друга. Каждый компонент биосферы имеет свою структурную организацию (рис.2). Отличительной особенностью биосферы является её организованность. Организованность биосферы проявляется:

- во взаимосвязи всех геосфер;
- в проявлении биохимических процессов в соответствии с атомной картиной мира;
- в проявлении физико-химических процессов, как функционирования живого вещества – наимогущественнейшей геологической силы;
- в проявлении правизны и левизны, которые присущи только живому веществу, т.е. биосфере.

Возникновение биосферы связано возникновению и функционированию живого вещества, которые и регулируют организованность биосферы. Организованность биосферы наблюдается на протяжении всего геологического времени её существования, около 2 млрд. лет.

Биосфера – геологическая оболочка в составе земной коры, сопряженная с жизнью. Живое вещество создало атмосферу, биогенные породы и биокосные тела. Все эти явления присущи только биосфере и отражают ее организованность. Биосфера характеризуется не только структурной организацией, но и своим строением. Верхней границей биосферы (верхним пределом жизни) является стратосфера на уровне озонового экрана, поглощающего космическое коротковолновое излучение. Фактически организмы распространяются ниже его границы. До 5 км. В редких случаях до 10 км, с потоком воздуха, с пылью поднимаются в атмосферу споры и микроорганизмы. В горах, на высоте до 8 км встречаются тли, на шестикилометровой отметке – бабочки, на высоте 6,5 км – бабочки. Нижняя граница биосферы определяется температурными условиями. Глубже 3 км от земной поверхности живые существа не могут находиться в современном виде. В океане жизнь возможна на всю глубину. В почвах граница жизни определяется глубиной проникновения свободного кислорода (около 10 м). Гетеротрофные организмы и автотрофные бактерии проникают в земные пещеры и морские глубины. Есть бактерии, распространенные в горячих борных источниках и выдерживающие 10%-ный раствор серной кислоты.

Если принять эти границы распространения живого вещества по В.И. Вернадскому, то тогда границы биосферы близки к границам географической оболочки. Некоторые ученые отождествляют эти понятия. Однако Д.Л. Арманд считает, что географическая оболочка предшествует жизни, поскольку биосфера короче во времени и пространстве географической оболочки. В пространстве они могут совпадать. Тогда биосферу следует рассматривать как особую стадию в развитии географической оболочки. Биосфера является наиболее высоко организованной природной системой. Функционирующую систему «БИОСФЕРА» можно представить в виде такой схемы (рис. 3).

В биосфере совершается большое количество разнообразных процессов: химических, геохимических, биохимических, биогеохимических. Это многообразие процессов сводится к проявлению трех групп процессов:

I – синтез живого вещества, увеличение его количества и биоразнообразия;

II – разрушение и преобразование косной материи;

III – перераспределение промежуточных продуктов и формирование из них биогенных пород и биокосных тел.

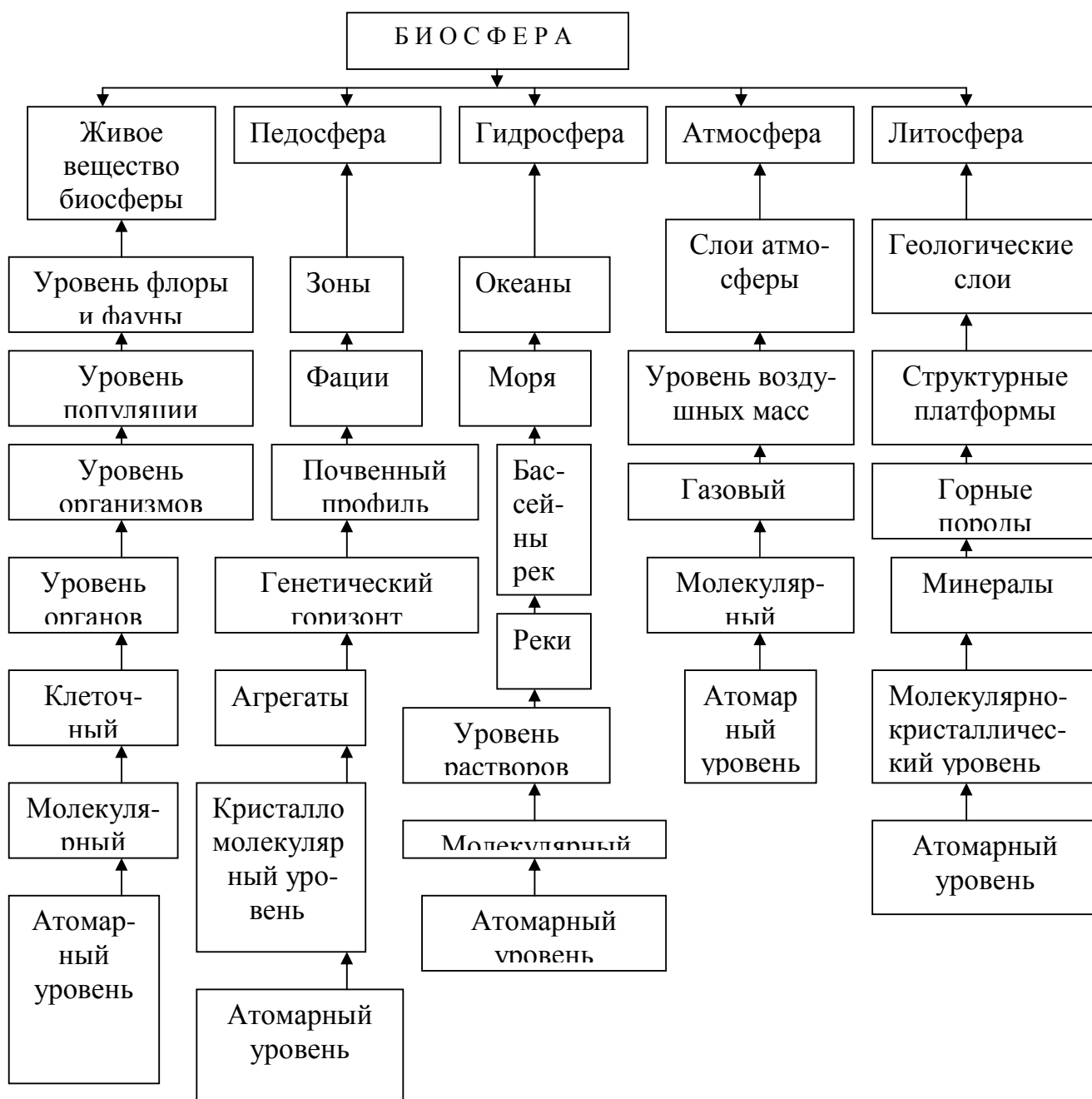


Рис. 2. Блок-схема структурной организации биосферы

Несмотря на различные процессы, идущие в биосфере, на Земле реально существуют физико-химические условия, определяющие пределы биосферы:

Во-первых, это достаточное количество CO_2 и O_2 . Установлено, что на Гималаях зона распространения зеленой растительности ограничена высотой 6200 м, где парциальное давление CO_2 вдвое ниже, чем над поверхностью моря. Однако выше жизнь не замирает – там встречаются некоторые виды членистоногих, питающихся органикой, заносимой ветром.

Во-вторых, это достаточное количество H_2O (обязательно в жидкой фазе).

В-третьих, благоприятный температурный режим, исключая высокие и низкие температуры (ведь высокая температура вызывает свертываемость белков, а при низкой температуре прекращается работа ферментов).

В-четвертых, это наличие «прожиточного минимума» элементов минерального питания.

В-пятых, сверхсоленость водной среды, превышающая концентрацию солей в морской воде примерно в 10 раз.

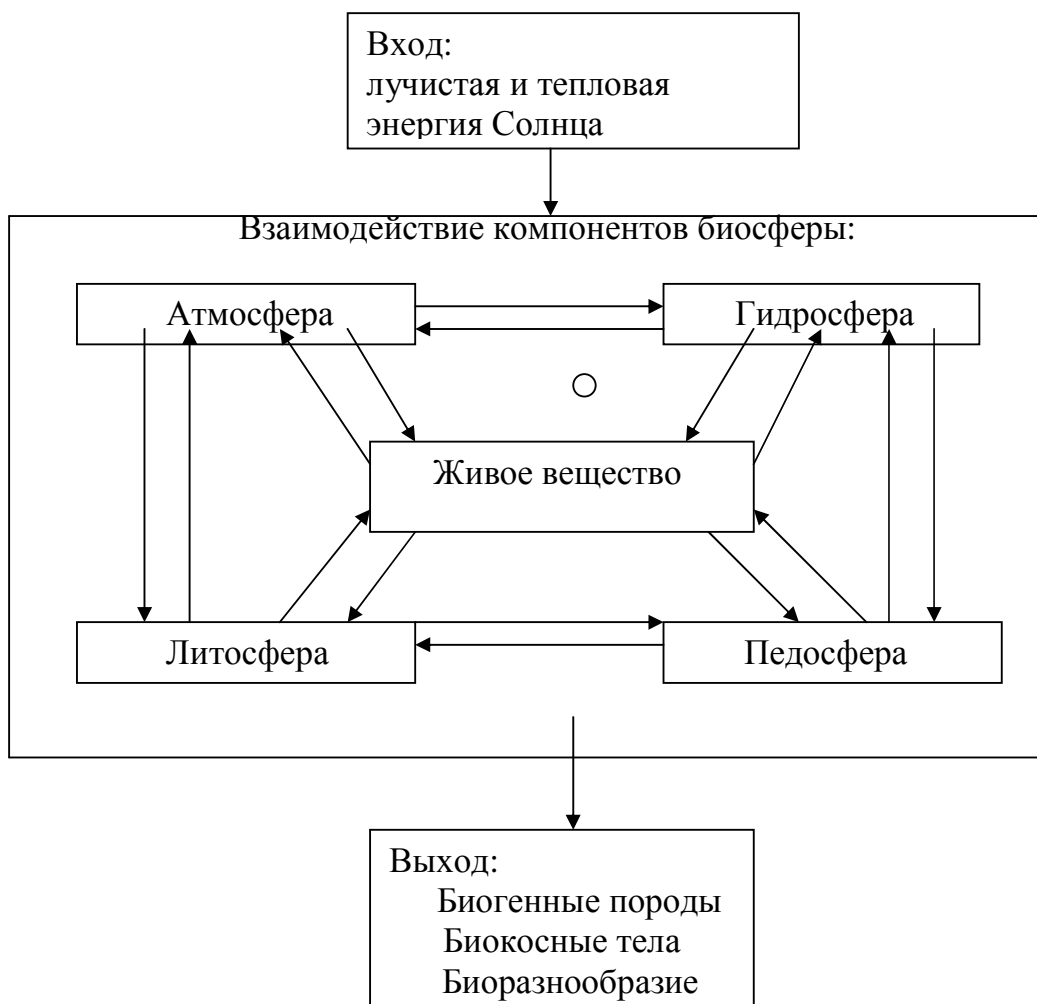


Рис. 3. Блок-схема функционирующей системы «БИОСФЕРА»

На протяжении 2 млрд. лет биосфера постоянно эволюционировала, то есть изменяла своё состояние, переходя из одного качества в другое. Изменялось биоразнообразие, биогенные породы подвергались метаморфизации, биокосные тела разрушались и возникали вновь. Все изменения, которые происходили и происходят в биосфере – это результат взаимодействия живой и мертвой (косной) материи. Живое вещество преобразует мертвую, а мертвая, в форме окружающей среды, преобразует живое вещество. Живое вещество воздействует на косные тела более сильно, чем косные на живое вещество. И не случайно, В.И. Вернадский назвал живое вещество наимоощнейшей геологической силой, преобразующей лик планеты.

Следовательно, биосфера – это геологическая оболочка планеты, где активно взаимодействуют живое вещество и косная материя при участии биокосных тел, где главенствующее положение занимает живое вещество. Биосфера – это наивысшая форма организованности, проявляющаяся во взаимосвязях и взаимодействиях всех компонентов живой и мертвой материи, где особое место занимают биогеохимические процессы. Процессы взаимодействия живого и неживого.

ТЕМА 2. БИОСФЕРА КАК САМАЯ ВЫСОКО ОРГАНИЗОВАННАЯ ПРИРОДНАЯ СИСТЕМА

2.1. Понятие о системах

Биосфера является оболочкой (сферой) обитания и функционирования живого вещества. Это материальная сфера. Но её нужно рассматривать как природную систему. Бергаланери предложил под системой понимать любой предмет или любое природное явление, состоящее минимум из двух взаимодействующих компонентов.

Системой можно считать отдельный атом химического элемента, клетку живого организма, отдельный минерал, целостный живой организм и т.п. В зависимости от количества входящих в систему компонентов они разделяются на простые и сложные. Простые системы составляют более сложные, которые также могут быть органогенными, биогенными, биокосными (рис.4). К биогенным системам относятся: живой организм на (в) живом организме; к органогенным системам – живой организм на остатках (трупах) живых организмов; к биокосным системам – живые организмы в абиотической среде. В историческом плане формирование систем началось с поселения микроорганизмов в воде, атмосфере и в грунте. Это поселение сопровождалось формированием биокосных экосистем. Сорбированные на глинистых минералах микроорганизмы создавали протогумус, осуществляли преобразование минералов, формировали протопочву. Поселение на этих протопочвах растений сопровождалось формированием уже настоящих почв. Этот процесс происходит и в современных условиях (в поймах, на свежевывавших вулканических пеплах, на отвалах горных выработок). Каждое растение создает вокруг себя определенное биогеоценотическое поле. Последнее влияет на почвы, на животных, микроорганизмы и грибы, создавая специфическую экосистему.

В целом вопрос о системности живой природы не вызывает сомнений. Более того, именно изучение живых материальных образований в значительной мере способствовало формированию системных представлений о мире. Основными системами живого, образующими различные уровни организации, в настоящее время признаются:

- 1) вирусы – системы, состоящие в основном из двух взаимодействующих компонентов (молекул нуклеиновой кислоты и молекул белка);
- 2) клетки – системы, состоящие из ядра, цитоплазмы и оболочки; каждая из этих подсистем, в свою очередь, состоит из особенных элементов;
- 3) многоклеточные системы (организмы, популяции одноклеточных);
- 4) виды, популяции – системы организмов одного типа;
- 5) биоценозы – системы, объединяющие организмы различных видов;
- 6) биогеоценоз – система, объединяющая организмы поверхности Земли;
- 7) биосфера – система живой материи на Земле.

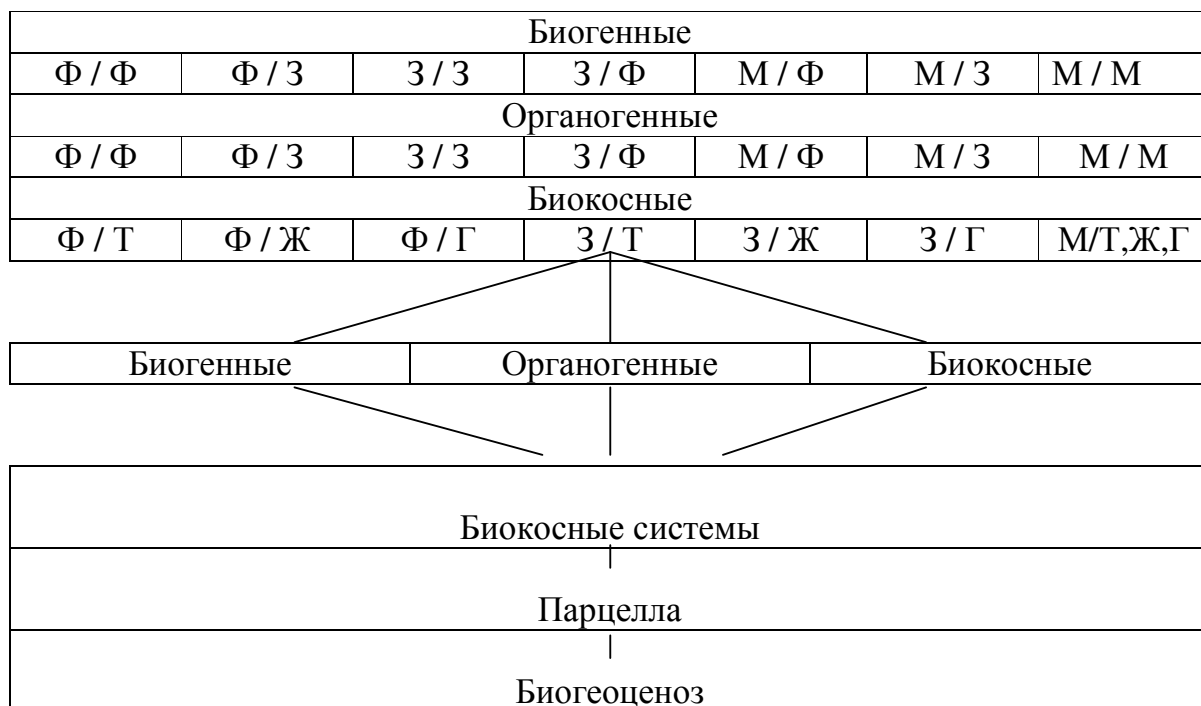


Рис. 4. Простые системы

Условные обозначения: Ф – растения и микромицеты (фито), З – животное (зоо), М – микроорганизмы, Т – твердая среда, Ж – жидкая среда, Г – газообразная среда. Над чертой – организатор системы, под чертой – среда.

Уровень каждой системы отличается друг от друга и по структуре, и по степени организации (биологическая классификация). Но взаимодействие элементов системы не обязательно предполагает жесткую, постоянную связь. Эта связь может быть временной, случайной, генетической, целевой. В целом живая природа, как и неживая, представляет собой систему систем, объединяя элементы различных уровней. Например, ландшафт как система включает в себя: 1) абиотические геосистемы (земная кора с рельефом, атмосфера, гидросфера, криосфера); 2) геосистемы почвенной сферы; 3) биотические геосистемы, образующие биосферу; 4) социально-экономические геосистемы, возникшие в результате общественно-исторической деятельности человека. Все эти системы связаны между собой и воздействуют друг на друга, образуя единую саморегулирующуюся систему. Изменение любой составной части ландшафта ведет, в конечном счете, к изменению его в целом. Вместе с тем, каждая система живой природы, являясь её элементом и определяясь ею, в то же время имеет достаточную самостоятельность саморазвития, чтобы выйти на другой уровень организации материи.

Приведем примеры.

1 пример. Система «хищник – жертва» (из учебника «Общая биология», 1995). Многие хищные позвоночные не подрывают численности

жертв и приводят её к стабилизации: они изымают часть молодняка и животных, лишенных кормового участка. Что не дает популяции жертв подорвать свои кормовые ресурсы. Нередко полное уничтожение хищников приводило сперва к резкому увеличению численности жертв, а затем к её катастрофическому падению из-за эпизоотии или подрыва кормовой базы. Многие хищники не способны предотвращать вспышки численности жертв. Это связано с тем, что у хищников часто скорость роста популяции гораздо ниже, чем у жертв. Во время вспышки численности жертв плодовитость хищников растет, но они не успевают размножиться настолько, чтобы потреблять значительную долю популяции жертв.

В других случаях хищники могут эффективно сдерживать рост популяции жертв и поддерживать её численность на уровне, намного более низком, чем ёмкость среды. Например, хищный клещ тифлодромус, питающийся земляничным клещиком – вредителем плантаций клубники, - в течение всего года поддерживает численность земляничного клещика на низком и довольно постоянном уровне. По темпам размножения тифлодромус не уступает своей жертве. Он способен быстро перемещаться с растения на растение, и земляничные клещики не успевают сильно размножиться до вселения хищника. Когда плантации обрабатывались тиофосом, который приводил к гибели тифлодромусов и слабо влиял на земляничных клещиков, последние давали резкие вспышки численности.

По наблюдениям ученых, в системе «хищник-жертва» наблюдаются циклические колебания численности хищника и его жертвы. Эти циклы тесно связаны во времени: за подъемом численности жертв с некоторым запаздыванием следует подъем численности хищника, после которого численность жертв начинает падать. Колебания численности в системе «хищник-жертва» могут зависеть от разных факторов: способности хищников и жертв к миграции, неоднородности среды, наличия других источников пищи и т.д. Например, если хищник имеет несколько источников пищи, достаточно велика вероятность, что он может полностью уничтожить популяцию одного из видов жертв.

2 пример. Система тундрового биома (разработана в 1972 г. группой шведских исследователей под руководством Ф. Бунелла). Основное внимание обращается на имитации движения углерода в тундровой экосистеме. Движение потока углерода происходит между четырнадцатью основными биомами (то есть четырнадцатью подсистемами образования и накопления биомассы в экосистеме):

а) надземные живые органы растений (подразделяются на зеленые и не зеленые ткани кустарников);

б) зеленая подстилка (верхняя часть «свежей» подстилки, возникающей в результате воздействия травоядных и насекомых);

в) мертвая и «старая» надземная биомасса (возраста более двух лет);

г) подстилка (исключая «зеленую подстилку»);

д) органическое вещество почвы на глубине до 10 см (менее устойчивые формы, чем выделяемый отдельно гумус);

- е) живые корневища и основания стеблей (на глубине 10 см);
- ж) мертвые корневища и корни (на глубине 10 см);
- з) гумус почвы (зачастую трудно отделимый от других органических веществ почвы);
- и) двуокись углерода, содержащаяся в атмосфере (источник органического вещества при фотосинтезе и результат респирации растений и других организмов);
- к) фекалии;
- л) мертвая и «молодая» надземная биомасса (растения, погибшие в текущем году);
- м) углерод, растворенный в почве (на глубине до 10 см);
- н) живые корни (на всю глубину проникновения);
- о) биомасса травоядных животных.

В этой системе среди подсистем происходят пять групп (классов) процессов:

1. накопление первичной продукции,
2. воздействие на растительность травоядных животных,
3. микробное дыхание,
4. выщелачивание,
5. накопление углерода в почве.

Три последних процесса определяют разложение и накопление органического вещества в почве. Процессы фотосинтеза поставлены в зависимость от интенсивности поступления солнечной радиации, температуры окружающей среды, биомассы живых организмов и других параметров, а процессы респирации – в основном, от температуры. В качестве травоядного животного рассматриваются лемминги, для которых среднесуточная скорость метаболизма зависит от их веса и температуры окружающей среды.

3 пример. Почвенная система. Для почвенной системы Б.Г. Розанов (1975) выделяет шесть уровней организации: атмосферный, кристалло-молекулярный, агрегатный, горизонтный, профильный и почвенный покров (педосфера), табл. 1. Каждый из этих уровней может рассматриваться как самостоятельная система (строение атома, кристалла, агрегата, горизонта). А также может рассматриваться и как подсистема более высокого уровня организации. Например, «атом» в системе «молекула», «кристалл» в системе «агрегат», «агрегат» в системе «горизонт» и т.д..

Все системы характеризуются рядом общих свойств, а именно:

- все системы обладают структурной организацией или иерархией;
- все системы имеют свою историю развития;
- все системы являются функционирующими;
- все системы обладают эмерджентностью.

Рассмотрим кратко каждое из этих свойств.

Структурная организация или иерархия представляет собой соподчиненность компонентов, входящих в систему. Чем больше

компонентов, входящих в систему, тем больше уровней в структурной организации системы.

Например, у живых организмов можно выделить несколько уровней: атомарный – молекулярный – клеточный – уровень органа – уровень организма. Для иерархических структур характерно наличие управляющих (командных) подсистем. Наличие иерархии является признаком высокого уровня организации.

Таблица 1

Уровни структурной организации почвы

Структурный уровень	Элементы структуры	Размер частиц, мм	Свойства почвы, экосистемы, на которые влияет структурный уровень
Атомарный	Ионы, свободные радикалы	10^{-7}	Водопроницаемость, набухаемость, рН, фильтрация
Молекулярный: <i>Низкомолекулярный</i>	Ионы, оксиды, гидрооксиды, соли, карбонаты, гипс, функциональные группы, свободные радикалы, органические вещества (белки, липиды, сахара), ЭПЧ *	$10^{-6} - 10^{-5}$	Физико-химические Физические: - ёмкость катионного обмена, - степень подвижности вещества и воды, механические, реологические
<i>Высокомолекулярный</i>	ЭПЧ, гуминовые кислоты, фульвокислоты, органические вещества, белки, полисахариды, нуклеиновые кислоты	$10^{-5} - 10^{-4}$	
Агрегатный: <i>Ультрамикроагрегатный</i>	Ультрамикроагрегаты, ЭПЧ: глинистые минералы, $\text{Fe}(\text{OH})_3$, $\text{Al}(\text{OH})_3$	$<10^{-3}$	Водный, воздушный, температурный, тепловой режимы
<i>Микроагрегатный</i>	Микроагрегаты, ЭПЧ (первичные минералы)	$10^{-3} - 0,5$	
<i>Агрегатный</i>	Агрегаты, микроагрегаты, кутаны, манганы	0,5-20	
<i>Макроагрегатный</i>	Макроагрегаты	>5	Порозность аэрации
Горизонтный	Морфоны, новообразования, включения		
Почвенный индивидуум	Горизонты		Устойчивость экосистем леса, агро-экосистем
ЭПЧ * - элементарные почвенные частицы (минералы, обломки пород, аморфные соединения, органо-минеральные соединения)			

В функциональном отношении иерархические системы более экономны. Избыточность структуры свидетельствует о целесообразном расходе ресурсов, расточительности, которая оправдана только в том случае, если целью является дальнейшее развитие системы, ее морфологическая перспектива. Для описания структур применяют графы (рис.5).

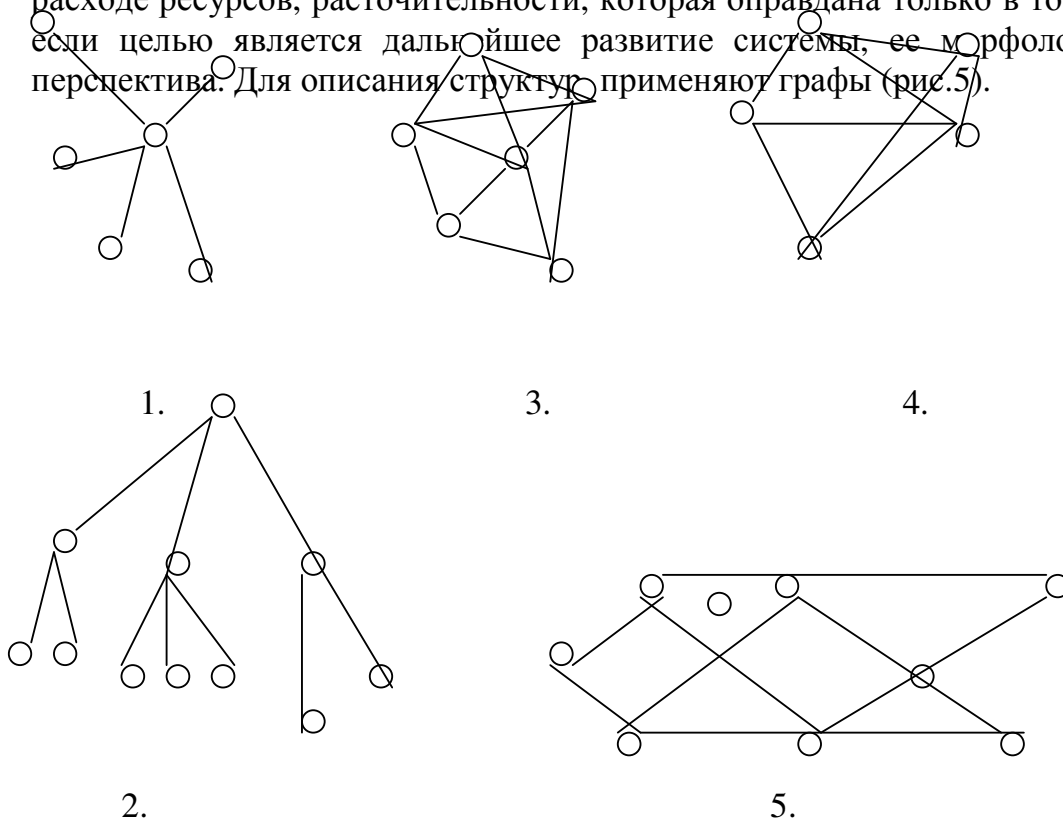


Рис. 5. Классификация структур по связям: 1,2 – иерархическая; 3,4 – многосвязная; 5 – сотовая

Наиболее важными свойствами структурной организации или иерархии любой системы являются:

1. более высокий уровень организации включает в себя объекты или явления более низкого уровня;
2. каждый структурный уровень характеризуется своим особым комплексом природных законов поведения и взаимодействия (как внутри себя, так и с окружающей средой), составляющих его объектов и явлений;
3. все структурные уровни системы находятся во взаимодействии друг с другом;
4. любой структурный уровень системы является её подсистемой, но может рассматриваться и как самостоятельная система.

Следующая характерная черта или свойство структурной организации всех систем это их *функционирование*. Под функционированием понимается постоянное взаимодействие всех компонентов системы, обеспечивающих поступательное развитие системы в направлении от простого к более сложному.

В процессе функционирования природные системы обладают:

- устойчивостью, то есть способностью противостоять внешним воздействиям и сохранять своё строение и функционирование. Каждая природная система способна выдерживать внешние воздействия определенной силы. Воздействия внешних сил выше критических величин могут вызвать разрушение системы;

- природные системы способны саморегулироваться при своем развитии;

- все функционирующие системы находятся в квази-равновесном состоянии и их развитие носит пульсирующий характер.

Все системы имеют свою *историю развития и обладают возрастом*. Чем больше возраст системы, тем сложнее история её. История биосферы составляет около 2-х млрд. лет и состоит в постоянном изменении её состояния, то есть в её эволюционировании. В.И. Вернадский указывал, что существующие в составе земной коры гранитные оболочки являются последствием функционирования былых биосфер, как результат метаморфизации биогенных пород, созданных биосферой.

В процессе эволюционирования биосфера постоянно усложнялась, увеличивала количество живого вещества и его биоразнообразие. Постоянное, эволюционное изменение состояния биосферы является закономерным и неизбежным явлением. Эти изменения носят количественный и качественный характер. Последние тысячелетия биосфера изменяется, трансформируется и переходит в новое состояние, получившее название «ноосфера». Знание истории развития системы позволяет прогнозировать её развитие в будущем и даёт возможность регулировать процессы, обуславливающие её развитие.

Вся система, в полном объеме, обладает таким свойством, которым не обладает ни один из её компонентов. Это новое свойство вырабатывается в процессе функционирования всей системы, то есть в процессе взаимодействия всех компонентов системы. Называется это новое свойство *эмерджентностью системы*. Эмерджентность – это новое свойство, возникающее в процессе функционирования всей системы, благодаря чему она обладает такими новыми качествами (свойствами), которыми не обладает ни один из её составляющих компонентов. Например, в почвенной системе этим новым свойством, или эмерджентностью, следует считать плодородие почв. Если же под этим понятием усматривать не только свойство, но и какую-то новую субстанцию (вещество), то под эмерджентностью почвенной системы надо бы понимать и гумус как новое свойство (в виде «продукта» системы), которым не обладает не только ни один компонент почвенной системы, но и никакая природная система.

Исходя из рассмотренных особенностей систем, можно определить и задачи системного подхода:

1. Выявление свойств изучаемого объекта (явления), исходя из свойств составляющих его компонентов, и, наоборот, выявление свойств отдельных компонентов, исходя из свойств всего объекта (явления), в который они входят. Эту задачу можно изложить так: свойства целого отражают свойства

составляющих его элементов, а свойства отдельных элементов отражают свойства целого;

2. Установление уровней организации системы, то есть её иерархии;

3. Определение всей сети взаимосвязей между отдельными компонентами системы, включая механизмы, обуславливающие её функционирование, а также связи системы с внешней средой.

2.2. Биосфера – природная система

Как уже отмечалось, биосфера – самая высоко организованная природная система. Состоящая из пяти геосфер или пяти взаимодействующих компонентов. До настоящего времени иерархия биосферы, то есть уровни организации не установлены. Обычно в схемах, отражающих строение и организацию биосферы показывают все компоненты (литосфера, атмосфера, гидросфера, педосфера, живое вещество) однозначно уравненными, то есть занимающими один уровень (рис.6).

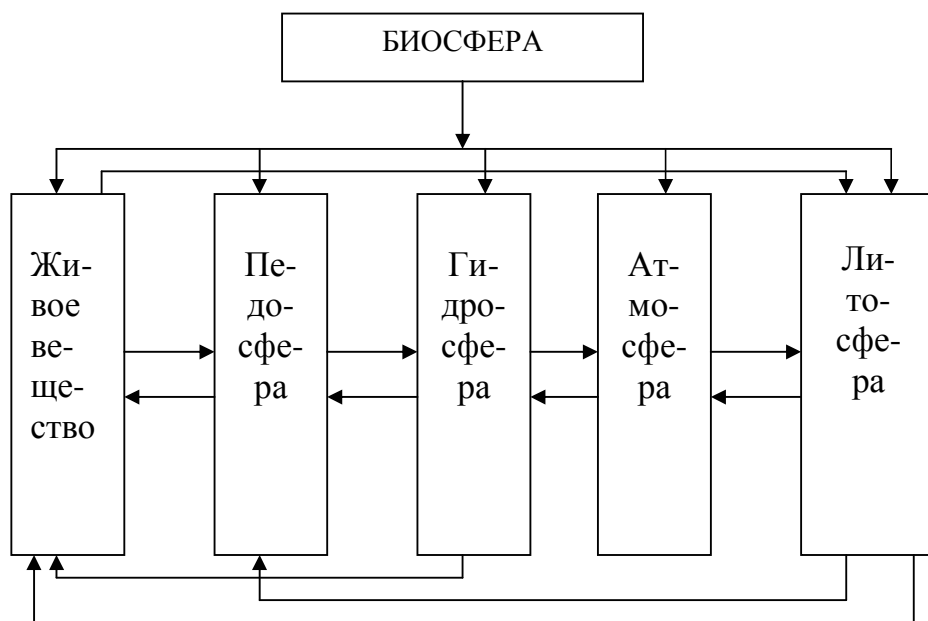
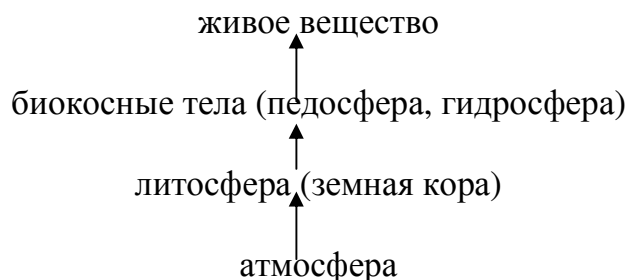


Рис. 6. Блок-схема иерархий компонентов биосферы

Это объясняется тем, что каждый из компонентов (геосфер) сам по себе является сложной природной системой, и выявить иерархность всех компонентов не представляется возможным. Исходя из степени сложности состава, строения, организованности и функциональной роли каждого компонента биосферы иерархию биосферы можно представить в следующем виде (по степени увеличения местоположения уровня организации системы снизу вверх:



В представленной схеме самый низкий уровень в структурной организации биосферы занимает атмосфера, самый высокий – живое вещество. В то же время каждый уровень структурной организации биосферы, в виде её компонента или подсистемы, может рассматриваться как самостоятельная природная система, имеющая свои уровни организации (рис.6). Эта упрощенная блок-схема показывает принципиальное положение различных уровней. В действительности, в биосфере, как в природной системе всё взаимосвязано и взаимообусловлено и поэтому отразить все связи в принципиальной схеме невозможно. Однако, мы всегда должны помнить о существовании именно сложных взаимосвязей в биосфере. Изучение любого природного явления, природного объекта должно исходить из положения о том, что оно является частью целого и для этого надо знать местоположение изучаемого объекта в общей системе – в биосфере.

Взаимодействие всех геосфер составляет сущность функционирования биосферы в целом. Функционирование биосферы проявляется в виде множества процессов, которые могут быть объединены в несколько групп:

1. химические процессы растворения, осаждения, окисления, восстановления, гидролиза, гидратации;
2. геохимические процессы разрушения кристаллических решёток первичных минералов и синтеза вторичных;
3. биологические процессы синтеза органических веществ в виде живого вещества;
4. биохимические процессы взаимодействия живого вещества и косных тел.

Все эти группы процессов сопровождаются процессами потока веществ в виде большого геологического и малого биологического круговоротов. Чтобы лучше понять строение, свойства и особенности функционирования биосферы, как природной системы, следует рассмотреть эти показатели для каждого компонента биосферы в отдельности.

Большой геологический круговорот выражается в переносе твердых, жидких и газообразных веществ в масштабах планеты. Это: а) газообмен между атмосферой и сушей, между атмосферой и океаном; б) речные потоки и морские течения и связанное с ними осадконакопление; в) потоки воздушных масс и атмосферные осадки; г) эрозионные процессы и перенос твердого материала, включая эоловые процессы.

Малый биологический круговорот осуществляется между педосферой и растительностью и выражается в «перекачке» химических элементов из литосферы в живое вещество с последующей миграцией.

ТЕМА 3. ЛИТОСФЕРА – СТРОЕНИЕ, СОСТАВ И ПРОЦЕССЫ, ПРОИСХОДЯЩИЕ В ЕЁ ВЕРХНИХ ЧАСТЯХ И НА ЕЁ ПОВЕРХНОСТИ

Планета Земля состоит из земной коры, мантии и ядра. Границы между геосферами устанавливаются по совокупности научных материалов, но преобладают геофизические данные. Границы установлены по скачкообразному увеличению скорости распространения сейсмических волн. На границе земной коры и подстилающей её мантии устанавливается скачок в скорости прохождения волн. Она получила название *границы Мохоровичича* или сокращенно границы Мохо. В пределах верхней мантии, в интервале глубин от 100-200 до 250 км под материками и на глубине от 50-60 до 400 км под океанами, скорость сейсмических волн уменьшается. Эта зона внутри верхней мантии получила название *астеносферы* (слабая сфера, волновод). В ней располагаются магматические очаги, проявляются процессы, вызывающие тектонические движения в земной коре.

Выше астеносферы вещество верхней мантии находится в твердом состоянии. Эта часть мантии вместе с земной корой принято объединять под общим названием литосфера (каменная оболочка). Литосфера изучена неравномерно.

Наиболее изучена верхняя часть литосферы – земная кора. Исследователи судят о строении, составе и свойствах веществ, слагающих верхнюю часть земной коры по породам, наблюдаемым и отобраным из естественных обнажений, горных выработок, по керну буровых скважин, шахтах, туннелях и других искусственных обнажений. Верхняя часть земной коры до глубины 3 км, относимой В.И. Вернадским к биосфере, представляет собой более стабильный во времени и пространстве (чем атмосфера, гидросфера и другие компоненты биосферы) коренной субстрат биосферы. Без коренного субстрата земной коры не возможно было бы возникновение жизни на Земле. Поэтому коренной субстрат биосферы – это важнейший фактор возникновения, эволюции и существования вообще жизни биокосного вещества и жизни человека в частности.

3.1. Строение земной коры

Историческое развитие Земли привело к формированию различных структурно-тектонических элементов земной коры, отличающихся своим строением, составом, то есть структур материков и океанов. Для каждой из этих двух структур характерен свой тип земной коры. Для материков – континентальный, для океанов – океанический. В континентальном типе земной коры по физическим свойствам и составу выделяется: а) осадочный, б) гранитный, в) базальтовый слой.

а) Осадочный слой состоит из рыхлых (аллювиальных, делювиальных, пролювиальных, моренных, глинистых и других) отложений. А также в него входят сцементированные (песчаники, конгломераты, гравелиты, аргилиты и другие), обломочные, хемогенные (известняки, кремнистые, железистые, фосфатные и др.) и органогенные (известняки, кремнистые и др.) горные

породы. Мощность слоя колеблется в широких пределах – от первых метров до 15-30 км.

б) Гранитный слой сложен горными породами, близкими по составу и физическим свойствам к граниту, и поэтому назван условно гранитным. Под океанами он отсутствует.

в) Базальтовый слой сложен горными породами, близкими по составу и физическим свойствам к базальту, и поэтому назван условно базальтовым.

Океанический тип коры состоит из: осадочного и базальтового слоёв. Гранитный слой отсутствует.

Осадочный слой делится на два самостоятельных слоя. Верхний из них – первый океанический слой представлен рыхлыми осадками (различными илами и красной глубоководной глиной). Мощность – от нескольких метров до 1 км. Второй слой представлен осадочными породами (известняками, кремнистыми породами), переслаивающимися с базальтами. Третий океанический слой представлен базальтами. Мощность слоя 4-8 км.

Помимо океанического и континентального типов земной коры, выделяют ещё два типа, свойственные переходным областям земной коры от континента к океану: субокеанический и субконтинентальный типы. К переходным зонам относятся окраинные активные пояса, охватывающие окраинные моря (Японское, Охотское, Берингово и др.), островные дуги и глубоководные желоба. Для них характерна чрезвычайная мозаичность строения.

Субокеанический тип земной коры отличается от океанического большей мощностью осадочного слоя (до 15 км), подстилаемого слоем базальтов толщиной 5-10 км. Мощность коры здесь до 25 км. Осадочный слой состоит из маломощного слоя рыхлых осадков и мощного слоя консолидированных осадков (Охотское, Японское моря и другие).

Субконтинентальный слой земной коры отличается от континентального слоя меньшей мощностью. Общая мощность коры 20-22 км. Мощность осадочного слоя несколько сотен метров. Он подстилается гранитно-гнейсовым слоем толщиной до 10 км. Под ним залегает базальтовый слой мощностью 10-15 км.

Переход земной коры одного типа в другой может быть резким или плавным в зависимости от строения рассматриваемого региона. В целом различие в строении земной коры отдельных территорий обусловлено различной историей их развития.

3.2. Химический состав земной коры

Для установления состава земной коры ученые изучают химический состав горных пород и минералов, выходящих на поверхность Земли или поднятых со дна океанов. Образцы этих пород отбирают из горных выработок и скважин и проводят различные химические анализы. Средний химический состав литосферы, земной коры, доступной для исследования, установлен довольно точно. Первые обобщения о составе земной коры были опубликованы американским ученым Ф. Кларком в 1889 г. Позже, по мере

получения новых материалов, данные о среднем составе земной коры уточнялись зарубежными и русскими исследователями. Из русских ученых большую работу в этом направлении проделали В.И Вернадский (1904-1914), А.Е. Ферсман (1950), Н.П. Виноградов (1962). Среднее химическое содержание химических элементов в земной коре было названо *кларком*, в честь американского ученого Ф. Кларка. Такие средние значения подсчитаны не только для земной коры, но и для литосферы и Земли в целом. Величины кларков земной коры у разных элементов различаются в миллиарды раз.

По данным А.П. Виноградова (1962), в составе земной коры преобладают три элемента: кислород, кремний и алюминий. На их долю приходится 82,58% массы земной коры. На железо, кальций, натрий, калий, магний и титан приходится 15,16%. На все другие элементы – 2,26%. Содержание хлора (0,2%), марганца (0,12%), серы (0,11%) измеряется десятными долями процента, а фосфора, бария, хрома, фтора, циркония, никеля, стронция, ванадия, меди – сотыми долями процента. Остальные элементы представлены тысячными, миллионными, биллионными и т.д. долями процента.

По распространению в земной коре выделяют следующие группы элементов

1. *Макроэлементы* – элементы с кларком более 1%:

кислород – 47%
 кремний – 29,5%
 алюминий – 8%
 железо – 4,7%
 кальций – (3%)
 натрий (2,5%)
 калий (2Ю5%)
 магний (1,9)
 титан (0,45%).

Эти девять элементов составляют около 98% массы земной коры.

2. *Микроэлементы*. Они подразделяются на:

а) редкие элементы с кларком 0,01-0,0001 – образуют свои минералы (например, медь);

б) редкие рассеянные элементы – не образуют своих минералов (например, теллур);

в) ультрамикроэлементы – это такие элементы как, например, ртуть, золото (кларк $4,7 \cdot 10^{-8} \%$).

Ниже приводятся наиболее распространенные элементы в земной коре (в массовых %):

Химические элементы	Содержание по А.П. Виноградову (1962)	Содержание по А.Б. Ронову и А.А. Ярошевскому (1976)
Кислород	49,13	46,50
Кремний	26,00	25,70

Алюминий	7,45	7,65
Железо	4,20	6,24
Кальций	3,25	5,79
Натрий	2,40	1,81
Калий	2,35	1,84
Магний	2,35	3,23
Титан	0,61	0,52
Углерод	0,35	0,46
Водород	1,00	0,16

3.3. Минеральный состав земной коры

Земная кора сложена минералами и горными породами. Рассмотрим общие известные сведения о минералах. Подавляющее большинство химических элементов образуют в земной коре простые или сложные соединения (исключение составляют инертные газы и самородные элементы). Химические соединения, образовавшиеся в земной коре и на её поверхности в результате природных процессов и обладающие определенными химическим составом и физическими свойствами, называются минералами. Установлено, что в земной коре содержится около 2500 минералов, но их обычно определяют состав горных пород не более 50-100 минералов. Они получили название породообразующих. Кроме них, ещё выделяются *акцессорные* (второстепенные –1-5 %) и вторичные. Минералы могут находиться как в кристаллическом, так и в аморфном состоянии. Из химии известно, что в кристаллических веществах молекулы, атомы, ионы расположены закономерно, образуя кристаллическую решетку. А в аморфных они расположены беспорядочно. Поэтому в кристаллических минералах одни и те же физические свойства в разных направлениях проявляются неодинаково. Такое свойство кристаллов называется анизотропностью. Аморфное же вещество всегда изотропно, то есть имеет одинаковые свойства во всех направлениях. Правильная внутренняя структура кристаллических веществ (минералов) находит свое выражение в правильной внешней форме. Поэтому кристаллические вещества встречаются в природе в виде правильных многогранников – кристаллов с определенными элементами симметрии.

Минералы характеризуются физическими свойствами, такими как цветом,, цветом черты, блеском, твердостью, спайностью, плотностью, изломом, ковкостью, магнитностью, вкусом. Каждый минерал отличается определенным сочетанием названных свойств. Описание этих свойств можно найти в соответствующих минералогических справочниках.

Цвет минералов может быть постоянным или изменчивым. Например, у малахита цвет всегда зеленый, а у кварца – белый, фиолетовый, серый, черный и др. Некоторые минералы с небольшой твердостью могут на пластинке с шероховатой поверхностью оставлять черту, цвет которой не всегда соответствует цвету минерала в образце. Например, у пирита в образце цвет латунно-жёлтый, а черта чёрная.

Блеск минералов бывает металлический и неметаллический. Различают разновидности неметаллического блеска – алмазный, стеклянный, перламутровый и др.

Под твердостью минерала понимается сопротивление, которое оказывает минерал, когда его подвергают стачиванию или царапанию. Твердость определяется с помощью прибора – твёрдомера.

Спайность – способность минералов раскалываться в определенных направлениях на пластинки различной толщины. Различают спайность весьма совершенную, совершенную, среднюю, несовершенную. Например, весьма совершенную спайность имеют слюды, которые легко расщепляются на тонкие пластинки.

По плотности минералы разделяются на легкие, тяжелые и очень тяжелые.

Минералы имеют определенную морфологию и облик, которые характеризуются, прежде всего, степенью изометричности и отражаются в различном соотношении их длины, ширины и толщины. В зависимости от этих соотношений выделяются минералы удлинённые (столбчатые, игольчатые, нитевидные), изометричные и утолщенные (таблитчатые, листовые, тонкочешуйчатые).

Внешний облик ограненных минералов или их габитус определяется преобладанием граней тех или иных простых форм. Габитус минералов может быть кубическим, октаэдрическим, тетраэдрическим, призматическим, дипирамидальным и проч.

В природе минералы встречаются не только в виде отдельных индивидов, но и в виде совокупности нескольких минералов одного и того же происхождения. Наиболее распространены разнообразные землистые агрегаты, которыми сложены все кристаллические породы. Зернистые агрегаты характерны для порошковатых, рыхлых минералов и для глин, бокситов и т.д. Различают шестоватые, волокнистые, пластинчатые, чешуйчатые и другие агрегаты. В природе выделяются также друзы, конкреции, секрции, жеоды, дендриты, оолиты, натёки и почковидные агрегаты.

Друзы – незакономерные сростки отдельных кристаллов.

Конкреции – образования, имеющие вид желваков, шаровидных стяжений со скорлуповатым или радиально-лучистым строением. В виде конкреций встречаются фосфориты, марказит и др.

Секрции представляют собой форму отложения минерального вещества в полостях. Причём рост минералов происходит от периферии к центру. Обычно секрции имеют овальную форму. Если размер секрции более 1-2 см в диаметре, она носит название жеоды.

Дендриты имеют ветвящееся древовидное строение и похожи на отпечатки растений (чаще папоротников). Они образовались благодаря проникновению растворов по тонким волосовидным трещинкам породы.

Оолиты представляют собой агрегат мелких шариков, размер которых может быть от 0,05 мм до 2-3 см в диаметре. В разрезе шарики имеют

концентрическое (реже радиально-лучистое) строение; в центре иногда можно видеть песчинку или обломок раковины.

Натёки и почковидные агрегаты очень распространены среди поверхностных образований. Натёчные формы могут иметь вид сосулек, растущих сверху (сталактиты) и снизу (сталагмиты).

3.4. Основные химические классы минералов

Рассмотрим главнейшие породообразующие и наиболее встречающиеся минералы. Эти минералы относятся к классам:

- самородные элементы
- сульфиды
- оксиды и гидроксиды
- галоидные соединения
- карбонаты
- фосфаты
- сульфаты
- силикаты и алюмосиликаты
- органические соединения.

Самородные элементы. В этот класс входят минералы, состоящие из одного элемента. В самородном состоянии в земной коре и в составе метеоритов установлено более 50 элементов. К ним относятся: металлы – золото, серебро, платина, медь; полуметаллы – мышьяк, сурьма, висмут; неметаллы – алмаз, графит и др.

Класс сульфидов. К этому классу относится свыше 250 минералов. Они составляют около 0,25% массы земной коры. Это соединения различных элементов с серой (производные H_2S). Обычно они не являются породообразующими, но многие сульфиды имеют большое практическое значение: важнейшие руды на свинец (галенит PbS), цинк (сфалерит ZnS), ртуть (киноварь HgS), молибден (молебденит MoS_2).

Класс оксидов и гидроксидов. Минералы этого класса широко распространены в земной коре и составляют 17% её массы, причём на долю одного лишь кремнезёма приходится 12,6%. Известно около 200 минералов этого класса. Некоторые из них являются породообразующими минералами, другие относятся к рудам (гематит, магнетит, хромит). Этот класс делится на две группы. В первую входят оксиды и гидроксиды кремния (кварц SiO_2 , халцедон SiO_2 , опал $SiO_2 \cdot nH_2O$ и другие. Во вторую группу – оксиды и гидроксиды металлов (железа, марганца, хрома, алюминия). Большое число минералов этой группы является важным сырьём для получения металлов. Это гематит Fe_2O_3 , магнетит Fe_3O_4 , хромит $FeCrO_4$, ильменит $FeTiO_2$, рутил TiO_2 , касситерит SnO_2 .

Класс галоидных соединений – класс соединений, насчитывающий около 120 минеральных видов галоидов. Он составляет 1,5-2,0% массы земной коры. Это соли галоидно-водородных кислот (HCl , HF , HI). Наибольшее распространение имеют соединения хлористо-водородной

кислоты (галит NaCl , сильвин KCl , карналит $\text{KCl} \cdot \text{MgCl}_2 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$). Важной рудой является флюорит – плавиковый шпат CaF_2 .

Класс карбонатов составляет 1,7% от массы земной коры и объединяет около 80 минералов. Это соли угольной кислоты, которые вступают в реакцию с соляной кислотой. Многие карбонаты – пороодообразующие минералы осадочных и метаморфических пород, ценные руды на железо, цинк, олово, медь. Они накапливаются в большом количестве в почве, входят в состав панцирей организмов. Наиболее часто встречаемые из них: кальций в соединении CaCO_3 , доломит $\text{Ca Mg} (\text{CO}_3)_2$, сидерит FeCO_3 . К этому классу относится малахит $\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu} (\text{OH})_2$.

Класс фосфатов составляют соли фосфорной кислоты. Из многочисленных представителей фосфатов и родственных им минералов (арсенатов, ванадатов) важное значение имеет как пороодообразующий минерал и как сырьё для получения удобрений – апатит $\text{Ca}_5 (\text{PO}_4)_3 (\text{F}, \text{Cl}, \text{CO}_2)$.

Класс сульфатов включает минералы, которые образуются в результате осаждения солей серной кислоты в лагунах и озёрах и при окислении сульфидов. Среди минералов различают:

- водные – мирабилит $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$, гипс $\text{CaSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$;
- безводные – ангидрит, барит BaSO_4 ;
- минералы, содержащие гидроксил – алунит $(\text{K}, \text{Na}) \text{Al}_3 (\text{OH})_6 [\text{SiO}_4]_2$.

Класс силикатов и алюмосиликатов – это до 500 минералов и их разновидности, что составляет около 80% массы всей земной коры. Они являются важнейшими пороодообразующими минералами. Классификация силикатов проводится по структурному принципу. В основе строения минералов этого класса лежит кремнекислородный тетраэдр $[\text{SiO}_4]^{4-}$. В центре этой структурной формы находится ион кремния $[\text{Si}]^{4+}$, а в вершинах тетраэдра – ионы кислорода $[\text{O}]^{2-}$. Каждый кремнекислородный тетраэдр обладает четырьмя свободными валентными связями $[\text{SiO}_4]^{4-}$. Поэтому $[\text{SiO}_4]^{4-}$ соединяется с Fe, Ca, Mg, Na, K и другими элементами, а также с другими кремнекислородными тетраэдрами. Последние соединяются между собой через вершины, то есть два иона кремния соединяются между собой только одним ионом кислорода. Силикаты, в которых часть ионов кремния замещена ионами алюминия, называются алюмосиликатами. В зависимости от характера сочетания в структурной решётке кремнекислородных тетраэдров силикаты разделяются на следующие группы:

- островные
- цепные
- ленточные
- листовые
- каркасные.

В группу *островных силикатов* входят силикаты, решетка которых состоит из изолированных кремнекислородных тетраэдров. Это оливин $(\text{Mg}, \text{Fe})_2 [\text{SiO}_4]$, группа гранатов, представляющих собой изоморфный ряд минералов –grossуляр, пироп, спессартин, альмандин и уваровит.

Изоморфизм – способность кристаллических веществ различного состава образовывать непрерывно меняющиеся по составу смеси одинаковой кристаллической структуры.

Ценные силикаты. В минералах этой группы тетраэдры соединены в одинарные цепочки. К цепным силикатам относится группа пироксенов, из которых наиболее распространен авгит $[\text{Ca}(\text{Mg}, \text{Fe}, \text{Al})]^*[(\text{Si}, \text{Al})_2 \text{O}_6]$.

К ленточным силикатам относятся минералы с непрерывно обособленными лентами (поясами) из тетраэдров. Например, группа амфиболов, к которым относится тремолит, актинолит, роговая обманка.

Листовые силикаты. Минералы этой группы образованы из слоёв кремнекислородных тетраэдров. К ним относятся слюды, тальк, хлориты, серпентин, а также глинистые минералы – каолин, монтмориллонит и гидрослюды. Кремнекислородные слои в решётке связаны между собой посредством катионов. По направлениям расположения катионов происходит расслоение на листы с образованием ровных плоскостей. Особенно тонкие листы образуются при расщеплении слюд. Среди слюд наиболее распространены мусковит и биотит.

Каркасные силикаты образуют группу минералов, характеризующихся непрерывным сцеплением кремнекислородных тетраэдров, которые образуют каркас. Они весьма разнообразны. Наиболее распространены среди минералов этой группы полевые шпаты (около 60% от массы земной коры). По химическому составу полевые шпаты разделяются на две подгруппы:

- калиево-натровые (ортоклаз, микроклин)
- известково-натровые, или плагиоклазы.

Мы рассмотрели группу первичных минералов.

Особую группу составляют вторичные минералы. Их много образуется в верхних, особенно рыхлых слоях земной коры, входят в состав глин и других образований. Они играют важную роль в формировании среды обитания живого вещества. Основная их часть представлена глинистыми минералами, к которым относятся минералы группы каолинита, гидрослюды, монтмориллонита, смешаннослойных минералов, хлориты. Всем им присущи такие свойства как слоистое кристаллическое строение, высокая дисперсность и высокая поглотительная способность. Однако строение их различно.

Минералы группы каолинита имеют жесткую кристаллическую решётку. Ёмкость поглощения не превышает 25 мл-экв на 100 г. Минерал не впитывает воду в межпакетное пространство и не обладает способностью к набуханию. Поэтому и почва с большим количеством каолинита имеет низкую емкость поглощения, хорошую водопроницаемость и небольшую липкость. Много каолинита в почвах субтропической и тропической зон.

Минералы группы гидрослюды (или группы иллита) представляют собой трёхслойные алюмосиликаты с не расширяющейся решеткой. Ёмкость поглощения 45-50 мл-экв на 100 г. Гидрослюды содержат значительное количество калия (до 6-8% K_2O). Распространены часто в подзолистых почвах и серозёмах. К гидрослюдам близок минерал вермикулит с

расширяющейся решеткой и большой ёмкостью поглощения (до 100 мл-экв на 100 г.).

Минералы монтмориллонитовой группы и минералы группы смектита характеризуются сильно расширяющейся при увлажнении кристаллической решеткой. Они способны к поглощению воды и набуханию. Ёмкость поглощения до 80-129 мл-экв на 100 г. Характерны для этой группы разнообразные изоморфные замещения. Так, в бейделлите (представителе этой группы) часть кремния замещается на алюминий. В конtronите возможно замещение части алюминия железом. Минералы этой группы присущи каштановым и черноземным почвам, а также солонцам.

Смешаннослойные минералы состоят из слоёв различных индивидуальных минералов и обозначаются составными названиями: гидрослюда-монтмориллонит, хлорит-вермикулит и др. В зависимости от характера переслаивания и доли участия индивидуальных минералов смешаннослойные образования могут иметь различные характеристики.

3.5. Основные сведения о горных породах

Горная порода – природный агрегат одного или нескольких минералов или скопление минеральных обломков. Каждая горная порода образуется в строго определенных физико-химических условиях и характеризуется определенной структурой и текстурой. *Под структурой* понимается строение породы, то есть степень кристалличности, формы и размеры зерен породообразующих минералов или минеральных обломков, входящих в породу. *Под текстурой* понимается сложение породы, то есть взаимное расположение зёрен тех же минералов.

По условиям образования горные породы, слагающие литосферу, условно делятся на три класса:

- магматические
- осадочные
- метаморфические.

Магматические горные породы

Эти горные породы образуются в результате кристаллизации жидкого высокотемпературного расплава – магмы (или лавы). Когда магматический расплав, поднимающийся из магматических очагов Земли, застывает и кристаллизуется в земной коре, не достигнув её поверхности, образуются интрузивные породы. Если магматический расплав, выброшенный при вулканических извержениях, застывает на поверхности, образуются эффузивные, или излившиеся горные породы. Различают также группу жильных магматических пород, образовавшихся при застывании магмы в трещинах земной коры. Магматические горные породы классифицируются по химическому составу. Для химической характеристики породы наиболее показательным содержанием в ней кремнекислоты, как в свободном виде (минерал кварц), так и в составе других силикатов, входящих в породу. В зависимости от процентного содержания в магматических горных породах кремнекислоты они делятся на:

- кислые породы (75-65%)
- средние (65-52%)
- основные (52-40%)
- ультраосновные (менее 40%).

В кислых породах количество кремнекислоты настолько значительно, что её избыток представлен зернами кварца. В средних породах количество кремнезёма в минералах равно количеству оснований и поэтому кварц в этих породах не является породообразующим. В кислых и средних группах пород преобладают светлые силикаты над тёмными и породы имеют светлые цвета. В основных породах кремнекислоты меньше, чем оснований, поэтому эти породы состоят из минералов, относительно бедных оксидом кремния. В ультраосновных породах кремнекислоты очень мало. В эту группу входят минералы, содержащие кремнекислоту в очень небольшом количестве. Для определения кремнекислотности важна окраска. Кислые породы светлые, основные и ультраосновные породы темно-зеленые или даже черные.

Ультраосновные породы состоят из оливина, пироксена и роговой обманки. Характерной особенностью их состава является отсутствие полевых шпатов и кварца. Черная и темно-зеленая окраска основных породообразующих минералов обуславливает темный и черный с зеленоватым оттенком цвет ультраосновных пород. Интрузивные разности этих пород представлены дунитами, перидотитами и пироксенитами.

Основные породы имеют в своём составе пироксены и основные плагиоклазы. В меньшем количестве присутствуют оливин, роговая обманка, биотит. Характерно отсутствие кварца. Окраска пород тёмная. Основные представители габбро и их излившиеся аналоги – базальты.

Средние породы, занимающие промежуточное положение между основными и кислыми, состоят из средних плагиоклазов, калиевых полевых шпатов и роговой обманки, реже авгита и биотита. Кварца в этих породах мало или он вообще отсутствует. Интрузивные породы – диориты и сисниты, эффузивные аналоги – андезиты, андезитовые порфириды, трахиты, трахитовые порфиры.

Кислые породы состоят из кварца, полевых шпатов, плагиоклаза, других темноцветных минералов. Интрузивные породы – гранит и гранодиорит, а их эффузивные аналоги – липариты и кварцевые порфиры.

Кроме эффузивных горных пород, образующихся при застывании излившейся на поверхность Земли при вулканических извержениях лавы, формируются пирокластические породы. Они образуются из выброшенных вулканом на поверхность твердых продуктов вулканического пепла, песка, лапилль, вулканических бомб.

Вулканический пепел – мельчайшие (<0,1 мм) кристаллы, чаще обломки вулканического стекла.

Вулканический песок – минеральные частицы размером от 0,1 до 2 мм. Песок и пепел образуют вначале рыхлую массу. Постепенно уплотняясь и спекаясь, она превращается в довольно плотную горную породу – вулканический туф. Вулканический пепел, попадающий на поверхность озёр

и морей, перемешивается с илом и песком водоёма. В этом случае образуется порода смешанного происхождения – туффит. Если в туфе встречаются лапили и бомбы, то порода называется вулканической брекчией, или туфобрекчией, или игнимбритами. Вулканический пепел и песок весьма плодородны. Если слой их небольшой, то за счёт их быстро наращивается почвенный слой.

Лапили состоят из пористого вулканического стекла, иногда их кристаллов. Размер их 2-30 мм. Вулканические бомбы – оторванные от стенок жерла и кратера обломки или куски застывшей в воздухе лавы размером от 0,03 до 2-3 м (иногда до 15 м и более) в поперечнике. Бомбы поднимаются в воздух на высоту до 1000 м и падают вблизи кратера. Формы бомб самые разнообразные: веретенообразные, ленточные, шаровидные, грушевидные и др.

Наряду с эффузивными породами значительным распространением пользуются вулканогенно-осадочные породы. К ним относятся породы обломочной структуры, сложенные вулканическим и одновременно выпавшим с ним осадочным материалом, а также образованные из переотложенного вулканического материала. Таким образом эти породы имеют черты сходства, с одной стороны, с магматическими (вулканический материал), с другой, - с нормальными осадочными породами (по способу отложения, накопления материала). Поэтому в их названии сочетаются принципы расчленения обеих групп горных пород. По соотношению вулканического и осадочного материала выделяются две группы пород:

- вулканогенно-обломочные
- вулканогенно-осадочные.

В первую группу включены породы, сложенные или только вулканическим материалом (лавокластические и пирокластические), или вулканическим и синхронно с ним образованным осадочным материалом в количестве не более 50% (осадочно-пирокластические). Во вторую группу включены породы, сложенные преимущественно осадочным материалом (более 50%) с примесью пирокластического материала (пирокластическо-осадочные породы и осадочные породы) целиком или существенно состоящие из переотложенного вулканического материала (вулканомиктовые породы).

Осадочные горные породы

Литосфера на 80% сложена осадочными породами. Они сформировались на поверхности земли в результате накопления минеральных масс, образовавшихся в процессе разрушения существующих горных пород. Процессы разрушения и накопления новых пород на поверхности Земли идут повсеместно в пустынях, на дне морей и океанов, в речных долинах, горных областях.

Осадочные породы состоят из разного материала. В одних случаях они состоят из обломков разрушающихся пород, в других – накопленных органических остатков, в-третьих – из кристаллических зёрен, выпавших из водных растворов. Среди всех толщ осадочных пород геологи находят

окаменевшие остатки флоры и фауны, позволяющие уточнить возраст пород и среду, в которой шло формирование осадка.

Таким образом осадочные породы образуются в поверхностных условиях в результате накопления и цементации обломочного материала, выпадения различных веществ из растворов или под воздействием жизнедеятельности организмов.

В составе осадочных горных пород различают:

1. Обломки ранее существовавших горных пород или слагающих их минералов. Наиболее распространенными минералами являются кварц, полевые шпаты, слюды, пироксен, амфиболы и др.

2. Цементы, связующие между собой отдельные обломки пород и минералов. Чаще встречаются цементы, состоящие из углекислого кальция и магния (известковый и доломитовый цемент), аморфных разновидностей кремнезёма (кремнистый цемент), водных окислов железа (железистый цемент) или глинистых частиц (глинистый цемент). Часто цемент имеет комбинированный состав, например. известково-глинистый, железисто-кремнистый и т.д.

3. Минералы, образующиеся в процессе химического разложения полевых шпатов, слюд или других минералов (каолинит, гидрослюды, глауконит, нонтронит и др.)

4. Минералы, кристаллизующиеся при выпадении из водных растворов различных солей или окислов кремнезёма: гипс, каменная и калийная соль, халцедон, опал и др.

5. Остатки организмов.

6. Конкреции, представляющие собой стяжения вещества, и отличающиеся обычно по составу от окружающей среды. Например, конкреции пирита в глинах, фосфорита в различных осадочных породах и т.д.

В основу классификации осадочных пород положено, с одной стороны, их происхождение, а, с другой – их химический и минералогический состав. Так, по способу накопления осадков различают породы обломочные, химические и органические. В особую группу выделены глинистые породы.

Существенным отличием глинистых пород от обломочных является не только чрезвычайная измельченность частиц, но и условия их образования. Большинство частиц глинистых пород являются не механическими обломками, а продуктами разложения некоторых минералов, имеющих характерный состав. Важный признак осадочных пород – текстура. Для подавляющего большинства осадочных пород свойственна слоистая текстура. Каждый слой – результат непрерывного накопления осадков в течение известного промежутка времени, поэтому слои отличаются друг от друга составом и величиной минеральных зерен, окраской, цементацией, пористостью.

Осадочные породы имеют структурно-текстурные особенности. Обломочные породы имеют собственно обломочные, или кластические структуры. Среди них различают псефитовые (с обломками более 2 мм в диаметре), псамитовые (с обломками от 2 до 0,1 мм), алевроитовые (с

обломками от 0,1 до 0,001 мм), пелитовые (частицы менее 0,01 мм). Среди пелитов или грубообломочных пород различают сцементированные и несцементированные, или рыхлые породы. Несцементированные разности представлены глыбами, валунами, щебнем, дресвой, галечником и гравием. Глыбы, щебень, дресва – скопления угловатых не окатанных обломков. Их образование связано с механическим разрушением горных пород. Валуны, галечники и гравий – округлые обломки горных пород. Образуются они при окатывании обломков водами рек, морей, озёр, ледников, то есть имеют речное, морское, озёрное, ледниковое происхождение. Сцементированные грубообломочные породы представлены брекчиями, конгломератами и гравелитами. Брекчии состоят из не окатанных обломков (глыб, щебня, дресвы) различных пород, сцементированных цементом.

Конгломераты и гравелиты состоят из сцементированного галечника и гравия. Псамиты или песчаные породы подразделяются на рыхлые – пески и сцементированные – песчаники.

Алевриты представляют собой тонкозернистые пылеватые породы. Несцементированные рыхлые разности называются алевритами, сцементированные – алевролитами.

Глинистые породы (пелиты) сложены частицами размером менее 0,01 мм. Рыхлые разновидности относятся к глинам, сцементированные – к аргилитам.

Рассмотрим химические и органогенные породы. Химические, или хемогенные, породы образуются при выпадении солей из насыщенных водных растворов или в результате химических реакций, происходящих в земной коре и на её поверхности.

Органогенные, или биогенные, породы образуются целиком или частично из остатков животных и растительных организмов.

Породы этих групп чаще имеют смешанное (биохимическое) происхождение, поэтому и характеризуются они вместе.

К химическим и органогенным породам относятся кремнистые, карбонатные, железистые и марганцевые породы, бокситы, фосфориты, галоидные и сернокислые, углеродистые соединения.

Кремнистые породы почти целиком сложены кремнезёмом химического или биохимического происхождения и скелетами кремниевых организмов. К кремнистым породам относятся кремнистые туфы, радиоляриты, диатомиты и др.

Карбонатные породы. Среди этих пород выделяются известняки, доломиты, мергели. Известняки состоят из кальцита и бывают органогенного и химического происхождения. Органогенные известняки образованы из остатков организмов. Последние редко сохраняются полностью. Чаще они раздроблены, а также изменены последующими процессами. Эти известняки состоят из различных организмов и тогда название их (если можно определить) ставится в название породы. Например, фузулиновый, коралловый и т.д. известняк. Если известняк состоит из целых раковин, его называют известняк – ракушечник. Разновидностью органогенного

известняка является мел. Известняки химического происхождения встречаются в виде плотных тонкозернистых масс, оолитовых известняков и натёчных образований кальцита (сталактиты и сталагмиты).

Доломиты образуются как за счёт замещения в известняке кальция магнием, так и путём химического выпадения из раствора при большом содержании в воде магния.

Мергель – известково-глинистая порода, состоящая из кальцита и глинистых частиц (30-50%).

Железистые осадочные породы образуются при разложении магматических и метаморфических пород, богатых железосодержащими минералами. Среди пород этой группы наиболее распространена порода лимонит (болотная или озерная руды).

Галоидные и сернокислые породы - типичные хемогенные осадочные породы, состоящие из минералов класса сульфатов и хлоридов. Главные минералы этих пород – ангидрит, гипс, галит, сильвин, карналит. В виде примеси в них присутствуют глинистые, алевроитовые и песчаные частицы. Среди этих минералов различают также сульфатные, сложенные гипсом и ангидритом; хлоридные, сложенные каменной солью (в основном галит); карналитовые, сложенные карналитом (50-80%) и галитом (20-50%). Образование солей происходит в прибрежно-морских, лагунных, озерных водоёмах в условиях жаркого климата, когда испарение в несколько раз превышает количество выпадающих осадков.

Глинозёмистые породы. К ним относятся бокситы, представляющие собой агрегаты минералов гидроксидов алюминия с примесью оксидов и гидроксидов железа и других минералов.

Фосфатные породы представлены фосфоритами. Сложены они аморфными или микроскопическими фосфатами кальция с примесью глинистого или песчаного материала.

Углеродистые соединения – каустобиолиты. Это большая подгруппа пород органического состава и органогенного происхождения. Эти породы бывают твердыми (торф, бурый уголь, каменный уголь, антрацит, горючие сланцы, асфальт), жидкими (нефть) и газообразными (горючие сланцы).

Ископаемые угли – это в той или иной степени разложенные растительные остатки. При разложении органических остатков без доступа кислорода образуются твердые органические вещества богатые углеродом (гумусовые), которые составляют основную часть торфа. Если торф перекрывается осадочным пластом, он уплотняется, теряет часть воды. Под действием бактерий гумусовое вещество постепенно обогащается углеродом. Если биохимические процессы протекают под небольшим давлением и при температуре не выше 70⁰, образуются бурые угли. Для образования каменного угля из бурого необходимо большое давление и температура не ниже 300⁰С. Поэтому каменные угли формируются там, где в кровле залегают толщи горных пород мощностью несколько сот метров или происходит пропаривание их магмой. Количество углерода в цепочке: от

бурого угля к каменному и далее к антрациту повышается от 69 до 95%, а количество кислорода по этой же линии понижается от 25 до 2,5%.

Горючие сланцы – это глинистые, известковистые, песчанистые породы, содержащие органическое вещество. В зависимости от его происхождения выделяются следующие природные типы горючих сланцев: битуминозные (пропитанные нефтяными битумами), гумусовые (органическое вещество за счёт разложения высших растений), сапропелевые (за счёт разложения низших растений и простейших организмов).

Нефть – смесь жидких и газообразных углеводородов метанового и ароматического рядов с небольшой примесью асфальто-смолистых веществ. Это смесь углеводородов, кислородных, азотных и сернистых соединений. Основную часть нефти составляют углеводороды (около 96-98%).

Асфальт является продуктом окисления нефти. Состоит из углерода (80%), водорода (10%), кислорода (10%).

Метаморфические горные породы

Метаморфические горные породы образуются в результате минерального и структурно-тектонического преобразования (метаморфизма) ранее существовавших осадочных и магматических пород под воздействием внутриземного тепла, повышенного давления и химически активных веществ. Основными факторами являются температура, давление и состав циркулирующих через поры растворов и газов. Степень изменения первичных пород зависит от интенсивности воздействия факторов метаморфизма. В метаморфизме, как геологическом явлении различают собственно метаморфизм, протекающий без изменения химического состава, и метасоматоз, сопровождающийся изменением химического состава исходных горных пород в результате их перекристаллизации. Встречаются реликтовые и катакластические структуры, возникающие при тектоническом дроблении.

Наиболее широкое распространение имеют горные породы – продукты регионального метаморфизма, проявляющегося на обширных площадях под действием регионального теплового потока и повышенного давления. К таким породам относятся мрамор, кварциты, амфиболиты, гнейсы, кристаллические сланцы и др.

Мрамор – порода, состоящая из кальцита. Образуется эта порода при перекристаллизации известняков, доломитов.

Кварцит – порода, образующаяся при метаморфизме кварцевых песков. Состоит преимущественно из кремнезёма.

Амфиболит состоит из роговой обманки и плагиоклаза. Гнейс – глубоко метаморфизованная порода, сложенная в основном кварцем, полевыми шпатами, биотитом, роговой обманкой и авгитом. По составу гнейсы близки к гранитам.

3.6. Геологические процессы, условия их проявления и типы образований по происхождению

На поверхности и внутри Земли непрерывно происходят разнообразные процессы, под действием которых формируется и постоянно изменяется

земная кора и её поверхность. Они подразделяются на: а) эндогенные, б) экзогенные процессы.

Экзогенные процессы протекают в самых верхних слоях земной коры и её поверхности под влиянием лучистой энергии Солнца и в меньшей мере сил гравитации. К экзогенным процессам относятся выветривание горных пород, геологическая деятельность ветра, поверхностных и подземных вод, льда, морей, озер и болот, наконец, геологическая деятельность организмов. Их проявление связано с разрушением (денудацией) ранее существовавших горных пород, в переносе (транспортировке) образовавшихся в результате разрушения образований и осадении и накоплении (аккумуляции) переносимого водой, ветром, льдом и другим материалом. Проявление экзогенных процессов происходит в условиях постоянного взаимодействия между земной корой и окружающими её подвижными оболочками Земли – атмосферой, гидросферой и живым веществом.

Эндогенные процессы протекают внутри Земли под действием внутриземной энергии. К ним относится магматическая деятельность – внедрение или излияние на поверхность из глубоких недр Земли расплавленного вещества – магмы. Различные движения земной коры, которые проявляются в виде землетрясений, медленных вертикальных движений, складчатых и разрывных нарушений и метаморфизм. Основными источниками энергии эндогенных процессов являются теплота, выделяемая при радиоактивном распаде, и гравитационная энергия – энергия перемещения вещества в недрах Земли под влиянием силы тяжести.

Как экзогенные, так и эндогенные процессы проявляются с различной, но в общем малой скоростью, поэтому их воздействие ощущается на протяжении многих веков, тысяч, сотен тысяч и даже миллионов лет. В отдельных случаях катастрофически быстро, например, землетрясения, извержения вулканов, оползни, обвалы и т.д. Экзогенные и эндогенные процессы проявляются непрерывно и одновременно, создавая всё многообразие строения и состава земной коры.

В формировании земной коры и её поверхности преимущественное значение имеют эндогенные процессы. В результате тектонических движений земной коры и магматической деятельности формируются складчатые горные подвижные пояса со складчатыми горными системами и стабильные обширные территории. Земная кора с момента её образования находится в непрерывном движении. Все природные движения земной коры или её отдельных участков получили название тектонических. Тектонические движения в силу большой длительности и медлительности их течения почти недоступны непосредственному изучению. О них судят только по результатам их проявлений, зафиксированных в строении земной коры. В длительно прогибающихся областях накопились мощные толщи пород. В областях, испытывающих поднятия и опускания, из разреза земной коры выпали отдельные слои или системы. На участках земной коры, испытавших интенсивные и контрастные движения, слои горных пород под действием

огромных сил, развивающихся при тектонических движениях, изогнулись, а местами разорвались и сместились.

Изучением движения земной коры, а также структур, которые этими движениями образуются, занимается наука геотектоника. Тектонические движения в одних участках земной коры проявляются слабо, в других интенсивно. Области земной коры, для которых характерны движения слабые и небольшой амплитуды, называются стабильными или платформами (франц. – плоская форма). Области с интенсивным размахом движений называются подвижными или геосинклинальными. Среди разнообразных по своему характеру движений земной коры и в целом литосферы различают радиальные (преобладают вертикальные) и тангенциальные (преобладают горизонтальные). Наиболее распространены и хорошо изучены колебательные движения и движения, вызывающие складчатые и разрывные нарушения слоёв горных пород земной коры. Вертикальные движения в общем виде выражаются в неравномерных вертикальных поднятиях одних участков земной коры и опусканиях других. Это приводит к пластическим деформациям слоев горных пород без нарушения их сплошности и формируются волнообразные их изгибы – складки различной конфигурации. Разрывные дислокации (нарушения) сопровождаются разрывом сплошности слоёв горных пород и формированием различных порядков разломов слоёв горных пород, земной коры и литосферы в целом. Среди них выделяются: сбросы, взбросы, сдвиги и другие.

Вся литосфера разделяется активными зонами на семь крупных литосферных плит и на несколько мелких. Эти плиты получили следующие названия: Тихоокеанская, Северо-Американская, Южно-Американская, Евразийская, Африканская, Индо-Австралийская, Антарктическая. Литосферные плиты, согласно теории глобальной тектоники литосферных плит перемещаются по астеносферному слою. Кроме того тектонические напряжения в земной коре и литосфере порождают землетрясения, нередко сильно ощутимые, и быстрые сотрясения земной коры, вызывающие местами мгновенное растрескивание её поверхности на части. Созданные тектоническими движениями и магматической деятельностью и в частности вулканизмом структуры земной коры, все её неровности нивелируются, разрушаются экзогенными процессами. Верхние части земной коры и её поверхность повсеместно разрушаются и в различных фациальных обстановках образуются различные генетические типы рыхлых накоплений.

3.7. Генетические типы рыхлых пород в самых верхних частях и на поверхности литосферы

В результате экзогенных процессов в различных фациальных обстановках формируются различные по генезису рыхлые отложения. Основные из них: отложения коры выветривания, аллювиальные, делювиальные, пролювиальные, озерные, ледниковые, эоловые, морские и океанические.

Выветривание горных пород протекает повсеместно и играет большую роль в формировании среды обитания организмов. В результате выветривания формируется кора выветривания, часть которой представлена почвами, являющимися объектом изучения почвоведов. Поэтому остановимся подробнее на процессе и продуктах выветривания. Выветривание подразделяется на физическое, химическое и биологическое. Все типы тесно связаны друг с другом.

Физическое выветривание это процесс механического дробления горных пород и минералов на обломки различной величины и формы без изменения их химического состава. Процесс физического выветривания протекает под влиянием колебаний температуры, действия воды в жидком и твердом виде, ветра и других факторов. Днем верхние части горной породы нагреваются, вследствие этого расширяются. Внутренние части в силу низкой теплопроводности оказываются менее прогретыми. В результате создается разное молекулярное натяжение верхних и внутренних частей породы, и она растрескивается. За ночь верхние части породы охлаждаются, но опять-таки в силу низкой теплопроводности внутренние части будут иметь более высокую температуру и находиться в более расширенном состоянии, чем верхние. В результате ночного охлаждения в породе возникнут вертикальные трещины. Растрескивание горной породы происходит вследствие разных коэффициентов расширения минералов, слагающих породу. Например, входящие в состав гранита минералы характеризуются такими коэффициентами объемного расширения:

кварц	- 0,000310
ортоклаз	- 0,000170
роговая обманка	- 0,000284.

То есть при нагревании кварц увеличивается в объеме почти в 2 раза больше, чем ортоклаз; роговая обманка на 1/3 больше ортоклаза. Расширение при нагревании и сжатие при охлаждении преодолевают силы сцепления между минералами в породе, и она распадается на множество обломков различной величины, начиная от глыб и кончая частицами, измеряемыми десятymi и сотыми долями миллиметра. Под влиянием нагревания и охлаждения происходит механическое разрушение даже таких мономинеральных пород как мрамор, так как коэффициент расширения кристаллов одного и того же минерала по разным осям спайности неодинаков.

Выветривание начинается с поверхности, где возникают большие градиенты суточных и сезонных температур. Постепенно процессы выветривания захватывают более глубокие слои породы и затухают в поясе постоянных температур. Наиболее интенсивно физическое выветривание происходит при больших амплитудах колебания температур. Например, в жарких пустынях поверхность породы иногда нагревается до 60-70⁰С, а ночью охлаждается почти до 0⁰С. Физическое выветривание ускоряется при наличии воды, которая проникает в трещины пород, создаёт капиллярное давление большой силы (1,5-1500 кг/см²). Ещё больше разрушающая сила

воды при замерзании. Вода при замерзании расширяется на 1/10 своего объёма и оказывает давление на стенки трещин горных пород 890 кг/см² и больше. В областях аридного климата аналогичную роль играют соли, проникающие в трещины и кристаллизующиеся в них. Так, медный купорос (CaSO₄), присоединяя воду, превращается в гипс (CaSO₄ * 2 H₂O), увеличиваясь при этом в объеме на 33%. В результате физического выветривания горная порода покрывается рыхлой массой, способной пропускать воздух и воду и задерживать некоторое количество последней. Физическое выветривание, раздробляя и разрыхляя массивные породы, значительно увеличивают общую поверхность, что создаёт благоприятные условия для проявления процессов химического выветривания.

Химическое выветривание – это процесс химического изменения и разрушения горных пород и составляющих их минералов с образованием новых минералов и соединений. Наиболее энергично химическому выветриванию подвергаются магматические породы, сформировавшиеся в условиях высоких температур и давления при недостатке газообразного кислорода и воды. На земной поверхности эти породы попадают в совершенно иные условия: низкие температуры и давление, большие количества кислорода и воды в жидкой форме, что делает породы химически неустойчивыми.

Важнейшими факторами химического выветривания являются вода, углекислый газ и кислород. Вода служит энергичным растворителем горных пород и минералов. Разложение минералов водой усиливается с повышением температуры и насыщением её углекислым газом, который придаёт воде кислую реакцию, что увеличивает разрушающее действие на минералы. Повышение температуры на каждые 10⁰ ускоряет течение химических реакций в 2-2,5 раза. Большую роль в процессах химического выветривания играет кислород, который, проникая в горные породы на значительную глубину, обуславливает процессы окисления. При химическом выветривании различают ряд процессов, среди которых наиболее важными являются растворение, гидролиз, гидратация и окисление. Процессы растворения горных пород водой и особенно водой, содержащей CO₂, широко распространены в природе. Так, растворимость кальцита (CaCO₃) при температуре 25⁰С составляет 0,0145 г в 1 л воды, а при содержании в воде CO₂ растворимость его резко повышается вследствие перехода CaCO₃ в более растворимую форму – бикарбонат:



Основной химической реакцией при взаимодействии воды с минералами магматических пород является гидролиз. Реакция гидролиза приводит к замене катионов щелочных и щелочноземельных металлов кристаллической решетки на ионы водорода диссоциированных молекул воды. Схематически эту реакцию для ортоклаза выражают так: $\text{K}_2\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{16} + 2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{16} + 2\text{KOH}$.

разрушает минералы. В то же время лишайники разрушают породу механически, посредством проникновения гиф по плоскости спайности внутри зёрен первичных минералов. Животные также механически разрыхляют горные породы и своими выделениями способствуют их изменению.

При всех видах выветривания наряду с разрушением первичных минералов происходит образование новых вторичных минералов. Под общим воздействием процессов выветривания земная поверхность покрывается чехлом рыхлого материала, или, как обычно в таких случаях говорят, конечными продуктами выветривания. Конечные продукты выветривания, которые остаются на месте своего образования, называются элювиальными отложениями, или элювием. Элювиальный покров, накапливающийся длительное время и имеющий большое площадное распространение, называется ещё корой выветривания. Элювиальные образования под действием проточных вод и силы тяжести могут сдвигаться с места своего образования и отлагаться на склонах и в пониженных местах. Такие смещенные вниз по склону продукты выветривания получили название делювиальных отложений или делювия. Очень важным элементом коры выветривания является почвенный покров. Почвой называют верхнюю часть коры выветривания, образованную, наряду с другими видами выветривания, при самом деятельном участии растительных и животных организмов.

Кроме процессов выветривания на поверхности литосферы происходят процессы ветровой эрозии (разрушение). Ветер действует на суше практически повсеместно, переносит образованный в результате дефляции материал, который отлагается в различных участках поверхности литосферы. Рыхлый материал, отложенный ветром, называется эоловым, а деятельность ветра – эоловой деятельностью. Наиболее интенсивно эоловая деятельность проявляется в пустынях и степных областях, где она является основным экзогенным фактором. В пустынях формируются барханы, а на морских побережьях и на берегах крупных рек – дюны. Наиболее мелкие песчинки и алевритовый материал нередко выносятся ветром из центральных районов пустынь в окраинные участки, где они, выпадая, покрывают травянистую растительность и образуют со временем своеобразную породу – лёсс.

К образованию процессов водной эрозии на поверхности литосферы приводит круговорот воды. Текучая вода на своем пути движения продельывает огромную работу – разрушает сушу, изменяет её рельеф, переносит и отлагает рыхлые продукты разрушения. Наибольшая работа текучей воды проявляется в реках. Разрушение горных пород текучими водами называется – эрозией. Работа речных вод проявляется на всём пути их течения. Аккумулятивная работа также проявляется на всём протяжении речной долины, где осаждаются рыхлый материал. Обломочный рыхлый материал, который переносится речными водами и отлагается в пределах речной долины, называется аллювием. В зависимости от фациальных условий образования выделяется несколько типов аллювия:

- русловой

- пойменный
- старичный и др.

Аллювий служит материнской породой для пойменных почв.

Вода совершает большую геологическую работу не только тогда, когда она находится в жидком состоянии, но и тогда, когда она превращается в лёд. В современную эпоху свыше 16 млн.км², то есть около 11% суши, покрыто ледниками, кроме того, лёд образуется местами и в водоёмах – реках, озёрах, морях. Прерывистая оболочка Земли, характеризующаяся наличием льда, называется криосферой. Основная геологическая работа совершается ледниками. Они делятся на типы:

- материковые
- горные
- полупокровные (промежуточные).

Ледниковые массы, двигаясь по поверхности суши, разрушают горные породы, выпахивают ложбины, истирают обломки, шлифуют и исштриховывают их. Разрушительная деятельность ледников называется экзарацией. Рыхлый материал, образованный в результате экзарации, переносится ледником на большие расстояния, но значительная его часть оседает на пути следования. Этот материал получил название морен. Для них характерен неоднородный гранулометрический состав (глинистые частицы, песок, гравий, щебень, валуны). Выделяются основная и конечная морена. Под основной мареной подразумевается весь рыхлый материал, который принесен ледником и оставлен им при отступании на всём пути следования (до конечной морены). Конечная морена – это рыхлый материал, который сгружается у переднего края ледника при стационарном положении последнего. Все ледниковые отложения часто называются также гляциальными. Из-под ледников вытекают огромные массы талой воды, преимущественно в летнее время. Они проделывают большую эрозионную работу, которая в сущности ничем не отличается от работы обычных текучих вод. Талые воды выносят в большом количестве рыхлый материал (полученный в результате размыва морены), в основном песчаный, гравийный с мелкими валунами, а затем отлагают его у края ледника на пути своего следования. Если талые воды растекаются впереди ледника по нерасчлененной эрозией равнинной поверхности в виде многочисленных потоков, то обширные площади покрываются слоем песчаного материала. Такие пространства получили название зандровых полей, или просто зандров. Отложения, образованные ледниковыми талыми водами, называются флювиогляциальными. Часто талые воды собираются в предледниковые озёра, особенно при наклоне земной поверхности в сторону ледника. В них осаждалась ледниковая муть и образуются ленточные глины. Они представляют собой тонкое переслаивание песка и глины, вызванное сезонностью их отложения – прослой песка отлагается летом, а прослой глины – зимой. Каждые два таких слоя отражают годовой цикл осадконакопления в данном озере. По числу таких циклов в ископаемых

ленточных глинах определяют продолжительность существования озера в годах. Озерно-ледниковые отложения называются лимногляциальными.

Огромные территории поверхности земной коры заняты морями и океанами. Геологическая деятельность морей и океанов, как и других экзогенных факторов, выражается в разрушении, переносе и накоплении осадков. Ей принадлежит ведущая роль среди всех экзогенных процессов. В числе основных факторов геологической деятельности океанических и морских вод следует отметить движение водных масс и населяющий их органический мир. Фациальные обстановки морей и океанов неодинаковые и поэтому в различных их частях накапливаются различные генетические типы рыхлых накоплений. В морях и океанах выделяются зоны:

- прибрежная (латеральная)
- мелководная (неритовая)
- средних глубин (батиальная)
- больших глубин (абиссальная).

Прибрежная зона охватывает части морей и океанов, находящихся в сфере действия приливно-отливных волн, в пределах глубин от 0 до 20 м. Это зона разрушения (абразии) побережья, в результате воздействия прибоя, приливно-отливных волн и прибрежных морских течений. Ударная сила прибоя достаточно велика и при сильных штормах. Особенно на побережьях открытых океанов, может достигать несколько десятков тонн (до 30 т) на 1 м² поверхности берегового уступа. В зоне побережий в результате разрушения берегов и переноса материала образуются обломочные рыхлые породы самых различных размеров (от псефитов до пелитов) и состава. Обломочные породы слагают пляжи, валы (береговые, штормовые, подводные), террасы, косы и другие береговые и прибрежные образования.

Мелководная часть охватывает глубины от 20 до 200 м. Литоральная и неритовая зоны совпадают с областью расположения материковой отмели, или шельфа. В эту зону поступают рыхлые продукты разрушения берегов или принесённые речными водами. Они подвергаются сортировке волнами и отлагаются в определённой последовательности. При этом крупнообломочный материал, как более тяжёлый, отлагается вблизи берега, а более мелкий, как более лёгкий, отлагается на больших глубинах. Обломочный материал вблизи береговой линии морскими волнами постоянно шлифуется, перетирается, измельчается. Более тонкий материал вследствие воздействия на него волн переходит во взвешенное состояние и постепенно переносится вглубь моря в виде очень водянистого илистого осадка. Все осадки, образованные в результате разрушения суши, а затем вынесенные и отложенные в море, называются терригенными осадками. Кроме терригенного материала в состав мелководной зоны нередко входит обломочный материал вулканического и часто органического происхождения.

Очень важной составляющей осадков шельфа, а иногда и преобладающей, являются осадки, образованные в результате жизнедеятельности организмов (скопления известковистых или кремнистых

скелетных остатков). При длительном процессе накопления таких осадков, продолжающемся многие миллионы лет, происходит накопление нередко многосотметровых толщ карбонатных, реже кремнистых органогенных осадков. Кроме того, на шельфе из коллоидных растворов, принесённых речными водами, оксидов и гидроксидов железа, марганца, алюминия образуются хемогенные осадки.

Зона средних глубин охватывает толщу воды на глубинах от 200 до 2000-3000 м и совпадает с материковым склоном. В эту зону выносятся пылеватый и глинистый материал из зоны шельфа. Так формируются терригенные осадки. Они представлены илами, но встречается и песчаный материал. Помимо терригенного материала, основного для этой зоны, оседают и органогенные (карбонатные и кремнистые) осадки. Терригенные осадки представлены несколькими разновидностями илов: синим, красным и зеленым.

В зоне больших глубин (ложе Мирового океана и глубоководные впадины) терригенный материал, за редким исключением, не отлагается. Здесь образуются преимущественно органогенные илы. Из не органогенных осадков отмечается красная глубоководная глина. Органогенные осадки или образуются из скорлупок планктонных организмов. В зависимости от того, какие группы животных являются основными пороодообразующими, выделяют разновидности: глобигериновый, диатомовый, радиоляриевый и другие.

Короформирующая работа, так же как и при других экзогенных процессах происходит и в озёрах. В них, как и в морях, происходит разрушение берегов и накапливаются осадки. Деятельность больших озёр в общем аналогична деятельности морей. В озёрах небольших по размеру в зависимости от их местоположения, климата, солёности и других факторов процессы осадконакопления приобретают ряд характерных черт. Отложения озёр подразделяются на обломочные, хемогенные и органогенные. В озерах, расположенных в полосе умеренного климата преобладают обломочные отложения – пески, илы. В зонах с теплым климатом в образовании озерных осадков принимают участие также организмы, выделяющие известь – беспозвоночные, водоросли. Поэтому здесь образуются карбонатные илы – мергель. В мелких озерах, особенно равнинных областей. В большом количестве отлагаются илы, богатые органическим веществом, образовавшимся из планктона. Так получается сапропель (гнилостный ил). В случае привноса реками в озера гидроксида железа при содействии железобактерий, образуются скопления железных руд. В солёных озёрах, расположенных в зоне сухого и жаркого климата, осаждаются хлориды, различные сульфаты (мирабилит, гипс), сода (карбонат натрия) и др.

Осадки после образования не зависимо от того, где и как они накапливались (в море, океане, на поверхности суши, в озёрах и т.д.), подвергаются в дальнейшем целому ряду превращений, в результате которых из них формируются горные породы. Процесс перехода осадка в горную породу получил название диагенеза (от греч. диагенезис – перерождение). В

диагенезе осадков широко участвуют также бактерии, которые разлагают или преобразовывают присутствующие в осадке органическое вещество (например, при превращении его в торф и т.д.).

В целом диагенез осадков сводится к уплотнению и уменьшению влажности (обезвоживание и дегидратация), растворению и удалению легкорастворимых соединений (выщелачивание), преобразованию одних минералов в другие (перекристаллизация), цементации.

Перекристаллизация наиболее активно проявляется в тонкозернистых осадках (глинистых, карбонатных, солевых и некоторых других), более или менее однородных по составу компонентов и состоящих из легкорастворимых минеральных образований..

Цементация происходит в результате выпадения в осадок различных соединений (кремнезёма, карбонатов, оксидов железа и других) и заполнения ими пор и трещин и скрепления частиц осадка. Цементация и перекристаллизация ведут к значительному уплотнению осадков, их окаменению, или иначе, литификации.

Превращение осадка в горную породу – очень длительный процесс, который может продолжаться сотни тысяч и даже миллионы лет.

Процесс перерождения образовавшихся при диагенезе горных пород продолжается и позже (эпидиагенез) под действием как внешних (гипергенез), так и внутренних (катагенез и метагенез) факторов. Катагенез проявляется в том случае, если горная порода окажется опущенной на глубину в область больших давлений и более высоких температур. В результате глина, например, превращается в аргилит – более уплотнённую породу. При ещё большем слое перекрывающихся толщ породы испытывают начальную стадию метаморфизма – метагенез, проявляющуюся вне зоны диагенеза и метаморфизма.

ТЕМА 4. ПЕДОСФЕРА И ЕЁ РОЛЬ В РАЗВИТИИ БИОСФЕРЫ

Педосфера (*педос* – почва) – почвенная сфера или почвенный покров суши планеты Земля. Педосферу изучает наука «почвоведение». Основателем этой науки является великий русский ученый В.В.Докучаев. Педосфера занимает самую верхнюю часть литосферы, но отличается от литосферы не только своим составом и строением, но (и это главное) своей функциональной направленностью в развитии биосферы (рис. 7).

ПОЧВА		
Функции		
Регуляция химического состава и физического состояния других тел	Трансформация других тел	Регуляция циклов веществ в биосфере

Рис.7. Схема основных функций почвы как природного тела

Почва может прямо влиять на состав и состояние тел, может влиять опосредованно через другие среды и тела. Известно, что на легких песчаных почвах растут породы менее требовательные к почвам (например, сосна). Почвы на известняках заняты преимущественно вереском, сосной, злаковой ассоциацией. То есть существует определенная приуроченность растений к почвам с характерным диапазоном свойств. Выявлена четкая связь между плотностью почв, пористостью, диаметром пор и отдельными растениями. Ученые в этом случае говорят об экологической совместимости свойств почв и растений.

Приведем пример такой совместимости. Дерново-подзолистая почва в разных типах леса, горизонт А₁:

Плотность, г/см ³	0,84	0,99	1,00
Тип леса	Липняк осоковый	Сосняк лещиново- хвощевой	Ерник лещиново- кисличный

4.1. Сущность почвообразовательного процесса и факторы почвообразования

Почвообразовательный процесс – это процесс, в результате которого из практически бесплодных горных пород формируется качественно новое, обладающее плодородием природное тело – почва. Основоположник современного почвоведения, В.В.Докучаев писал, что почва есть непосредственный результат совокупного, весьма тесного векового взаимодействия между водой, воздухом, землей, с одной стороны. Растительными и животными организмами и возрастом страны – с другой. Таким образом, почвообразование – это трансформация выходящих на дневную поверхность горных пород под совокупным воздействием растительных и живых организмов в определенных условиях климата и

рельефа со временем. Функциональную взаимосвязь между почвенным покровом и главнейшими факторами почвообразования В.В. Докучаев выразил в виде формулы: $P = f(K, O, G, R) * T$,

где: P – почва, K – климат, O – живые и отжившие организмы, G – горные породы, R – рельеф, T – возраст страны.

Рассмотрим все факторы почвообразования.

К - климат на почвообразовательный процесс может влиять прямым путем и косвенно. Прямое влияние сказывается в непосредственном воздействии элементов климата (увлажнение почвы влагой осадков и её промачивание; нагревание и охлаждение; атмосферные газы – кислород, азот, углекислый газ). Косвенное влияние проявляется через воздействие климата на растительный и животный мир. Под климатом понимают среднее состояние атмосферы в определенной точке земного шара, характеризующееся средними и крайними величинами метеорологических элементов (температура, осадки, влажность воздуха и т.д.). Выделяют пять групп климата по сумме активных температур и шесть групп по условиям увлажнения.

Группировка климата по термическим условиям:

Группа климата	Сумма температур выше 10 °С, °С
Холодные (полярные)	Менее 600
Холодно-умеренные (бореальные)	600-2000
Теплоумеренные (суббореальные)	2000-3800
Теплые (субтропические)	3800-8000
Жаркие (тропические)	Более 8000

Сочетание условий температуры и увлажнения определяет характер биоценоза, скорость и тип выветривания, развитие процессов эрозии и дефляции почв.

Группировка климата по условиям увлажнения:

Группа климата	Коэффициент увлажнения (по Высоцкому-Иванову)
Очень влажные (экстрагумидные)	Более 3
Влажные (гумидные)	1-3
Полувлажные (семигумидные)	1-0,5
Полусухие (семиаридные)	0,5-0,3
Сухие (аридные)	0,3-0,1
Очень сухие (экстрааридные)	Менее 0,1

Большое значение для развития почвообразования имеют интенсивность осадков, распределение их по сезонам года, сила и направление ветра, сезонный ход и суточные колебания температур, высота снежного покрова, глубина промерзания почвы. По обеспеченности суши водой и особенностям почвообразования на земном шаре выделяются климатические области (табл. 4), которые способствуют распределению

почвенно-климатических поясов, зон и областей. В мировой круговорот ежегодно вовлекается около 577 тыс. км³ воды.

Таблица 4

Климатические области по обеспеченности суши водой
(по М.И.Будыко, 1968)

Климатические области	Среднегодовое количество осадков, мм	Коэффициент увлажнения
Исключительно сухие (супераридные)	10-20	0,2-0,1
Засушливые (аридные)	50-150	0,5-0,3
Умеренно сухие (семиаридные)	200-400	0,7-0,5
Влажные (гумидные)	500-800	1,0
Избыточно-влажные	1500-2000	1,2-1,5
Особенно влажные (супергумидные)	3000-5000	1,5-3,0
При коэффициенте увлажнения: > 1 осадки преобладают над испарением < 1 испарение больше осадков		

О – живые организмы, к которым относятся зеленые растения, корневые системы в почвах, животные (фитофаги, зоофаги, некрофаги, сапрофиты), микроорганизмы. Подробно этот материал будет рассмотрен в разделе «Фазовый состав почв».

Г – горные породы. Этот вопрос рассмотрен в теме «Литосфера».

Р – рельеф – это форма поверхности земной суши. Он оказывает большое и разнообразное влияние на формирование почв и характер почвенного покрова, обуславливает экспозицию, крутизну и форму склонов. В практике полевых почвенных исследований установилась следующая систематика типов рельефа:

а) макрорельеф – совокупность наиболее крупных форм поверхности, определяющих строение земной поверхности на больших территориях (горы, равнины, плато); определяет зональность почвенного покрова, его структуру и характер макрокомбинаций почв, типичных для данной зоны.

б) мезорельеф – средние формы поверхности земли (долины, водоразделы, увалы, холмы, овраги), определяющие структуру почвенного покрова в пределах конкретного ландшафта и характер мезокомбинаций почв, их сочетания. Под его воздействием формируется местный климат на экспозициях склонов, в долинах, на плато.

в) микрорельеф и нанорельеф – наименьшие формы поверхности земли (бугорки, блюдца, кочки, отвалы почвы после прохода плуга). Эти формы рельефа влияют на пятнистость и комплексность почвенного покрова и определяют характер микрокомбинаций, микрокомплексность. Формирование микрорельефа вызвано различными факторами.

- геологическим (карстовые и суффозные оседания, грязевые вулканчики, дождевые промоины и косы навевания ветром;
- климатическим (замерзание и размерзание, морозобойные трещины, набухания);
- биологическим (кочки, бугорки землероев, провальные лунки на месте выгоревших или сгнивших пней);
- антропогенным (борозды, канавы, валы, бугры от сельскохозяйственной техники).

В зависимости от расположения почв на элементах рельефа, связанных с этим перераспределением атмосферной влаги и залегания грунтовых вод выделяют три группы почв соответственно характеру увлажнения (ряды увлажнения):

1) автоморфные почвы, сформировавшиеся на ровных поверхностях и склонах при глубоком залегании грунтовых вод (глубже 6 м), не оказывающих воздействие на процессы почвообразования;

2) полугидроморфные почвы, образовавшиеся на элементах рельефа, обуславливающих либо кратковременное затопление территории поверхностными водами, либо сравнительно неглубокое (3-6 м) залегание грунтовых вод;

3) гидроморфные почвы, формирующиеся на пониженных (отрицательных) элементах рельефа, определяющих длительный застой вод атмосферных осадков на поверхности или близкое (менее 3 м) залегание грунтовых вод.

Т – время – это следующий фактор почвообразования в формуле В.В. Докучаева. Материнская порода превращается в почву только при длительном проявлении почвообразовательного процесса. Следовательно, время, в течение которого идёт этот процесс и формируется та или иная почва, то есть её возраст, является существенным фактором почвообразования. Возраст данной почвы исчисляется с момента начала почвообразовательного процесса. Обычно различают абсолютный и относительный возраст почвы. Под *абсолютным* возрастом понимают время от начала формирования почв до настоящего момента. Под *относительным* возрастом понимают степень развития данной почвы. Например, почвы на рыхлых осадочных породах развиваются и достигают зрелого состояния быстрее, чем почвы на плотных породах. В связи с этим выделяют почвы молодые, слаборазвитые, зрелые и хорошо развитые.

Перечисленные факторы в их разнообразном сочетании по лику земного шара создают множество типов почв, их комбинаций, сочетаний, комплексов – мозаику почвенного покрова.

Следует особо остановиться на роли хозяйственной деятельности человека, то есть, на антропогенном факторе почвообразования, который не был отражен в формуле В.В. Докучаева.

Из антропогенных факторов наиболее активны:

- влияние горнорудной промышленности, угольной и лесодобывающей;

- мелиорация земель и земледелие;
- производство строительных материалов;
- химическое, деревообрабатывающее, машиностроительное и другие виды производств, оказывающие локальное влияние на почвы и почвенный покров.

Так, горнорудная промышленность связана с добычей цветных металлов, золота и боратов. Большинство из них добывается открытым способом и транспортируется автомобильным транспортом. Поэтому горнорудная промышленность нарушает природную экологическую обстановку в следующих формах:

- а) разрушает почвенный покров в зоне действия предприятия,
- б) отчуждает почвы под отвалы горных пород,
- в) загрязняет почвы прилегающих территорий вторичными (техногенными) геохимическими потоками (тяжелые металлы и токсичные реагенты (Cu, Pb, As, SO₄) на горно-перерабатывающих предприятиях.

Угольная промышленность представлена как открытыми разрезами, так и шахтами. Воздействие угольной промышленности выражается:

- а) в уничтожении почвенного покрова,
- б) в отчуждении почв под отвалы вскрышных пород и терриконы,
- в) в загрязнении выбросами жидкими, газообразными (SO₄, CO₂, NO₂) и твердыми.

Лесодобывающая промышленность связана со сведением леса и вызывает:

- а) изменения в направлении процессов почвообразования,
- б) развитие эрозионных процессов.

Мелиорация земель и земледелие вызывают:

- а) изменение гидрологического режима почв с последующим изменением направления процессов почвообразования,
- б) дегумификацию,
- в) накопление пестицидов в почвах зоны рисосеяния.

Производство строительных материалов оказывает разносторонне воздействие на почвы и почвенный покров:

- а) разрушаются почвы в зоне действия карьеров строительных материалов,
- б) загрязняются почвы пылевидными веществами (цементная пыль, кварцевый песок и др.) прилегающих к предприятиям территорий через атмосферу.

Вокруг крупных промышленных городов возникают ареалы загрязняющих веществ воздушным путем по направлению розы ветров, а также вторичные геохимические (техногенные) потоки от бытовых свалок, золонакопителей ТЭЦ и перерабатывающих предприятий (особенно машиностроительной промышленности). Часть этих потоков отводится в водоприемники, а часть попадает в почвы.

Кроме названных главных факторов почвообразования, имеется ряд мощных, но локально действующих факторов. Назовем их.

1. Режим и химический состав почвенно-грунтовых вод – определяет почвенные процессы в гидроморфных (супераквальных) почвах.
2. Напорные подземные воды влияют на химизм почв.
3. Поверхностные воды половодий и паводков – периодически затопляют поймы речных долин и дельты рек.
4. Морские воды (приливы и отливы) участвуют в почвообразовании в дельтах рек, впадающих в моря и океаны.
5. В районах пеплопадов периодически извергающихся вулканов действует вулканический локальный фактор.

4.2. Фазовый состав почв

Почва – это многофазное природное тело, вещество которого представлено следующими физическими фазами: твердая, жидкая, газовая и живое вещество населяющих почву организмов.

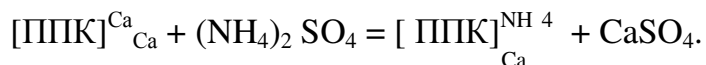
4.2.1. Твердая фаза почвы

Твердая фаза почвы состоит из минеральной и органической частей, причем первая составляет обычно 95-99%. Твердая фаза – прочная основа, скелет почвы. Минеральная ее часть сформировалась из геологических пород и содержит обломки и частицы исходных пород и минералов; содержит вторичные (вновь образованные) минералы, а также оксиды, соли и другие соединения и элементы, образовавшиеся в процессе выветривания и почвообразования. Органическая часть – это неразложившиеся и полуразложившиеся остатки живых организмов, в основном растительных, продукты их разложения, гумус.

Твердая фаза почвы состоит из частиц разного размера и состава. Коллоиды склеивают частицы в структурные агрегаты разной формы, величины и водопрочности. Главные факторы структурообразования – это действие корней трав, клеящие свойства коллоидов, деятельность дождевых червей и почвенных насекомых. Существенно влияют на структуру почв периодические замораживания и оттаивания, увлажнения и высушивания. Корни растений механически расклинивают почву, а отмирая обогащают её гумусом, склеивающим частицы в агрегаты. Наибольшее количество водопрочных агрегатов образуется в гумусовом горизонте черноземов, в других почвах их меньше. Дождевые черви, пропуская почву через пищеварительный тракт, ослизняют и обогащают её углекислым кальцием, при этом образуются водопрочные комочки - капролиты. Дождевые черви за теплый период года оструктурируют от 170 до 225 т/га почвенной массы.

Твердая фаза почвы имеет свойство поглощать и удерживать различные вещества, находящиеся в жидком, газообразном, растворенном или взвешенном состоянии. Чем богаче почва коллоидами, тем сильнее выражено её поглотительная способность. Всю совокупность коллоидов, обуславливающих поглотительную способность почв, академик К.К. Гедройц назвал *почвенным поглощающим комплексом (ППК)*. Он установил,

что в явлениях поглощения принимают участие не все почвенные частицы, а лишь с диаметром 0,005 мм и меньше. Например, в карбонатную почву вносят удобрение сернокислый аммоний $(\text{NH}_4)_2 \text{SO}_4$. Он быстро растворяется и вступает в обменные реакции с катионами твердой фазы почвы:



То есть значительная часть катионов NH_4^+ из растворенного в почве удобрения вошло в ППК, а в раствор перешло эквивалентное количество других катионов.

Периодическое увлажнение и иссушение, замораживание и оттаивание вызывают растрескивание почв (особенно глинистых, склонных к набуханию) на агрегаты. Наиболее плодородными считаются почвы с размером агрегатов (комочков) от 1 до 10 мм. В них хорошая аэрация и много доступной растениям влаги. Структурные почвы имеют ряд преимуществ по сравнению с бесструктурными:

1. Структурные почвы меньше испаряют влаги, обладают большей водопроницаемостью и водоудерживающей способностью. Они больше накапливают влаги и более продуктивно её используют.

2. В структурных почвах создаются более благоприятные условия для микробиологических процессов и превращения питательных веществ из недоступной формы в усвояемую.

3. Структурные почвы отличаются повышенной устойчивостью к эрозионным и дефляционным процессам.

4. Структурные почвы требуют меньше затрат труда и средств на механическую обработку.

5. В структурных почвах создаются лучшие условия для прорастания семян, роста и развития возделываемых культур.

Твердая фаза всех почв обладает такими свойствами как плотность и пористость, пластичность и текучесть, связность и липкость, твердость, спелость, удельное сопротивление. Эти свойства изучает раздел почвоведения «Физика почв».

4.2.2. Жидкая фаза почвы

Жидкая фаза почвы – это вода в почве, почвенный раствор, заполняющий поровое пространство. В районах с низкими зимними температурами жидкая фаза почвы переходит в твердое состояние (замерзает). При повышении температуры часть почвенной воды может испариться, перейдя в газовую фазу почвы. Попадая в почву различными путями (из атмосферных осадков, из грунтовых вод по капиллярам, конденсацией водяных паров) вода претерпевает определенные изменения, так как включает в себя находящиеся в почве водорастворимые соединения, в то же время теряет поглощаемые почвой вещества. Часть поступающей в почву воды теряется (просачивается вглубь, стекает, испаряется), другая часть удерживается почвой. Последняя часть и представляет собой

почвенный раствор, который имеет свои характеристики: pH, наличие водорастворимых органических соединений и питательных веществ, солей.

Почвенная вода играет огромное значение для растений, микробов и других организмов, а также для почвообразования. Г.Н. Высоцкий сравнивал почвенную воду с ролью крови для живых организмов. Вода определяет интенсивность и направленность процессов выветривания и почвообразования (гидролиз, гидратация, новообразование минералов, гумусообразование), динамику почвенных процессов. С водой почвы связаны процессы выноса, перемещения и аккумуляции веществ и энергетического материала, формирование генетических горизонтов и профиля почв. Почвенная влага выступает в качестве терморегулятора, влияя на тепловой баланс. Передвигаясь по поверхности почвы, вода вызывает эрозионные процессы – снос богатого питательными веществами и гумусом мелкозема. Избыток воды в почве приводит к оглеению, заболачиванию, поднятию по капиллярам и испарение воды, содержащей соли, вызывает засоление и осолонцевание. Влажность почвы влияет на агрофизические свойства: плотность, липкость, способность к крошению и образованию агрегатов. Вода определяет и уровень эффективного плодородия. Почвенный раствор содержит питательные вещества и различные соединения, благоприятные либо токсичные для растений. Он оказывает непосредственное воздействие на продуктивность сельскохозяйственных культур.

4.2.3. Газовая фаза почвы

Газовая фаза представлена почвенным воздухом, который заполняет свободные от воды пустоты (поры) в почве. Источником почвенного воздуха является воздух атмосферы и образующиеся в почве газы. Состав его отличается от атмосферного. В почвенном воздухе меньше кислорода и больше углекислого газа. Меняется содержание азота. Уменьшение азота происходит в результате связывания его азотфиксирующими микроорганизмами и клубеньковыми бактериями, а увеличение – вследствие распада белков и денитрификации азотсодержащих веществ под действием микроорганизмов. Почвенный воздух болот и заболоченных почв содержит NH_3 , CH_4 и H_2 . В составе почвенного воздуха постоянно присутствуют в небольших количествах нелетучие органические соединения (углеводороды жирного и ароматического рядов, сложные альдегиды, спирты и др.), образующиеся в процессе жизнедеятельности почвенных микроорганизмов. Эти вещества поглощаются корнями, способствуя росту растений.

В сухой почве воздуха больше, во влажной – меньше. То есть, вода и воздух в почве находятся в динамическом равновесии на основе антагонизма: чем больше воды, тем меньше воздуха, и наоборот.

В.И. Вернадский подчеркивал, что почва, взятая без газов, не есть почва.

Кислород используется корнями растений для того, чтобы обеспечить их энергией, необходимой для роста и распространения в почвенной толще. Такие растения, как рис, способны обмениваться газами между корнями и

воздухом на поверхности почвы через ткани растений, то есть путем внутреннего переноса кислорода от частей, расположенных над поверхностью почвы (листья, стебли) к частям, распространенным в почве (под водой, находящейся над почвой). Большинство наземных растений не удовлетворяют потребность корней в кислороде за счет внутреннего переноса. Поэтому поступление кислорода в корни может осуществляться только из окружающего их пространства, в которое в свою очередь выделяется углекислый газ. Таким образом, дыхание корней тесно связано с аэрацией почвы. Аэрация почвы – это интенсивность газообмена между почвой и атмосферой, обеспечивающего поступление необходимого количества кислорода в корневую зону и удаления из неё избытка углекислоты.

Заметный вклад в изменение состава почвенного воздуха в корневой зоне вносят микроорганизмы, поглощающие кислород и выделяющие углекислый газ. Газы перемещаются в почве в порах, свободных от воды, и в растворенной форме через почвенную влагу. Скорость их перемещения в воздушной фазе быстрее, чем в водной. Понижение интенсивности процесса аэрации задерживает рост растений: слабо развивается корневая система, не проникая в нижние горизонты почвы. Недостаток кислорода затрудняет поглощение корнями питательных веществ, так как создаются анаэробные условия. Эти условия в почве вызывают ряд восстановительных реакций как химических, так и биохимических. Среди них денитрификация – процесс восстановления нитратов до нитритов и далее до оксидов азота и элементарного азота: $\text{NO}_3^- \rightarrow \text{NO}_2^- \rightarrow \text{N}_2\text{O} \rightarrow \text{N}_2$.

При анаэробных условиях образуются метан, сероводород, аммиак, альдегиды. При достаточном количестве кислорода (аэробные условия) значительное количество почвенных микроорганизмов принимает участие в разложении органического вещества. Конечные продукты этого разложения содержат углекислоту, воду, нитраты, сульфаты, фосфаты, соединения Са, Mg, Fe и т.п.

Все почвенные фазы взаимосвязаны и взаимодействуют, проникают друг в друга. Живое вещество черпает из твердой и жидкой фаз элементы пищи и возвращает в почву новые органические соединения. Жидкая фаза (почвенные растворы) воздействует на минералы (твердая фаза) и разрушает их и т.д. Это объясняется тем, что в основе почвы лежит твердая фаза, а внутри её размещаются и газы, и почвенные растворы, и живое вещество.

4.2.4. Живая фаза почвы

Как отмечалось в разделе 4.1, в формуле факторов почвообразования В.В. Докучаева эта фаза обозначена символом «О» - живые организмы. Начало почвообразования всегда связано с поселением организмов на минеральном субстрате. Рассмотрим влияние живой фазы на почвообразовательный процесс через воздействие отдельных её составляющих: корневые системы, зеленые растения, почвенная фауна, микроорганизмы.

а) Корневые системы в почвах

При морфологическом изучении корневых систем в почвах рассматривают общий характер корневых систем и их распределение по профилю, глубину распространения массы корней и отдельных корней, глубину максимального распространения корней, распространение корней в каждом генетическом горизонте почвы (их обилие, размер, характер ветвления). А также соотношение корней со структурой почвы (находятся ли корни в межагрегатных полостях и трещинах либо проникают в агрегаты). Существенны различия в строении и общем характере корневых систем древесных. Кустарниковых, полукустарниковых и травянистых растений, а также у низших растений. Корни древесных образуют разветвленную сеть, охватывающую большой объем почвы, создавая опорный и питающий механизм дерева. Опорные корни очень крупные и немногочисленные, питающие – мелкие, обильные, вплоть до корневых волосков.

Корневые системы травянистых растений довольно разнообразны: плотнокустовые дерновые злаки, рыхлокустовые злаки, бобовые с рыхлой и глубокой корневой системой, корневищные растения, луковичные растения, корнеплоды, клубнеплоды. У них также основная масса сосредоточена в гумусовом горизонте. Глубина проникновения корней определяется биологическими особенностями растений и свойствами почвы. В луговых почвах с близкими грунтовыми водами корни пронизывают всю гумусированную толщу вплоть до грунтовых вод или до глеевого горизонта, на глубину всего нескольких десятков сантиметров. В засушливых полупустынных степях корни полыни и люцерны проникают на глубину нескольких десятков метров. Всякое отклонение от нормального распределения корневых систем в почвенном профиле связано с особенностями почвы, как среды обитания растений (непроницаемые для корней горизонты – плиты, конкреционные слои, глеевый и солевой горизонты и т.д.).

Розанов Б.Г. (1983) предлагает следующую шкалу обилия корней при описании горизонта почв:

- Нет корней* – корни не видны на стенке разреза;
- Единичные корни* – 1-2 видимых корня толще 1 мм на стенке разреза шириной около 75 см;
- Редкие корни* - 3-7 видимых корней толще 1 мм на стенке разреза;
- Мало корней* - 7-15 видимых корней толще 1 мм на стенке разреза;
- Много корней* - несколько корней имеется в каждом квадратном дециметре стенки разреза;
- Густые корни* - корни образуют сплошную каркасную сеть;
- Дернина* - корни составляют более 50 % объема горизонта.

По толщине корни делятся на:

корневые волоски	- <0,1 мм
мельчайшие корни	- 0,1 – 1 мм
очень тонкие корни	- 1 – 2 мм
тонкие корни	- 2 – 5 мм

средние корни	- 5 – 10 мм
крупные корни	- >10 мм.

б) *Зеленые растения* – ведущее биологическое звено в факторе почвообразования «живая фаза почвы», поскольку они не только обеспечивают почву органическим веществом и биогенными элементами, но и оказывают большое влияние на водный, воздушный и тепловой режимы, определяют развитие процессов, влияющих на интенсивность и направленность почвообразования. Характер почвообразования непосредственно связан с растительными формациями, которые подразделяются на 5 групп:

- древесные формации (леса таёжные, широколиственные, влажные субтропические и влажные тропические);
- переходные, древесно-травянистые формации (ксерофитные леса, включая кустарниковые ценозы, и саванны);
- травянистые формации (суходольные и заболоченные луга, травянистые прерии, степи умеренного пояса, субтропические кустарниковые степи);
- пустынные формации (суббореальная с летним циклом вегетации, субтропическая с зимним циклом вегетации и тропическая);
- лишайниково-моховые формации (тундры, верховые болота).

Каждая группа растительных формаций и каждая формация имеет свой цикл развития, накопления и отмирания фитомассы, состав органического вещества. Древесные растения многолетние обладают значительной фитомассой. Отмирающая ежегодно часть её (лесной опад) меньше прироста, в результате в почву возвращается меньше питательных веществ, чем выносятся их неё. Отмершие растительные остатки (хвоя, листья, ветки) концентрируются на поверхности почвы и разлагаются главным образом при участии плесневых грибов. Это связано с тем, что жизнедеятельность бактерий подавляется содержащимися в лесном опаде дубильными веществами и кислой реакцией среды. В конечном счете древесные формации создают условия для интенсивного промывания почвогрунтов и формирования глубокого выщелоченного почвенного профиля.

Травянистая растительность имеет меньшую, чем древесная, фитомассу, но большая часть её находится в почве в виде густой сети корней и отмирает ежегодно практически полностью (табл.5).

в) *Почвенная фауна*. Все животные, обнаруживаемые в почвах, делятся на три группы:

- *геобионты* – постоянные обитатели почв (дождевые черви, многоножки, ногохвостки);
- *геофилы* – живущие в почве лишь на протяжении части жизненного цикла (личинки хрущей и шелкоунов);
- *геоксены* – временно укрывающиеся в почве (вредная черепашка, некоторые насекомые).

По типам питания почвенные животные делятся на следующие группы:

- *фитофаги* – питаются тканями корней живых растений (личинки майского хруща подгрызают корни сосны, свекловичная нематода внедряется в корни сахарной свеклы и др.);

- *зоофаги* – питаются другими животными (все насекомоядные животные; нематоды, поедающие простейших и коловраток; хищные клещи, питающиеся нематодами, ногохвостками, энхитреидами);

- *некрофаги* – используют в пищу трупы животных (муравьи-бегунки в пустынях Средней Азии поедают остатки насекомых);

- *сапрофаги* – перерабатывают мертвые остатки растений, опад (черви, многоножки, мокрицы, некоторые клещи и личинки насекомых).

Животные играют большую роль в перераспределении не только растительных остатков, но и минеральных солей. Вынося на поверхность почву из глубинных слоев, они меняют химический состав почвенных горизонтов. По данным И.П. Бабьевой и Г.М. Зеновой (1983), суслик выносит до 1,5 т/га почвы, а его нора проникает до глубины 2 м; пустынные мокрицы поселяются колониями до 800 тыс. особей на 1 га и в течение лета выносят на поверхность 0,5 т/га почвы и 1 т экскрементов, тем самым увеличивая пористость почв.

Таблица 5

Биологический круговорот веществ (по Родину и Базилевич)

Растительные сообщества	Органическое вещество, т/га			
	общая биомасса	биомасса корней	ежегодный прирост	ежегодный опад
Арктические тундры	5	3,5	1,0	1,0
Сосняки южной тайги	280	63,5	6,1	4,7
Ельники южной тайги	330	73,5	8,5	5,5
Сфагновые болота лесные	37	4,0	3,4	2,5
Березняки	220	50,5	12,0	7,0
Дубравы	400	96,0	9,0	6,5
Луговые степи	25	17,0	13,7	13,7
Сухие степи	10	8,5	4,2	4,2
Пустыни полукустарниковые	4,3	3,8	1,2	1,2
Субтропические лиственные леса	410	82,0	24,5	21,0

Животное население почв многообразно и разнообразно. Оно специфично для разных типов почв и часто служит надежным диагностическим признаком почвообразования. Количество почвенных животных варьирует в разных типах почв (табл.6).

Таблица 6

Средняя плотность на 1 м² главных групп почвенных животных
(по Графу, Шефферу, Ульриху, 1968)

Биотон	Насекомые и личинки	Дождевые черви	Энхитреиды	Ногохвостки	Клещи	Нематоды
Лес	3 000	78	3 500	40 000	80 000	6 000 000
Луг	4 500	97	10 000	20 000	40 000	5 000 000
Пашня	1 000	41	2 000	10 000	10 000	4 500 000

Размеры почвенных животных также варьируют широко. По размеру особей представителей почвенной фауны делят на группы (по Башелье, 1963):

- *микрофауна* - менее 0,2 мм – простейшие, нематоды, ризоподы, эхинококки, обитающие во влажной среде внутри агрегатов;

- *мезофауна* – от 0,2 до 4 мм – микроартроподы, мельчайшие насекомые, некоторые мириаподы и черви, обитающие во внутриагрегатных и межагрегатных влажных порах;

- *макрофауна* – от 4 до 80 мм – земляные черви, моллюски, мириаподы, насекомые (муравьи, термиты и др.);

- *мегафауна* – животные размером более 80 мм – крупные насекомые, крабы, скорпионы, кроты, змеи, черепахи, мелкие и крупные грызуны, лисы, барсуки и другие животные, роющие в почвах ходы и норы.

В большинстве случаев представители названных групп сосредоточены в гумусовых горизонтах почв. Причем, чем больше гумуса в почвах, тем разнообразнее и обильнее фауна. Так, в зоне кедрово-широколиственных лесов развиты следующие почвы: бурые горно-лесные под пологом леса, лугово-бурые, лугово-глеевые, болотные в долинах и на равнинах.

В почвах под кедровниками обитают кольчатые черви олигохеты (40-70 экз./м²), наземные брюхоногие моллюски (до 140 экз./м²), многоножки сапрофитотрофные и хищные (9-74 экз./м²), пауки (25-50), кожистокрылые – уховертки (1-14), насекомые – личинки, мухи и жуки (до 9 экз./м²).

Под дубняками живут кольчатые черви (10-130 экз./м²), брюхоногие моллюски (19-23), двупарноногие многоножки (1-31), проволочники (20-45), жуки – жужеллицы (6-20 экз./м²).

На суходольных лугах с клевером, викой, вейником, арундинеллой, лютиком, геранью видовое разнообразие мезофауны беднее. Здесь встречаются черви (5-20 экз./м²), моллюски (до 78), многоножки (6-9), пауки 29 видов и двукрылые (14-57 экз./м²).

На пойменных болотах моллюски отсутствуют, многоножки отсутствуют, пауков до 11 экз./м², жуков 4-14 экз./м², черных лесных муравьев до 8 экз./м².

г) *Микроорганизмы в почвах.* Среди почвенных микроорганизмов наблюдается огромное разнообразие видов и большое количество особей. В почвах выделяются следующие группы микроорганизмов: грибы, водоросли,

актиномицеты, микобактерии, бактерии, риккетсии и вирусы. Несколько групп почвенных микроорганизмов выделяются при полевых исследованиях без помощи микроскопа. К ним относятся плесневые грибы, белый мицелий которых хорошо различается в лесной подстилке или в гумусовом горизонте; микоризные грибы на корнях некоторых деревьев; клубеньковые бактерии на корнях бобовых и на корнях черной ольхи. А также водоросли, дающие либо сплошную черную в сухом состоянии и зеленеющую при увлажнении корочку на поверхности и по трещинам некоторых почв в засушливых областях.

Каждый тип почв, каждый генетический горизонт имеет специфический состав микрофлоры и особую плотность микробных популяций. Так, в корковых солончаках до 5 тыс. шт./г почвы почвенных водорослей; в дерново-подзолистой почве от 40 до 300 кг/га биомассы водорослей.

Хорошо известно значение микроорганизмов в поддержании на определенном уровне в почве содержания различных форм (твердых, газообразных, органических и неорганических, легко- и трудно растворимых) биофильных элементов (N, C, H, P, O, S) за счет взаимосвязанных циклических превращений. Процессы азотфиксации, нитрификации, денитрификации в цикле азота; синтез и минерализация сложных полимерных соединений углерода; образование и поглощение водорода; растворение и концентрирование соединений фосфора; связывание и выделение кислорода; окисление сульфидов, тиосульфата, элементарной серы и сульфатредукция в цикле серы – все эти процессы осуществляются микроорганизмами либо при их участии. Имеется достаточно данных о микробиологической трансформации, кроме биофилов, ещё 75 элементов.

По данным М.М. Умарова, активно функционирующие микроскопические грибы позволяют почвам «самоочищаться» от попадающих в них токсичных химических веществ путем преобразования в летучие соединения. Например, мышьяк и ртуть подвергаются метилированию микроорганизмами: из ртути образуется метил- и диметилртуть, из мышьяка – метил- и диметиларсин, метиларсиновая кислота.

4.3. Генетические горизонты и почвенные профили

4.3.1. Генетические горизонты

Рыхлая толща может иметь мощность от нескольких сантиметров до 1,5 – 2 метров. Эта рыхлая толща, состоящая из четырёх фаз, подразделяется на горизонтальные слои или почвенные генетические горизонты (рис. 7).

A
B
C

Рис. 7. Генетические горизонты почвенного профиля

Как всякое природное тело почва имеет свое положение в пространстве, объем и границы. О нижней границе почвы нет единого мнения. По П.С. Коссовичу, нижняя граница почвы определяется глубиной, на которую произошло изменение исходной горной породы в ходе почвообразования. По В.В. Докучаеву – это толща собственно почвы только горизонтов А и В. Костычев П.А. считал, что нижняя граница почвы определяется глубиной проникновения основной массы корней растений. Глинка К.Д. отождествлял нижнюю границу почвы с нижней границей коры выветривания. Высоцкий Г.Н. считал, что это толща ежегодного промачивания атмосферными осадками.

Верхняя граница почвы – это поверхность раздела либо между почвой и атмосферой (то есть поверхность суши Земли), либо между почвой и гидросферой для подводных почв (плавневые, маршевые, затопленные рисовые).

Боковые границы почвы – это вертикальные поверхности раздела между соседствующими почвенными индивидуумами.

Всякая почва представляет собой систему последовательно сменяющих друг друга по вертикали генетических горизонтов – слоев, на которые дифференцируется исходная материнская горная порода (почвообразующая порода) в процессе почвообразования. Эта вертикальная последовательность горизонтов получила название почвенного профиля.

К общим явлениям, под влиянием которых почва растет вверх относятся:

1. всеобщее запыление поверхности планеты;
2. разрыхление почвы, то есть изменение пористости материала. При разрыхлении почва растет вверх, образно говоря, как тесто на дрожжах. Почва расширяется вверх за счет «распушивания» при аккумуляции органического вещества.

Приведем описания главных генетических горизонтов.

1. **А** – гумусово-аккумулятивные. Они образуются в верхней части профиля почв, куда поступает максимальное количество наземных и корневых растительных остатков. Благодаря разложению органики и накоплению гумуса горизонт **А** имеет темный цвет. Мощность его колеблется от нескольких сантиметров до полутора и двух метров. В некоторых целинных почвах на поверхности имеется небольшой слой неразложившихся или слабо разложившихся органических остатков (подстилка в лесу, дернина на лугах, войлок в степи). Этот горизонт обозначается - **А₀**.

2. За горизонтом **А** идут горизонты внутripочвенного выветривания. Прежде всего это горизонты, обозначаемые индексом **В** – иллювиальные горизонты (от «вмываю»). Формируются они за счёт вмывания в них из верхних слоев относительно подвижных продуктов почвообразования в виде суспензий, коллоидов, истинных растворов и выпадающих из них осадков. Обычно эти горизонты более плотные, крупно-призматические, глыбистые,

столбчатые. В зависимости от состава накапливающихся в них веществ различают:

- | | |
|---------------------------------|-------------|
| - иллювиальные колюматированные | – B_t |
| - железистые | - B_{Fe} |
| - органо-железистые | - B_{hFe} |
| - органо-алюминиевые | - B_{hAl} |
| - карбонатные | - B_{Ca} |
| - гипсовые | - B_{Cs} |

Иногда в одной почве бывает несколько горизонтов: $B - B_{Ca} - B_{Cs}$ или $B_{Fe} - B_{Ca}$.

3. Элювиальные горизонты (от «вымываю») – A_2 или E_L . Образуются над иллювиальными горизонтами за счет того, что из них вымываются подвижные продукты почвообразования и накапливаются остаточные, самые устойчивые, трудно растворимые минералы (кварц, кремнезем). Вымывание красящих веществ (гумуса, соединений железа) и накопление осветленных веществ (кварца, кремнезема и других) обуславливают светлую, белёсую окраску элювиальных горизонтов. А вымывание глинистых частиц и коллоидов приводит к остаточному накоплению песчаных и пылеватых частиц.

4. Глеевые горизонты G образуются при постоянном или временном застое в почве избыточной влаги. В них развиваются восстановительные процессы и появляются закисные соединения, окрашивающие горизонт в холодные голубовато-серые и зеленовато-серые тона. По ходам корней и трещинам (в зонах аэрации) закисные соединения окисляются и появляются ржавые и охристые пятна Fe_2O_3 .

Мощность и выраженность горизонтов сильно варьирует. Различен и характер границ между ними. Если границы неясные, постепенные, тогда выделяют переходные горизонты $A A_2, A_2 B, BC$.

5. Неизменная почвообразованием материнская порода, или почвообразовательная порода обозначается индексом C . Если же она быстро сменяется с глубиной другой подстилающей породой. То эта подстилающая порода обозначается как D .

6. Горизонты почв долин рек обозначаются цифрами I, II, III, IV , так как они представляют собой слои мелкозема.

Сочетание тех или иных горизонтов, их последовательность, морфология дают различные типы почв и характер их строения.

4.3.2. Почвенные профили

Определенная вертикальная последовательность генетических горизонтов в пределах почвенного индивидуума, специфическая для каждого типа почвообразования, называется почвенным профилем. На рис.8 приведены несколько различных профилей почв. Почвенные профили имеют вертикальную дифференциацию, чему способствуют ряд факторов. Назовем их.

1. Вертикальная ярусность корневых систем растений, связанная с биологическими особенностями растительных организмов, строением почвообразующих пород, уровнем и составом грунтовых вод.

2. Вертикальное распределение микроорганизмов.

3. Вертикальное распределение и миграция почвообитающих животных.

4. Вертикальное перемещение влаги в почве: а) нисходящее под влиянием силы тяжести; б) восходящее под влиянием испарения с поверхности и капиллярных сил; в) двустороннее (направленное к слою максимального скопления сосущих корней) под влиянием транспирационной деятельности растительного покрова; г) двустороннее под влиянием градиента температуры, когда вода находится в парообразном состоянии.

5. Вертикальный поток тепла в почве: а) нисходящий, когда поверхность почвы нагревается солнцем выше температуры её внутренних слоёв; б) восходящий, когда поверхность почвы охлаждается ниже её внутренних слоёв; в) двусторонний под влиянием градиента влажности.

6. Вертикальная диффузия газов из атмосферы во внутренние слои литосферы под влиянием градиента концентрации силы тяжести, градиента температуры.

7. Эманация газов из внутренних слоев земли к поверхности.

Различают простое и сложное строение почвенных профилей.

Простое строение почвенного профиля включает пять типов.

1) Примитивный профиль с маломощным горизонтом **A**, либо **AC**.

A		A		A		A		A
B		I		Bg		A₂ (E_L)		AA₂
B_{Ca}		II		G		B		A₂
B_{Cs}		III		C		BC		A₂B
C		C				C		B
								BC

Рис.8. Различные почвенные профили

2) Неполно развитый профиль, имеющий полный набор генетических горизонтов, характерных для данного типа почв, но укороченных, малой мощности.

3) Нормальный профиль, имеющий полный набор генетических горизонтов, характерных для данного типа почвообразования, с мощностью, нормальной для данных ландшафтных условий.

4) Слабо дифференцированный профиль, в котором генетические горизонты выделяются с трудом и очень постепенно сменяют друг друга.

5) Нарушенный (эродированный) профиль, в котором часть верхних горизонтов уничтожена эрозионными процессами.

Сложное строение профиля включает также пять типов: реликтовый, многочленный, полициклический, нарушенный, мозаичный.

4.4. Состав и строение гумуса, роль его в генезисе почв

Гумусом называют сложный динамический комплекс органических соединений, образующихся при разложении и гумификации органических остатков. В органическом веществе почв всегда присутствует какое-то количество остатков отмерших организмов, находящихся на разных стадиях разложения, живые клетки микроорганизмов, почвенная фауна. Содержание гумуса в почвах определяется условиями и характером почвообразовательного процесса и колеблется в верхних горизонтах от 1-2 до 12-15 %, уменьшаясь с глубиной. Количество и состав гумуса в почвах динамичны вследствие непрерывного поступления в них органических остатков и непрерывности процессов их разложения и гумификации. Гумус содержит две группы соединений: 1) негумусовые вещества органических остатков и промежуточных продуктов их разложения; 2) собственно гумусовые вещества.

Негумусовые вещества включают:

- вещества растительного и животного происхождения (углеводы, белки, дубильные вещества, лигнины, жиры, воски, смолы и т.д.);
- вещества вторичных форм микробного синтеза (белки, углеводы, жиры и т.д.);
- высоко- и низкомолекулярные продукты разложения этих соединений (аминокислоты, сахара, пептиды, жирные и смоляные кислоты, фенолы и т.д.).

Собственно гумусовые вещества (занимающие 85-90 % общего количества органического вещества в почве) состоят из:

- группы гуминовых кислот и их органо-минеральных производных;
- группы фульвокислот и их органо-минеральных производных.

Гумусовые вещества представляют собой систему высокомолекулярных азотсодержащих органических соединений циклического строения и кислотной природы. Они, взаимодействуя с минеральной частью почвы, образуют органо-минеральные комплексы. Следовательно, отличительной особенностью педосферы является то, что в её состав входит ещё одна геосфера – гумусосфера, состоящая в основном из гумуса и аккумулирующая химическую энергию в количестве ($n \cdot 10^{19}$ ккал) – столько, сколько её ежегодно поступает на поверхность планеты. Поэтому от состояния педосферы зависит состояние литосферы, гидросферы, атмосферы, а главное – состояние живого вещества (рис.9).

Педосфера, как биокосное тело, является местом, где трансформируются косные тела в живое вещество, а живое вещество активно воздействует на косные тела. Педосфера является пограничной, переходной средой между живым и неживым. Пограничные зоны, как известно, испытывают наибольшие энергетические нагрузки, поэтому и аккумулируют большие количества энергии. Следовательно, педосфера – это единое энергетическое поле.



Рис.9. Влияние состояния педосферы на другие биосферные оболочки

ТЕМА 5. ГИДРОСФЕРА, ЕЁ СОСТАВ. КРУГОВОРОТ ВОДЫ

5.1. Возникновение и эволюция гидросферы

Одной из оболочек биосферы, занимающей 3/4 (по другим данным 7/10) поверхности Земли, является гидросфера. 97 % всей массы воды приходится на так называемый Мировой океан, а 3 % на пресную воду (около 2 % заморожено в виде льда и снега полярных «шапок» и ледников; около 0,6 % - грунтовая вода литосферы, причем не более 1 % её доступно корням растений, а остальная уходит на глубину в сотни метров; около 0,001 % - вода облаков, туманов, паров; остальные из 3 % приходится на воду рек и озер). Вот как распределены пресные воды на земном шаре по водным объектам (тыс. км³):

Ледники, подземные льды, постоянный снежный покров (в пересчете на воду)	24364,0
Подземные воды	10530,0
Влага в почве	16,5
Пресные озера	91,0
Болота	11,5
Вода в руслах рек	2,1
Вода в атмосфере	12,9
Биологические воды	1,1
Всего	35029,1

Все оболочки гидросферы, как часть единого целого, взаимосвязаны, проникают одна в другую, обмениваются друг с другом веществом и энергией. Вода в трёх агрегатных состояниях входит в литосферу (в твердом виде – лёд и снег, в жидком – подземные воды); в атмосферу – в газообразном состоянии в виде пара, а также в состав живых организмов. Человек на 63 % от массы тела состоит из воды, грибы – на 80 %, медузы – на 98 %. Это биогенные воды, то есть воды, входящие в состав живых организмов. Они пополняются за счет почвенных, грунтовых, атмосферных вод. Состав их зависит от физиологических функций организмов. Биогенные воды необходимы для поддержания процессов гидратации, диссоциации, гидролиза, окисления, фотосинтеза и прочих биохимических процессов. Обводнение происходит под влиянием осмотического давления: у растений оно колеблется в пределах 5-20 атмосфер (у пустынных растений – до 170), у человека – 7,7. Это единственное неорганическое вещество, находящееся в организме в жидком состоянии при обычной температуре и обычном давлении. Удаление воды приводит к гибели организма или прекращению процессов обмена.

Чем же обусловлена роль воды? Известно, что жизнь выбрала для себя условия существования, заключенные между точками кипения и замерзания воды. Вода – самое распространенное вещество в биосфере и тем не менее очень необычное вещество. Вода остается жидкостью в температурном интервале, наиболее подходящем для жизни. Как многие вещества, вода при

охлаждении сжимается, но уже при $t \approx 4^{\circ}\text{C}$ сжатие прекращается, начинается расширение и, образующийся при $t = 0^{\circ}$ лёд оказывается легче воды. Вода обладает высокой (из всех жидкостей) теплоёмкостью, высокой теплотой парообразования. Всё это обуславливает медленное нагревание водоёмов при поглощении энергии и медленное остывание. Почва, пропитанная влагой, оттаивает, согревается и промерзает совсем по-другому, чем сухая.

В воде растворимы все вещества. Поэтому в природе практически нет чистой (жидкой) воды; это раствор каких-то веществ. Лёд и пар – чистая вода.

При передвижении по почвенным капиллярам и капиллярам растительных организмов вода ведет себя тоже своеобразно: она обладает самым большим, из всех жидкостей, поверхностным натяжением. Благодаря этому свойству она лучше других удерживается в капиллярах. Вода, обладая всеми этими свойствами, является универсальным растворителем. При её участии на Земле образовалось множество различных минералов. Вода участвует в разложении и осаждении минералов путем растворения их, гидролиза, гидратации, седиментации.

Воды различных систем ведут по-разному. *Речные воды* участвуют в механическом переносе химических элементов и их соединений в океан и внутренние водоёмы, в разрушении минералов и формировании аллювиальных отложений в поймах и руслах рек. *Почвенные воды* участвуют в формировании почвенного профиля путем перераспределения химических элементов. Деятельность *грунтовых вод* проявляется участием в формировании коры выветривания и подземного химического стока. *Озерные воды* составляют всего 0,02 % от объема вод Мирового океана, но в них происходит сложный комплекс процессов гидрогенеза, сингенеза («син» - вместе), диагенеза, катагенеза («катена» - цепь), галогенеза с образованием терригенных и хемогенных осадков. *Воды океана* являются конечным аккумулятором всех выносов, стоков – материковый сток с литосферы и из атмосферы. Дно океана является также источником элементов для океанических вод. Из водной массы океана часть солей переносится на сушу (через туманы, импัลверизацию и прочие процессы), часть осаждается на дно, часть поступает в атмосферу. Ежегодное поступление солей при испарении $5 \cdot 10^9$ тонн, из которых $4,5 \cdot 10^9$ т возвращается с атмосферными осадками, а $0,5 \cdot 10^9$ т переносится на сушу.

Таким образом, гидросфера представляет собой единый пространственно-природный динамичный комплекс со специфическими свойствами и структурой, влияющими на круговорот элементов и энергии в системе суша ↔ океан ↔ атмосфера ↔ суша.

5.2. Геохимический состав гидросферы

5.2.1 Классификация вод

В предыдущем разделе отмечалось, что в природе чистой воды практически нет. Это всегда истинные и коллоидные растворы солей,

различные взвеси. Химический состав воды формируется за счет растворения минералов, пород, прохождение через почвы, за счет поглощения и отдачи газов (с повышением температуры воды растворимость газов уменьшается, минералов – увеличивается). Только в самой начальной стадии и чисто теоретически на названные компоненты действует просто вода, а уже через 5 минут – солевой раствор (или кислотный, или щелочной, в зависимости от состава ионов, переходящих в воду). Естественно, что воздействие воды и какого-либо природного компонента взаимное. Наиболее растворимы глинистые сланцы и базальты, слабее – кристаллические сланцы.

Геохимическая деятельность воды определяется суммой минеральных веществ, содержащихся в 1 л воды. Существует много классификаций вод по этому показателю. Для ландшафтной характеристики больше подходит классификация Овчинникова:

ультрапресные воды	< 0,2 г/л солей
пресные	0,2 – 1,0
солончатые	1,0 – 3,0
соленые	3,0 – 35,0
рассолы	< 35.

Ультрапресными бывают атмосферные осадки, поверхностные воды тундр, некоторых районов тайги, влажных тропических и экваториальных лесов. *Пресные воды* характерны для южной и средней тайги, широколиственных лесов, лесостепи, степи, высокотравных саванн. *Солончатые, солёные воды и рассолы* характерны для ландшафтов с аридным климатом (аридный – сухой, с высокой температурой, высоким испарением), для вод морей и океанов.

В целом солёность вод мирового океана 34,7 ‰. Она довольно широко варьирует по различным акваториям. Так, солёность Балтийского моря 6-8 ‰, Красного моря – 41,5 ‰, Черного моря – 1-9 ‰ у берегов и 17 – 18 ‰ - на поверхности, Японского моря – 33,7 – 34,3 ‰.

Кроме минерализации для классификации вод используется соотношение ионов. То есть воды могут быть по преобладающему аниону гидрокарбонатного, сульфатного, хлоридного классов, а по преобладающему катиону – кальциевые, магниевые, натриевые. Ионы воды определяют её жёсткость (сумма кальция и магния), окисляемость (количество кислорода, расходуемого на окисление органических веществ в 1 л), агрессивность (способность растворять породы и строительные материалы). Агрессивность бывает углекислотная, выщелачивающая, общекислотная, сульфатная, магниевая. Воду характеризует её цветность, которая чаще всего обусловлена содержанием органического вещества. Неорганические вещества тоже могут влиять на неё.

В воде между веществами, находящимися в ионной и коллоидной формах происходят различные физические, химические и биохимические процессы. Особенно они сложны и разнообразны на границах сред: твердая поверхность – вода, вода – газы и проч.

5.2.2. Геохимический состав океана

Известны три источника поступления элементов в океан: материковый сток, атмосфера, дно океана. Эти элементы являются продуктами разнообразных экзогенных и эндогенных процессов. Часть элементов переходит (или уже сразу находится) в истинные растворы ($3,2 \cdot 10^9$ т), часть переходит в коллоидное состояние, часть находится во взвешенном состоянии и постепенно оседает на дно, формируя донные осадки. Туда попадает больше всего сточных веществ ($22,2 \cdot 10^9$ т), отмирающие морские организмы, продукты вулканического извержения. Преобразователями осадков являются микроорганизмы, в основном аэробы, анаэробы, гетеротрофные и автотрофные.

Из биогенных элементов в воде океана главными являются N (538 мг/л), P (74 мг/л), Si (2,13 мг/л), органический углерод (1,7 мг/л). Кроме них в воде встречаются все элементы периодической системы Менделеева. Основные катионы океанической воды Na^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , K^+ . Основные анионы океанической воды Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- . Относительно много Br, B, Cr, F. Они в сумме дают 99,99 % от растворённых в океанической воде элементов ($47,8 \cdot 10^{15}$ т). Среди редких и рассеянных элементов немало Li, Rb, I, Ba. Есть растворенные газы (O_2 , CO_2 , N_2 , Ar) в виде газовых гидратов. Угледородные газы на 94-98 % представлены CH_4 .

Воды Мирового океана делятся на три типа зон: 1) циркумконтинентальные, 2) широтные климатические, 3) вертикальные гидрологические.

Для первой зональности характерно уменьшение содержания элементов по мере удаления от континентов. При широтной и вертикальной зональности на распределение элементов влияет ряд факторов:

- горизонтальное и вертикальное течение воды (восходящий – циклонический тое воды богаче нисходящего – антициклонического);
- приток элементов с речными водами и в результате абразии берегов;
- резкая стратификация вод;
- химические свойства элементов;
- активность фотосинтеза и биомасса живых организмов;
- техногенез.

По вертикальной стратиграфии в океанской воде выделяется особо *поверхностный микрослой (ПМС)* – поверхностная пленка воды. Она, несмотря на свою ничтожную толщину, очень активна и в химическом, и в биогенном отношении, и в известной мере влияет на свойства нижележащих слоев воды.

Над дном океана (над донными осадками) выделяется слой мощностью в 600 м – «*иловые воды*», то есть это осадки, но с содержанием воды до 30 %. В них содержание химических элементов в десятки-сотни раз больше, чем в водах океана. До глубины 5-6 м в них активны сульфатредуцирующие и метанобразующие бактерии. Здесь концентрируются элементы железомарганцевой группы (Fe, Cr, Ge, V, Al, Ti, Pb, Zn, Cu, Mn, Mo, Co, Ni), образуя стяжения, иногда до образования руд из них.

5.2.3. Роль живого вещества в эволюции гидросферы

В формировании химического состава гидросферы определенную роль играют живые организмы. Живой мир гидросферы не столь разнообразен, как на суше. Выделяются экосистемы *застойные* (озера, пруды, болота) и *проточные* (реки, потоки). В застойных экосистемах очень изменчивы условия, так как зависят от географического положения, размеров, возраста, физико-химического характера водосбора. Содержание растворенного кислорода в них (особенно в болотах) понижено вследствие слабого движения вод. В районах с влажным холодным климатом (тундра, альпийская зона умеренного пояса) формируются торфяные озера с подкисленной водой. В прибрежных зонах, в континентальных районах засушливого климата образуются болота и озера с горьковато-соленой водой. Содержание солей в них чаще всего имеет сезонные колебания. Редко очень встречаются озера с постоянным солевым составом и соленостью, так называемые, гомогалинные озёра. Во всех названных водах специфичны и тесно взаимосвязаны флора и фауна. Эти организмы либо обладают очень коротким циклом развития, либо приспособлены к колебаниям солености. Чаще всего это - мелкие ракообразные.

Пресные озера по количеству растворенных в них питательных веществ делятся на категории:

- олиготрофные – бедные пищей;
- мезотрофные – со средним содержанием питательных веществ;
- эвтрофные – богатые минеральными питательными веществами.

Соответственно количеству питательных веществ изменяется масса живых организмов и их биологическая продуктивность. К эвтрофным, например, относится озеро Байкал.

Проточные экосистемы отличаются от застойных экосистем более интенсивным окислением, бедным планктоном. Бентосные организмы в этих экосистемах приспособлены к наличию постоянного течения. В них развивается множество видов рыб, среди которых есть и мигрирующие.

Хотя в Мировом океане существуют широтные зоны, но из-за сглаженности всех климатических колебаний в воде разделение биомасс по широтным зонам относительно. В качестве исключения можно назвать развитие кораллов только в тропиках, так как для них необходима температура воды более 20 °С; развитие полярных биоценозов, переносящих холодные воды. Кроме температуры, на распределение жизни в гидросфере влияет освещенность. По освещенности выделяются зоны:

- эвфотическая (куда поступает свет);
- дисфотическая (зона полной темноты).

В эвфотической зоне автотрофные организмы (донные водоросли, фитопланктон) осуществляют фотосинтез, а в дисфотической зоне живут гетеротрофы (главным образом, беспозвоночные), питающиеся за счет органического вещества, продуцируемого автотрофами (то есть их

выделениями, трупами). На плотность жизни в гидросфере влияет также содержание питательных веществ.

Какова же биологическая структура гидросферы?

Все живые организмы гидросферы делятся:

- *фитопланктон* - совокупность растительных организмов толщи воды, пассивно ею переносимых;

- *зоопланктон* – совокупность животных организмов;

- *фитобентос и зообентос* – «бентос» - донная пленка жизни;

- *нектон* – активно передвигающиеся животные.

Общая масса фитопланктона в сухом виде равна 100-110 млрд. тонн. Он распределен зонально: от умеренных широт с повышенной продуктивностью ($50 \text{ мг/м}^3\text{С}$) до олиготрофных субтропических широт с пониженной продуктивностью ($1 \text{ мг/м}^3 \text{С}$). Кроме того, он подчиняется и циркумконтинентальной зональности.

Зоопланктон имеет общую массу $21,5 \cdot 10^9 \text{ т}$ и распределен глубже фитопланктона. В верхней 500 м толще сосредоточено $2/3$ всей его массы, на глубине 5-6 км – всего лишь 0,1 – 1 % от биомассы верхнего слоя. Зональность зоопланктона совпадает с фитопланктонной зональностью.

Бентос представлен фитобентосом на мелководье (водоросли) и зообентосом, который питается фитопланктоном, поэтому зоны их концентраций совпадают. Колебания биомассы зообентоса очень широки – от 0,05 до 1000 и более г/м^3 .

Сведения о биомассе нектона отсутствуют, но иногда используется величина запасов промысловых животных, составляющая приблизительно 100 млн. тонн.

Как в любой оболочке биосферы, в гидросфере различают первичную продуктивность (количество органического вещества, вырабатываемого автотрофными растениями) и вторичную продуктивность (количество органического вещества, вырабатываемого животными – потребителями). Выражается продуктивность в виде массы ($\text{кг/сухого вещества}$), или в виде углерода в ней (в г), или количеством энергии (ккал), эквивалентным данной биомассе. Первичная продукция океана оценивается в $30 \cdot 10^9 \text{ т}$ сухой массы в год (сравним: в целом для биосферы $83 \cdot 10^9 \text{ т}$). Эта величина очень не постоянна. Так, для открытого океана первичная продукция составляет 2 – 400 г/год/м^3 , на шельфе – 200 – 600, в коралловых рифах – 500-4000.

Морская фауна и флора избирательно поглощает и концентрирует такие элементы как Cu, Zn, V, Mo, Ag, Cd, Hg, Pb и другие, и, поэтому, их содержание в организмах на несколько порядков выше, чем в воде. Живые организмы участвуют в круговороте химических элементов, фотосинтезе, денитрификации, сульфатредукции, окислении, восстановлении, в образовании донных осадков и их диагенезе.

ТЕМА 6. АТМОСФЕРА, ЕЁ СОСТАВ И РОЛЬ В ФУНКЦИОНИРОВАНИИ БИОСФЕРЫ

Атмосфера – воздушная оболочка земного шара. Для атмосферы характерна сильная зависимость от высоты, особенно её физические (в том числе оптические) свойства. Отдельные слои атмосферы представляют собой сферические оболочки, окружающие Землю. К ним относятся тропосфера, тропопауза, стратосфера, стратопауза, мезосфера, ионосфера, термосфера, экзосфера (рис. 10).

6.1. Строение атмосферы

Тропосфера. Масса тропосферы составляет 0,0001 массы Земли. Кроме газов в ней присутствует твердая пыль минерального и органического (споры растений) происхождения, а также космического происхождения (результат распыления метеоритов). В нижней части тропосферы наблюдается зона, в которой температура колеблется, отмечая смену дня и ночи и смену времен года. Здесь господствуют сильные воздушные течения или ветры. Часто эту зону называют «зоной возмущения».

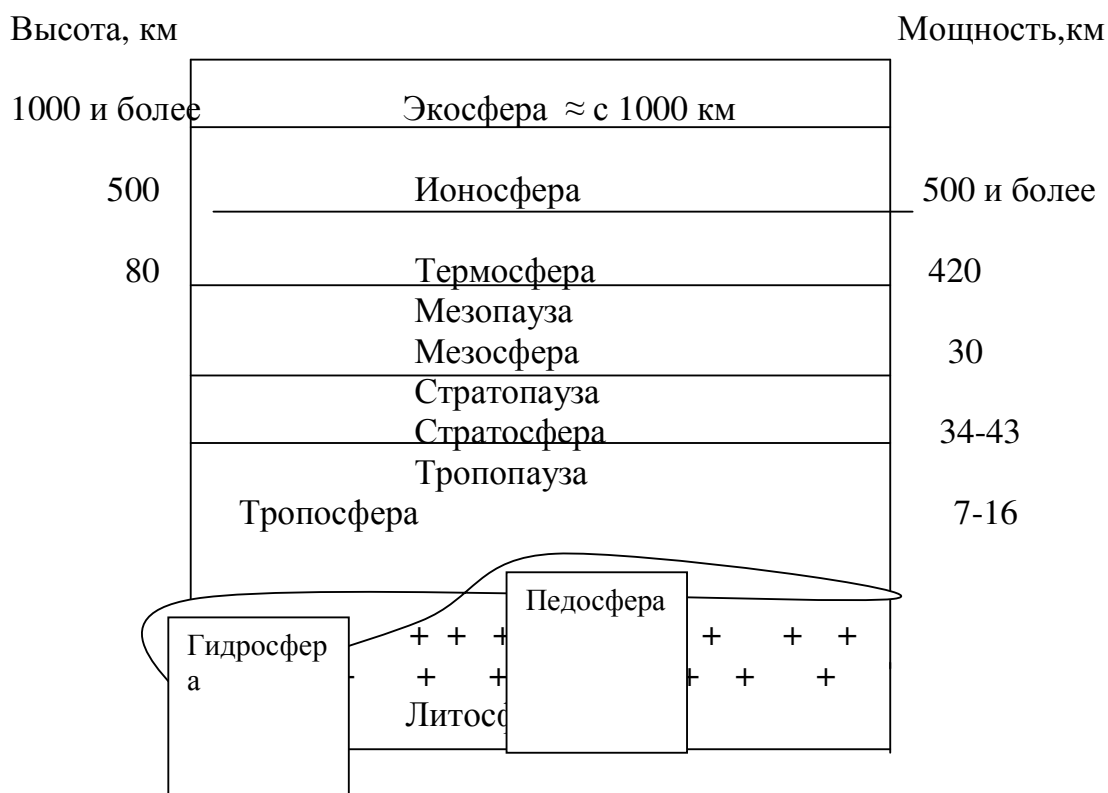


Рис. 10. Строение атмосферы

По мере поднятия вверх от этой зоны температура падает и на высоте 10-12 км достигает -55°C . Тропосферу пронизывают радиоактивные излучения Земли, лучи Солнца и другие космические излучения. Здесь

образуются почти все облака, отсюда выпадают дожди и снег, Приборами установлено. Что толщина тропосферы все время изменяется и неодинакова в разных местах земного шара. Чем меньше приходит тепла от Солнца, чем холоднее тропосфера, тем она тоньше. В умеренных широтах толщина тропосферы колеблется от 8 до 13 км, иногда уменьшаясь до 6 км или увеличиваясь до 15 км.

Тропосфера богата азотом и кислородом, насыщена парами воды и углекислотой. Здесь протекают важные погодные процессы, образуются облака, то есть зарождаются осадки. Температура в тропосфере быстро падает с высотой в среднем на 6° на каждый километр.

Нижняя граница тропосферы различна на суше и на границе с водными бассейнами (реки, ручьи, океан, море). На суше она меняет свой химический состав, теряет кислород на большой глубине и переходит в газообразную подземную тропосферу иного состава. Граница резкая и выражается кислородной поверхностью. Эта поверхность состоит из водных растворов, частью капельно-жидких, частью пленчатых. За кислородной поверхностью кислород быстро сходит на нет. Это начало верхней границы подземной тропосферы. В водоёмах состав газов тропосферы меняется, она переходит в водную тропосферу. При соприкосновении с водой газы её растворяются, причём кислород растворяется больше азота. Образуется водная тропосфера – область количественно максимального развития живого вещества.

Газы тропосферы находятся в вечно идущем турбулентном движении, пронизаны ветрами, которые их перемешивают, и в конце концов получается мало колеблющийся, средний состав тропосферы. Этот состав сложился за миллиарды лет и не зависит от географической точки. Тропосфера содержит все или почти все химические элементы (табл.7).

Таблица 7

Химический состав тропосферы (сухой атмосферы)
(по В.И. Вернадскому, 1965)

Газ	Объём, %	Газ	Объём, %
Азот	78,09	Криптон	0,0001
Кислород	20,95	Ксенон	0,000008
Углекислый газ	0,03	Радон	$6 \cdot 10^{-18}$
Аргон	0,93	Метан	0,00015
Неон	0,0018	Водород	0,00005
Гелий	0,00052	Закись азота	0,00005

Кроме химических элементов, в тропосфере имеются пары воды, количество которых не постоянно. Постоянно в тропосфере присутствует земная и космическая пыль, в 1 см^3 : над Атлантическим океаном 70-340 пылинок, в горах – 400-800 пылинок, в открытом поле – 32 000-13 0000. Микроорганизмы и их споры также насыщают воздушное пространство, в 1 м^3 : около Парижа свыше 11 000 бактерий и около 200 грибов, на Монблане – от 4 до 11 бактерий. Характерной чертой является резкое преобладание в

составе тропосферы двух газов, которые являются основными для строения живого вещества. Это кислород и азот.

Постоянство состава тропосферы связано со сложными физическими и химическими геологическими процессами:

1. Образование хлорофиллом свободного кислорода или в наземной тропосфере или в планктоне водных бассейнов.

2. Непрерывное выделение азота и кислорода из газовых струй или из подземных минеральных источников. Кислород попадает в источники из тропосферы. Азот создается вновь подземной флорой грибов и бактерий.

3. Непрерывное поглощение кислорода в процессах дыхания, в том числе и хлорофильных растений (в темноте); в меньшей степени поглощается свободный азот живым веществом – низшими грибами и бактериями, частью в симбиозе с высшими растениями.

4. Поглощение кислорода и азота косным веществом в процессах окисления, идущих в огромных размерах. Для азота этот процесс идет в вулканических извержениях, когда он поглощается из атмосферы во время вулканических извержений лавами, давая нитриды железа. Азот непрерывно в атмосфере дает соединения – нитраты и нитриты, во время гроз. Кислород в этих условиях дает озон и перекись водорода.

5. Постоянное перемешивание воздушными течениями, главным образом турбулентными движениями, воздушных слоев тропосферы.

Тропосфера отделяется от следующего «этажа» - стратосферы, так называемой, *тропопаузой* (переходный слой). Выше располагается *стратосфера*.

Верхнюю границу *стратосферы* часто берут условно – 100 км. Однако В.И. Вернадский (1965) предложил за верхнюю границу стратосферы брать область обычных полярных сияний – 87-100 км, так как это та область, куда в большом количестве проникают материальные частицы Солнца – электроны. Нижняя поверхность стратосферы – граница с тропосферой находится в области минимальной температуры газовой массы планеты (-98°C). температура кверху непрерывно повышается. На высоте 43,4 км температура равна $+20^{\circ}\text{C}$. Повышение температуры связано с озоном. Это, так называемый, озоновый экран, благодаря которому может существовать жизнь на нашей планете. Под воздействием ультрафиолетовой радиации Солнца часть молекулярного кислорода распадается на атомы, которые «пристраиваются» к целым молекулам, образуя озон (его молекула состоит из трех атомов кислорода). На создание озонового слоя расходуется почти весь приток ультрафиолетовых лучей.

Вначале, после открытия стратосферы, предполагали, что она простирается до верхней границы атмосферы и постепенно переходит в космическое безвоздушное пространство. С помощью искусственных спутников установили. Что в стратосфере температура с высотой остается постоянной только до 40 км. Здесь стратосфера кончается.

Выше до уровня 80-95 км простирается *мезосфера*, где температура падает, и на верхней границе мезосферы понижается до -90°C .

Выше 80 км располагается *ионосфера (или термосфера)* – зона сильно разряженного и сильно нагретого воздуха. Температура ионосферы возрастает с высотой и достигает на некоторых уровнях очень больших величин. Плотность воздуха в этой сфере так мала, что невозможно ощутить разницу с безвоздушным космическим пространством, имеющим температуру абсолютного нуля (-273°C). Ионизаторами являются здесь главным образом коротковолновая часть солнечной радиации, а затем корпускулярные излучения Солнца, космические проникающие лучи (космическая радиация) и излучения радиоактивных веществ. Температура повышается непрерывно кверху. На высоте 235,6 км она равна 100°C . Ионосфера распадается на три геосферы: 1 – слой E – Кеннели-Хевисайза на высоте около 100 км, 2 – слой $F_1 - F_2$ – Апплетона на высоте около 250 км. Временами над слоем F_2 наблюдается 3 – слой G. Возможно, это очень высокие электронные облака, быстро перемещающиеся. В ионосферу непрерывно проникают материальные тела от Солнца и из космического пространства. Это натрий и водород. Металлический натрий проникает через метеориты, а также с соляной пылью из океана во время вертикальной атмосферной циркуляции. По некоторым гипотезам, эта пыль, попадая озоновый слой, разлагается его ультрафиолетовыми лучами на хлор и натрий. Водород попадает сюда из Солнца в связи с теми водородными бурями, которые наблюдаются в его атмосфере. Этот водород окисляется в воду на нижней границе ионосферы, давая ночные светящиеся облака, «серебристые» облака.

Из особенных свойств ионосферы нужно отметить то, что она отражает радиоволны и делает возможной дальнюю радиосвязь на Земле.

Выше 800 км над Землей кончается ионосфера и начинается *зона рассеяния*. Отсюда частицы воздуха ускользают в мировое пространство. Покидая навсегда нашу планету. В этой зоне воздух настолько разряжен, что его частица может пролететь сотни километров, не столкнувшись с другой частицей. Для сравнения: на высоте 100 км от одного столкновения до другого частица воздуха может пролететь расстояние в 1-2 см, тогда как у поверхности Земли – не более одной стотысячной доли сантиметра. На высоте около 1000 км ионосфера переходит в *экзосферу* – внешний слой земной атмосферы.

Характерная особенность *экзосферы* – преобладание газов уже в атомарном состоянии и очень малая их плотность. Здесь наиболее легкие газы покидают атмосферу и рассеиваются в Космосе.

Признаки частиц газов, составляющих воздух, встречаются до высоты 1500-2000 км. Этот уровень считается верхней границей атмосферы.

Роль атмосферы, и прежде всего её нижнего слоя, тропосферы, огромно для всех природных процессов, протекающих на поверхности Земли. Это и количество, характер, периодичность атмосферных осадков, и сила ветра, и температура воздуха, и многие другие процессы.

6.2. Сущность природных явлений в атмосфере

В атмосфере химические элементы представлены в виде газов, а в тропосфере, кроме того, в виде соединений (пары воды, аэрозоли, оксиды). Все они являются летучими, поэтому находятся в постоянном движении, образуя воздушные потоки. Эти потоки и формируют самые разнообразные явления.

а) *Туманы*. В воздухе, насыщенном водяным паром, при понижении его температуры до точки росы и увеличении а нем количества водяного пара происходит конденсация – вода переходит из парообразного состояния в жидкое. Скопление продуктов конденсации в приземных слоях воздуха называется туманом. Различают *радиационный туман*, который вызывается постепенным охлаждением слоя воздуха от поверхности путем отдачи тепла излучением. *Адвективный туман* – туман, который образуется при перемещении теплого воздуха на холодную поверхность. Третий вид тумана возникает при смешении двух масс воздуха с разной температурой.

б) *Облака*. При конденсации (или сублимации) водяного пара на некоторой высоте над поверхностью образуются облака. Их возникновение связано с охлаждением поднимающегося воздуха. Процесс облакообразования сопровождается электризацией и скоплением в облаках свободных зарядов. Верхняя часть облака несет положительный заряд. А его основание – отрицательный. Между участками облака с разными зарядами или между облаками и землей происходят электрические разряды – молнии, сопровождающиеся громом. Это *гроза*. Гром – своеобразный взрыв воздуха, когда он под влиянием высокой температуры молнии ($\sim 20\,000^{\circ}\text{C}$) мгновенно расширяется и затем сжимается от охлаждения. Одновременно в тропосфере идет около 1800 гроз в той или иной местности, а число молний в секунду достигает 100. Максимум гроз в тропиках (до 200 в год в тропической Африке), а на побережье Каспийского моря от 5 до 10 гроз в год. В Арктике в среднем один грозовой день приходится на 10 лет.

в) *Гало*. Круги, венцы около солнца и луны называют гало. Радужный круг внутри бывает окрашен красным, а снаружи синеватым цветом. Появление радужного круга объясняется тем, что в воздухе плавают кристаллы льда в форме шестигранной призмы. Лучи света, проходя через эти призмы, разлагаются на красные, зеленые, синие и другие. Они-то и дают радужную окраску кругу. Круги служат важным местным признаком перемены погоды, так как перистые облака, дающие гало, обычно предшествуют появлению циклона.

г) *Радуга*. Явление радуги всем известно. Когда солнце у горизонта, мы видим полный круг; когда оно высоко – видим только часть радуги у горизонта. Если солнце стоит над горизонтом выше 45° (днем и летом), то радуга не видна, так как она ухлтит за горизонт. Радуга возникает от преломления и разложения лучей света в каплях дождя. На радуге мы видим всего три цвета: красный, зеленый, фиолетовый. Иногда видим ещё два цвета: желтый, оранжевый.

д) *Мираж* – оптическое явление. Возникает оно в тех случаях, когда луч света от предмета проходит к глазу наблюдателя через слои воздуха различной плотности и отклоняется от своего первоначального, прямолинейного направления. Различают нижний и верхний миражи.

Нижний мираж возникает в пустыне, где от сильного накала песка или грунта перегревается воздух нижних слоев атмосферы, тогда как выше располагается более холодный воздух. В этом случае плотность воздуха резко увеличивается с высотой. Переходя от более плотных слоев воздуха к менее плотным, луч света все сильнее отклоняется от прямолинейного пути. Наступает момент, когда угол отклонения луча достигает 90^0 . В этом случае искривленных луч дает обратное изображение предметов и участков неба, расположенного за ним. Изображение неба и создает впечатление блестящей водной поверхности.

Верхний мираж возникает, если плотность воздуха резко уменьшается с высотой. Это бывает рано утром, когда прилегающий к земной поверхности слой атмосферы еще холоден, а выше расположенные слои теплы. Верхний мираж часто наблюдается в полярных странах. Где нижние слои воздуха сильно охлаждаются от соприкосновения со льдами или снегом. Над предметом, находящимся у горизонта, появляется его изображение в сильно искаженном виде.

Для появления миражей нужно одно обязательное условие – отсутствие сильного ветра, который перемешивает верхние и нижние слои.

е) *Атмосферные осадки* – это воды, выпавшие на поверхность суши из атмосферы в виде дождя, мороси, крупы, снега, града. Осадки выпадают в основном из облаков, но не всякое облако дает осадки. Для образования осадков требуется укрупнение элементов облака. Из водяных облаков выпадают очень мелкие капли. Облака однородные по структуре осадков не дают. Если кристаллики льда, выпадающие из облака, не тают в воздухе, на поверхность выпадают твердые осадки. Характер выпадения осадков зависит от условий их образования. Обложные осадки выпадают в виде дождя из слоисто-дождевых облаков. Ливневые осадки выпадают из кучево-слоистых облаков в виде дождя, снега, града. Морсящие осадки выпадают из слоисто-кучевых облаков.

ж) *Штормы, ураганы, тайфуны*. Легкие (скоростью до 15 м/с) или умеренные ветры иногда усиливаются до шторма (бури) или урагана. Штормом (бурей) называется продолжительный сильный ветер, скорость которого превышает 15 м/с. Такие ветры бывают в основном на море и им присвоены морские названия:

- ветер в 8 баллов называется штормом,
- ветер в 10 баллов – сильным штормом,
- ветер в 11 баллов – жестоким штормом.

Ураганом называется буря, когда скорость ветра превышает 24 м/с. Все бури, как бы они ни назывались, возникают по одной и той же причине – из-за большой разности давлений атмосферы на близких расстояниях.

Тайфунами называют тропические циклоны в Юго-Восточной и Восточной Азии со скоростью движения ветра 30-40 м/с и даже до 220 км/час. Вызываются они колоссальной разницей в давлении воздуха (до 20 мб на 100 км). Сопровождаются тайфуны мощной грозовой облачностью, сильными ливнями и огромными океаническими дождями.

з) *Шквалы*. Шквалом называют внезапное усиление ветра до бури в резким изменением направления. Шквальный ветер нередко сравнивают с ураганом. Ураган при этом идет узкой полосой (1-6 км) со скоростью до 90 км/час. Шквал возникает при вторжении холодных масс воздуха в теплые массы. Холодный воздух при вторжении вытесняет теплый, заставляя его быстро подниматься. При охлаждении теплого воздуха вверху образуются кучево-дождевые облака, разражающиеся ливнем, градом, шквалом. Ветер резко меняет свое направление, иногда даже на противоположное.

и) *Смерчи (торнадо, тромбы)*. В природе иногда бывает так, что всё затихает, но это затишье перед бурей. Приближается огромная мрачная туча. Гром гремит все сильнее и сильнее. И вдруг из-за завесы дождя с правой стороны тучи начинает выдвигаться крутящийся вал. Извиваясь как змея, он подходит к краю тучи, изгибается и направляется вниз к земле. Навстречу ему с земли поднимается крутящийся столб пыли. Образуется фигура, похожая на хобот гигантского слона. Внутри «хобота» воздух вращается с огромной скоростью и одновременно по спирали быстро поднимается вверх. Такой столб-«хобот», перемещающийся с ураганной скоростью, называется смерчем. Скорость ветра внутри смерча до 100 м/с. А вращение столба возникает из-за того, что холодные и теплые массы воздуха, соседствуя рядом, меняются местами. Диаметр смерча от 25 до 1000 м. Видимая высота достигает 800-1500 м. В США и Мексике смерч называют *торнадо*, а в Западной Европе – *тромбом*.

ТЕМА 7. ЖИВОЕ ВЕЩЕСТВО КАК ГЛАВНАЯ ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ СИЛА В РАЗВИТИИ БИОСФЕРЫ

7.1. Живое вещество

Понятие «живое вещество» ввел в науку В.И. Вернадский. Под «живым веществом» понимается совокупность всех живых организмов, обитающих на планете Земля. Понятие «живое вещество» В.И. Вернадский ввел в науку не потому, что короткой фразой хотел назвать большое разнообразие живой природы (растительный и животный мир, насекомые, микроорганизмы, рыбы и т.д.). А сделал он это потому, что живое вещество:

- играет наиважнейшую роль в геологической истории и судьбе химических элементов
- аккумулирует космическую энергию, тепловую и химическую энергию солнца;
- пронизывает всю оболочку Земли – биосферу и в тоже время создает биосферу, благодаря своей химической энергии, в основном энергии атомов химических элементов.

С точки зрения проявления свойств, В.И. Вернадский все природные или естественные тела разделил на три группы:

1. живые естественные тела,
2. косные естественные тела (горные породы, минералы),
3. биокосные естественные тела (почва, озерная вода).

По химическому составу все естественные тела разделяются на две большие группы:

1. тела неорганической природы – горные породы, минералы, частично почва, вода, атмосфера;
2. естественные тела органической природы.

В основе химического состава естественных тел неорганической природы (косные тела) лежат три химических элемента:

- а) кислород – 49,13 %
- б) кремний – 26,0 %
- в) алюминий – 7,45 %.

7.2. Специфика живого вещества

Изучением живого вещества планеты занимаются не только многочисленные исследователи. Оно является основой многих наук. В.А. Алексеенко в работе «Экологическая геохимия» (2000) подчеркивает: «И все же неясного в жизни и развитии организмов гораздо больше, чем изученного и объясненного». Исследователь А.В. Лапо с учетом научных разработок В.И. Вернадского выделил в 1987 г. ряд специфических особенностей живого вещества.

- Живое вещество биосферы характеризуется свободной огромнейшей энергией. В неорганическом мире сопоставимыми с ним могут быть только

не застывшие лавовые потоки. Однако они очень быстро остывают и теряют энергию.

- В живом веществе скорость протекания химических реакций в тысячи (а иногда в миллионы) раз выше, чем в неживом. При этом незначительные начальные порции масс и энергии могут вызвать переработку гораздо больших масс и энергий. Так, определенные виды гусениц перерабатывают в сутки в 200 раз больше пищи, чем их собственная масса.

- Основные химические соединения, определяющие состав живого вещества (белки, ферменты и др.), устойчивы в природных условиях только в живых организмах.

- Для живых организмов характерны две формы движения: пассивная, определяемая их ростом и размножением, и активная, осуществляемая за счет направленного перемещения. Выделены были эти формы В.И. Вернадским. Первая из них характерна для всех организмов, вторая – в основном для животных.

Особенностью пассивного движения организмов является стремление заполнить большую часть пространства. В.И. Вернадский назвал этот процесс *давлением жизни*. Его сила (то есть скорость размножения) в целом обратно пропорциональна размерам организма. Очень большим давлением обладают бактерии, вирусы, грибы. У отдельных видов бактерий новое пополнение образуется через 22-23 мин. При отсутствии преград к размножению они более чем за сутки заняли бы всю поверхность Земли. Слонам же для заселения поверхности Земли потребуется более 1000 лет. Такой особенностью пассивного движения организмов объясняется быстрое распространение эпидемий, вызываемых бактериями и вирусами.

Движение второй формы происходит за счет собственного перемещения организмов.

- Для организмов характерно гораздо большее морфологическое и химическое разнообразие, чем для неживой природы.

- При огромном разнообразии химического состава организмов они построены в основном из белков, содержащих одни и те же аминокислоты. Передача наследственной информации идет у них по одному пути (ДНК – РНК – белок) с использованием одного генетического кода.

- Нормальное развитие организмов в природе возможно только в их сообществе с другими организмами (биоценоз).

- Живое вещество существует лишь в форме непрерывного чередования поколений. Поэтому оно генетически связано с организмами прошлых геологических эпох.

- Со сменой поколений идет и эволюция живого вещества. Как правило, этот процесс наиболее характерен для высших организмов, а чем примитивнее организм, тем он более консервативен.

7.3. Состав живого вещества

Как уже отмечалось, в основе химического состава живого вещества лежат четыре элемента: кислород, углерод, водород, азот. В отличие от веществ неорганической природы (минералы, вода, газы), живое вещество является азотсодержащим веществом. Живое вещество синтезирует свой химический состав из химических элементов, поступающих из косных тел – минералов, воды, воздуха. Живое вещество отличается по своему химическому составу от косных тел не только тем, что в его основе лежат такие элементы как кислород, водород, углерод, азот (в отличие от косных, в составе которых кремнезем, кислород, алюминий), но и тем, и главным образом, тем, что живое вещество – это совокупность различных органических соединений:

1. Органические кислоты неспецифической природы

- а) муравьиная
- б) винная
- в) яблочная
- г) янтарная и т. д.

2. Органические кислоты специфической природы

- а) гуминовая
- б) фульвокислоты
- г) гематомелановая

3. Спирты, алколоиды, сахара

4.Таннины

5. Липиды и т.д.

Органические соединения активно воздействуют на минералы литосферы и разрушают их на составные химические элементы. Последние переходят в раствор и далее:

а) образуют новые соединения или вторичные минералы – простые соли, оксиды, гидрослюды, вторичные алюмосиликаты или глинистые минералы;

б) мигрируют на различные расстояния, вплоть до морей и океанов;

в) поглощаются живым веществом.

Как видим, под воздействием живого вещества происходят следующие явления (рис. 11):

- 1. разрушение косного вещества;
- 2. синтез новых косных и органических тел;
- 3. перераспределение химических элементов.

Из одних мест вещества переносятся в другие. В одних местах они аккумулируются, через другие проходят транзитом. Так формируются новые формы поверхности Земли, или новый рельеф. Постепенно происходят процессы выравнивания поверхностей и образуются отложения из рыхлого материала. Это внешнее проявление воздействия живого вещества на косную материю. Гораздо более глубокое воздействие живого вещества на косные тела выражаются в изменении химизма косных тел, а также в переносе и аккумуляции энергии в земной оболочке, называемой биосферой.

Одновременно усложняется химический состав живого вещества, а главное – формы проявления жизни, формы представителей живого вещества:

- формы растений,
- формы животных,
- формы насекомых,
- формы микроорганизмов.

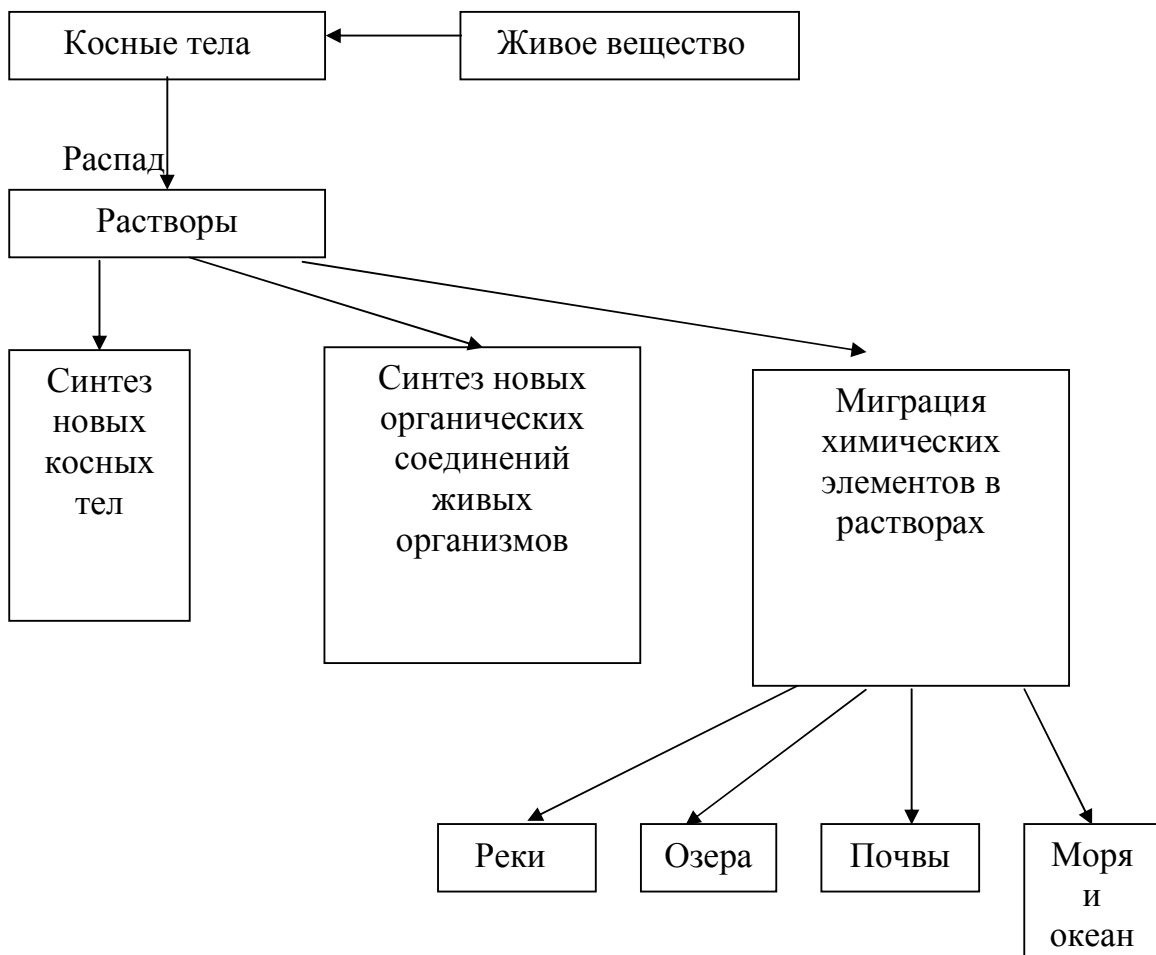


Рис. 11. Явления, происходящие при воздействии живого вещества на косную материю

А такое усложнение в биологических науках называется *эволюцией живых организмов*.

Представители живого вещества отличаются не только своими формами (растения, животные), но и своим химическим составом, а главное, особенностями функционирования (табл. 8).

Таблица 8

Химический состав живого вещества (%)

	С	О	Н	N	К	Ca	P	S	Si
Растения	45,0	41,0	5,5	3,0	1,40	1,8	0,23	0,34	0,02
Животные	46,5	18,6	7,0	10,0	0,74	8,5	1,70	0,50	0,60

К этому следует добавить, что в процессах миграции принимают активное участие ветер, текучая вода и само живое вещество. Все это вместе взятое преобразует лик поверхности планеты Земля.

Функционирование представителей живого вещества отличается трофическими цепями, воздействием на косную материю и другими биологическими показателями:

- а) объемами биомассы,
- б) способами размножения,
- в) способами питания и т. д.

Наиболее сильно воздействующими на косную материю являются:

- а) микроорганизмы,
- б) растения,
- в) животные,
- г) насекомые.

По биомассе:

- а) растения,
- б) животные,
- в) насекомые,
- г) микроорганизмы.

По скорости разложения и заселения:

- а) микроорганизмы,
- б) насекомые,
- в) растения,
- г) животные.

7.4. Биогенная миграция

Химическое состояние наружной коры нашей планеты, биосферы, всецело находится под влиянием жизни, определяется живыми организмами. Энергия, придающая биосфере её обычный облик, исходит из Солнца в форме лучистой энергии. Живые организмы превращают лучистую космическую энергию в земную химическую и создают бесконечное разнообразие нашего мира. Этот великий планетарный процесс есть *миграция химических элементов* (это первая форма) в биосфере, движение земных атомов. В 1928 г. в докладе «Эволюция видов и живое вещество» В.И. Вернадский миграцией химических элементов называет всякое перемещение химических элементов, чем бы оно ни было вызвано. Миграцию в биосфере производят химические процессы – вулканические извержения, движения жидких, твердых, газообразных масс при испарении осадков, движение рек, морских течений, ветров и т. п.

Биогенная миграция производится силами жизни и является одним из самых грандиозных и самых характерных процессов биосферы. Эффект всей биогенной миграции определяется не одной массой живого вещества. Он зависит и от интенсивности её движения: *чем чаще будут оборачиваться*

атомы в единицу времени, тем значительнее будет биогенная миграция. Это вторая форма биогенной миграции.

Третья форма биогенной миграции – это *миграция атомов, производимая организмами, но генетически и непосредственно не связанная с вхождением или прохождением атомов через их тело.* Эта биогенная миграция производится техникой их жизни. Её, например, производит работа роющих животных, работа по созданию построек термитами, муравьями, бобрами – как отражение социальной жизни животных. Но исключительного развития достигла эта форма биогенной миграции химических элементов во время возникновения цивилизованного человечества: меняется лик Земли, исчезает девственная природа.

Таким образом, биохимический принцип В.И. Вернадского таков: эволюция видов, приводящая к созданию форм жизни, устойчивых в биосфере, должна идти в направлении, увеличивающем проявление биогенной миграции атомов в биосфере.

7.5. Круговорот энергии в живых системах

Энергия, которую используют все живые системы – это энергия Солнца. Она захватывается в процессе фотосинтеза и некоторое время удерживается в биосфере до тех пор, пока не рассеется в космическом пространстве в виде тепла. Именно благодаря солнечной энергии движется кролик, олень, кит, мальчик на велосипеде, карандаш в руке студента, который пишет лекцию. Величина биомассы на Земле ограничена количеством фиксируемой солнечной энергии. Дополнительные ограничения, определяющие возможные формы жизни, зависят от особенностей потока этой энергии через земные экосистемы. В любой момент эта энергия может поступить в пищевые цепи консументов. Существует два вида пищевых цепей (рис.12): цепи выедания и цепи разложения. Энергия может запасаться на длительное время в цепях обоих видов, причем в одном случае (цепи выедания) идет речь о популяциях животных хищников и травоядных, а в другом (цепи разложения) – о скоплении неразложившегося мертвого органического вещества и популяциях организмов, осуществляющих это разложение. Та часть всей связанной энергии, которая попадает в эти цепи, имеет громадное значение для биосферы в целом. Количество солнечной энергии, поступающей в живые системы, ничтожно по сравнению с общим энергетическим бюджетом Земли. Всего около 0,1 % энергии, получаемой Землей от Солнца, связывается в процессе фотосинтеза. За счет этого 0,1 % энергии может синтезироваться несколько тысяч граммов сухого органического вещества на 1 м² за год. В глобальных масштабах это эквивалентно годовой продукции 150-200 млрд. т сухого органического вещества. В эту продукцию входит пища человека, а так же энергия, проходящая через основные экосистемы земли: леса, травянистые сообщества, океаны, болота, озера, реки, тундры, пустыни. Более половины энергии, связанной при фотосинтезе, тут же

расходуется в процессе дыхания самих растений. Какая-то часть энергии запасается. У наземных растений энергия может передаваться от тканей, в которых она фиксируется, к другим тканям (например, от тканей листа к другим частям растения).

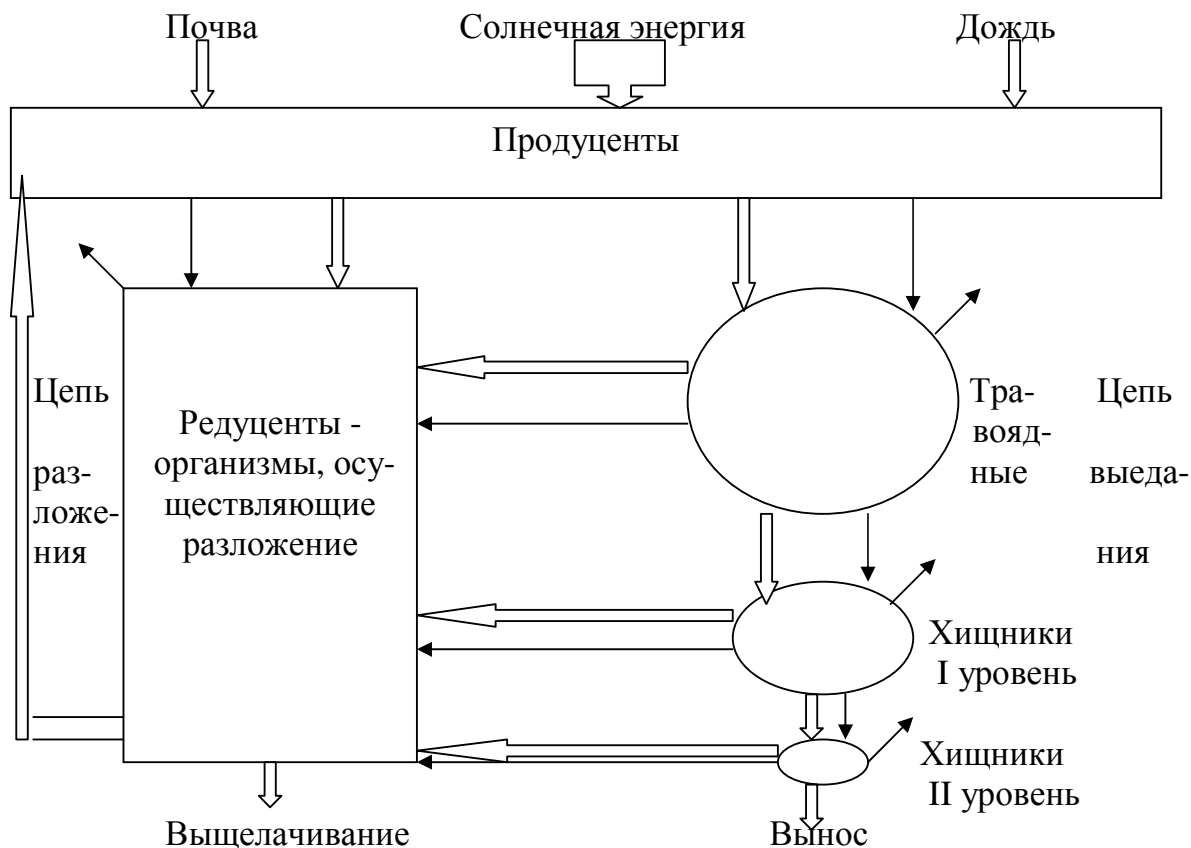


Рис. 12. Чистый поток энергии (тонкие стрелки) и питательных веществ (толстые стрелки) через естественное сообщество. В зрелом сообществе вся энергия, связанная первичными продуцентами (растениями), рассеивается в виде тепла в процессе дыхания растений, консументов (травоядных и последующих звеньев хищников) и редуцентов. Однако, в конечном счете почти все питательные вещества возвращаются в цикл (по Дж. Вудвеллу, 1972)

Для цепей выедания Линдеман Л. (1942) вывел «закон десяти процентов». Согласно этому закону, в цепях выедания от 10 до 20 % энергии, связанной растительным сообществом, может быть передано травоядным, а 10 – 20 % энергии, поступающей в сообщество травоядных, может быть перенесено на первый уровень хищников и т. д. Пищевые цепи разложения не менее важны, чем цепи выедания. На суше эти цепи начинаются с мертвого органического вещества: листьев, кусочков коры и ветвей. В воде они начинаются с отмерших водорослей, фекальных масс и других органических остатков. Органические остатки могут полностью потребляться бактериями, грибами и мелкими животными – сапрофитами. При этом

выделяется углекислый газ, вода и тепло. Мертвое органическое вещество может поступать и в гораздо более сложные пищевые цепи, потенциально включающие более крупных животных (карп, ракообразные, хищники). Так что, как видим, цепи выедания и разложения тесно переплетаются между собой.

Сколько же энергии фиксируется основными экосистемами биосферы? Несмотря на то, что скорость фиксации энергии изменяется день ото дня, от минуты к минуте, от одной местности к другой, количество энергии зависит и от света, и от концентрации углекислого газа, и от воды и питательных веществ. По данным Дж. Вудвелла (1972), во всех экосистемах Земли, наземных и морских, продуцируется ежегодно 164 млрд. т сухого органического вещества. Причем около трети его образуется в океанах и около двух третей – на суше. Это, так называемая, «чистая продукция», то есть органическое вещество, образовавшееся сверх того, что требуется для поддержания популяций растений. Это та энергия, которая может быть использована консументами (консумент – потребитель – это все животные, человек, микроорганизмы, осуществляющие разложение органических остатков). По сути дела вся чистая продукция Земли ежегодно потребляется в процессе дыхания всех других организмов, кроме зеленых растений. При этом образуется углекислый газ, вода и тепло, излучаемое обратно в космос. Энергия, не использованная консументами, запасается в тканях живых организмов или в гумусе и органических осадках.

ТЕМА 8. ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАЗВИТИЯ БИОСФЕРЫ

Носителем наиболее своеобразных и характерных особенностей Земли является её географическая (ландшафтная) сфера. В пределах этой сферы происходит не только тесное соприкосновение трёх геосфер – нижних разделов атмосферы, гидросферы и земной коры, но и частичное перемешивание и обмен твердыми, жидкими и газообразными компонентами. Ландшафтная сфера поглощает основную часть лучистой энергии Солнца в пределах волн видимого диапазона и воспринимает все прочие космические влияния. В ней же проявляются тектонические движения, обязанные энергии радиоактивного распада в недрах Земли и т. д. Энергия различных источников претерпевает в пределах ландшафтной сферы многочисленные трансформации, превращаясь в тепловую, молекулярную, химическую, кинетическую, потенциальную, электрическую формы энергии. В результате этого в этой сфере сосредоточивается тепло, притекающее от Солнца, и создаются разнообразные условия для живых организмов. Географической оболочке свойственны целостность, обусловленная связями между её компонентами, и неравномерность развития во времени и пространстве. Неравномерность развития во времени выражается в присущих этой оболочке направленных ритмичных (суточных, месячных, сезонных, годовых и т.п.) и неритмичных (эпизодических) изменениях. Как следствие этих процессов формируются разновозрастность отдельных участков географической оболочки, унаследованность хода природных процессов, сохранение реликтовых черт в существующих ландшафтах.

Благодаря разнообразию условий, создаваемых рельефом, водами, климатом и жизнью, ландшафтная сфера пространственно дифференцирована сильнее, чем во внешних и внутренних геосферах (кроме верхней части земной коры), где материя в горизонтальных направлениях отличается относительным однообразием.

Неравномерность развития географической оболочки в пространстве выражается прежде всего в проявлениях горизонтальной зональности и высотной поясности. Местные особенности (условия экспозиции, барьерная роль хребтов, степень удаления от океанов, специфика развития органического мира в том или ином районе Земли, усложняют структуру географической оболочки, способствуют образованию аazonальных, интразональных, провинциальных различий и приводят к неповторимости как отдельных регионов, так и их сочетаний.

Великий русский ученый, геолог, почвовед, В.В. Докучаев в своей знаменитой работе «Учение о зонах природы» показал, что почвы, растительность, животный мир размещены на поверхности планеты не хаотично, не беспорядочно, а в строгой географической закономерности, последовательно изменяясь в направлении с севера на юг. В такой же последовательности изменяется и климат (распределение тепла и влаги). В результате на

сферической поверхности планеты сформировались широтные природные пояса.

8.1. Климатические пояса

По характеру климата на сферической поверхности планеты Земля выделяются семь широтных поясов (по Алисову):

1. экваториальный,
2. экваториальных муссонов,
3. тропический,
4. субтропический,
5. умеренный,
6. субарктический (субантарктический),
7. арктический (антарктический).

Границы размещения климатических поясов имеют сложную конфигурацию. Что зависит от размеров и конфигурации континентов, а также от наличия на них горных сооружений и соседством с прилегающими океанами (теплый океан или холодный). Горные сооружения нарушают границы и климатических, и в целом природных широтных поясов. Объясняется это тем, что горные сооружения задерживают воздушные потоки и изменяют их направление.

Рассмотрим, например, значение абсолютной высоты рельефа.

Известно, что с изменением высоты местности меняется температура. Это связано с тем, что хотя с высотой увеличивается сумма солнечной радиации в связи с разреженностью атмосферы, уменьшением водяных паров и запыленностью воздуха, но по этой же причине увеличивается излучение тепла. Потеря тепла превышает его поступление. В среднем в горах на каждые 100 м температура уменьшается на $0,5^{\circ}\text{C}$. С высотой не только увеличивается интенсивность солнечного излучения, но и повышается значение ультрафиолетовой (коротковолновой) части спектра. В итоге в горах возникает сложное явление вертикальной зональности (поясности) почвенного и растительного покрова.

Неоднозначна роль рельефа и в перераспределении солнечной энергии. Перераспределение солнечной энергии на земной поверхности зависит от расчлененности рельефа, крутизны склонов гор и возвышенностей и их экспозиции. В северном полушарии меньше тепла получают северные склоны. Например, в Альпах на высоте 900 м и глубине 80 см на склоне северной экспозиции температура почвы зимой бывает 4°C , а летом 15°C . На склоне южной экспозиции – зимой 5°C , летом она достигает 19°C . Замечено, что крутые склоны южной экспозиции летом находятся в менее выгодном положении, так как полуденные лучи поступают на поверхность крутого склона под тупым углом. Зимой, наоборот, крутой склон получает радиационной энергии в несколько раз больше, чем горизонтальная поверхность. Эти явления обуславливают формирование местного климата. В пределах местного климата формируется ещё и микроклимат.

Климат (дословно: наклон поверхности к солнечным лучам, а следовательно, способность нагреваться) в современном понимании отражает физическое состояние атмосферы (физику атмосферы). Физики атмосферы – это направление воздушных потоков, температура и влажность воздуха, количество и характер распределения атмосферных осадков, солнечная радиация. Интегрально климат можно выразить через гидротермический коэффициент. Важные составляющие климата тепло и влага оказывают прямое влияние на проявление природных процессов (почвообразовательных, микробиологических, роста и развития организмов и т. д.). Климат является одним из главных факторов, влияющих и на интенсивность развития природных процессов и на их дифференциацию в пространстве и во времени. Этим объясняется широтная поясность проявления всех природных процессов, которые отображаются как широтные пояса или широтные зоны. В пределах горных сооружений климат изменяется в направлении снизу вверх, как бы повторяя климатические пояса, сменяющиеся в направлении с юга на север. С поднятием высоты местности уменьшается количество тепла и увеличивается влажность воздуха. Абсолютная высота местности, степень расчлененности горного сооружения и его ориентация относительно «север – юг» обуславливают дифференциацию климата, формируют серию местных климатов. Дифференциация климата оказывает влияние и на дифференциацию растительного и почвенного покрова. Эти явления привели к формированию вертикальных природных поясов.

8.2. Почвенные широтные зоны и вертикальные почвенные пояса

Для почвенного покрова суши также характерна широтная зональность, а в горах она выделяется как вертикальная почвенная поясность. На суше планеты выделяются десять широтных зон со следующим набором почв:

1. арктическая пустынная (арктическо-пустынные почвы);
2. арктическая тундровая (арктическо-тундровые почвы);
3. тундровая (тундровые почвы);
4. таежная (подзолистые и дерново-подзолистые почвы);
5. лесостепная (серые лесные почвы, бурые лесные почвы и черноземы);
6. зона луговых степей (черноземы);
7. зона сухих степей (каштановые почвы);
8. зона пустынь и полупустынь (бурые полупустынные почвы);
9. зона сухих субтропиков (серозёмы, коричневые, краснозёмы);
10. зона субтропических и влажных тропических лесов (краснозёмы, желтозёмы).

Как видим, для каждой почвенной зоны характерен свой спектр (набор) почв, которые и образуют структуру почвенного покрова. Наиболее сложная

структура почвенного покрова отмечается на контактах (переходах) смежных почвенных зон и наиболее простая она в центральных частях почвенных зон.

На горных сооружениях почвенные пояса как бы повторяют широтную зональность. На различных горных сооружениях количество вертикальных почвенных поясов неодинаково, что зависит от местоположения горного сооружения в той или иной широтной зоне. Внутри каждого вертикального почвенного пояса формируется своя структура почвенного покрова, которая зависит от высоты местности. Широтные почвенные зоны протянулись на континентах в направлении с запада на восток. Ширина зоны не остается постоянной. Она то сужается, то, наоборот, расширяется. В пределах широтных зон выделяются почвенные провинции, почвенные фации, почвенные области.

8.2.1. Закономерности пространственного распространения почв

Начиная с первого опыта В.В. Докучаева (1899) предпринимаются попытки составления почвенных карт мира. Каждая мировая почвенная карта отражает определенный этап в познании почв. Наиболее крупным достижением географической науки и картографии является почвенная карта мира, составленная И.П. Герасимовым (1964). Почвенный покров различных материков заметно различается. На крупнейшем массиве суши – Евразии он самый разнообразный. В северной части Западной Европы преобладают дерново-подзолистые почвы. Лишь на крайнем севере Скандинавии и на полярных островах развиты тундровые и арктические почвы. К югу от зоны дерново-подзолистых почв располагаются лесные бурозёмы, а ещё южнее, в области сухого Средиземноморья, – коричневые почвы сухих субтропических лесов и кустарников.

Восточная часть Европы является территорией полного развития почвенных зон от тундровой до сухостепной. На крайнем юге присутствуют коричневые почвы сухих субтропических лесов.

На пространствах Западной Сибири, казахстанских и среднеазиатских равнин также хорошо прослеживается зональность почв от тундровых почв на побережье Ледовитого океана до серо-бурых почв пустынной зоны.

В почвенном покрове Восточной Сибири под влиянием особых условий (резкой континентальности, многолетней мерзлоты, особенностей состава почвообразующих пород) развиваются таежно-мерзлотные и палевые почвы, а также горные почвы.

На территории влажной приокеанической (дальневосточной) части таежной зоны распространены дерновые почвы.

Центральная Азия несет почвенный покров субтропических пустынных и пустынно-степных почв. Эти почвы распространяются и на запад, в страны Ближнего Востока (Сирия, Ливан, Палестина), на территории которых появляются почвы сухого Средиземноморья.

На Дальнем Востоке и полуострове Корея распространены бурые лесные почвы, которые к югу, в восточных районах Китая, сменяются почвами засушливых и переменно-влажных субтропиков.

На площади Южного Китая развиты субтропические красноземы и желтоземы. В Индии, Юго-Восточной Азии и Индонезии широко распространены желтые и красные ферраллитные тропические почвы с массивами черных почв.

Область пустынно-степных почв Центральной Азии отделена от красных тропических почв Южной Азии Тибетом и Гималаями с развитыми здесь горно-пустынными и горно-луговыми почвами.

Красные и желтые ферраллитные почвы распространены в северной части Австралии. Южнее они сменяются красными и красно-бурыми почвами сухих тропических лесов и саванн. Центральные районы Австралии заняты пустынными почвами, характерной чертой которых является обилие мелкообломочного материала древних железистых кор выветривания в составе песков («красные пустыни»). Под влиянием особенностей рельефа почвенные зоны в восточной части Австралии приобретают меридиональное направление. В приокеанической полосе распространены красные почвы влажных тропических и субтропических лесов. Система Восточно-Австралийских гор несет покров бурых лесных почв, а западнее расположены почвы саванн и коричневые почвы сухих лесов и кустарников.

Широтная зональность почвенного покрова чрезвычайно характерна для Африки. На севере этого континента развиты коричневые почвы сухих субтропических лесов и кустарников, сильно разрушенные и опустыненные. Южнее располагается колоссальная пустыня Сахара с районами горно-пустынных почв и солончаков. Южная периферия этого пространства ограничена зоной красно-бурых почв сухих саванн, которые южнее сменяются зоной красных почв высокотравных саванн с массивами черных тропических почв. В бассейне Конго и по западному побережью Африки развиты красные и желтые ферраллитные почвы постоянно влажных тропических лесов и крупные массивы ферраллитно-глеевых и болотных почв. Южнее вновь повторяются почвенные зоны, распространенные в северной половине Африки: зоны красных ферраллитных почв высокотравных саванн, коричнево-красных и красно-бурых почв сухих саванн. На самом юге Африки, в районе Капских гор, развиты бурые лесные почвы типа западно-европейских буроземов.

Почвенный покров Северной Америки имеет много общего с почвами северной части Евразии. На крайнем севере материка и в Арктическом архипелаге распространены арктические и тундровые почвы. На западном побережье Аляски сформированы своеобразные дерновые почвы, напоминающие дерновые почвы Камчатки. Равнинная часть Канады покрыта подзолистыми почвами, приатлантическая часть США – бурыми лесными. Около 50⁰ с.ш. широтная зональность почв Северной Америки меняется на меридиональную. В центральной части материка располагаются каштановые почвы аридных степных ландшафтов, а к востоку – черноземы и черноземовидные почвы прерий. На юго-востоке, в приатлантической части и по побережью Мексиканского залива распространены субтропические желтоземы и красноземы. На западе Северной Америки развиты горные

почвы: горно-подзолистые на севере, горно-черноземные и горно-коричневые – на юге. В почвенном покрове Центральной и Южной Америки преобладают тропические ферраллитные почвы. Здесь широко распространены красные и желтые почвы влажных тропических лесов. В ландшафтах сухих степей и прерий формируются черные и красновато-черные почвы, в области полупустынных степей – почвы типа каштановых. В Андах развиты горно-пустынные почвы. На Тихоокеанском побережье Южного Перу и Северного Чили расположена приокеаническая пустыня, известная своими нитратными солончаками.

О соотношении площадей распространенных почв на отдельных континентах и на всей суше в целом можно ориентировочно судить по данным табл. 9.

8.3. Растительные пояса

Открытие В.В. Докучаевым географических зон как целостных природных комплексов было одним из крупнейших событий в истории географии. Принципиально новый шаг в проблеме зональности был сделан А.А. Григорьевым и М.И. Будыко (1956), которые подвели под явления зональности физический и количественный базис и сформулировали *периодический закон географической зональности*. Они предложили так называемый радиационный индекс сухости (К), который выражен отношением годового радиационного баланса (R, ккал/см² в год) к скрытой теплоте испарения и годовой сумме атмосферных осадков. Величина индекса сухости определяет тип ландшафтной зоны, а величина радиационного баланса – конкретный характер и облик зоны.

Таблица 9

Распространение почв на земном шаре (в % от общей площади)
(по Л.И. Прасолову и Н.Н. Розову)

Почвы	Евразия	Африка	Сев. Америка	Юж. Америка	Австралия	Суша в целом
Тундровые	3	-	17	-	-	4
Подзолистые	16	-	23	-	-	9
Серые и бурые лесные	7	9	6	8	7	7
Черноземы и черные тропические	6	7	7	5	4	6
Каштановые красно-бурые	7	9	7	6	10	7
Пустынные	15	37	7	3	44	17
Красноземы и латериты	9	29	10	59	25	19
Аллювиальные	4	6	1	7	-	4
Горные	33	3	14	12	10	16
Вечные снега и ледники	-	-	8	-	-	11

Например, наименьшим значением К (до 1/3) соответствует тундра, значениям индекса (от 1/3 до 1) – лесная зона, от 1 до 2 – степная зона, больше 2 – полупустынная и больше 3 – пустынная зона. Однако в лесной зоне по различной величине радиационного баланса (с севера на юг) сменяются следующие типы лесных формаций: тайга, смешанные и широколиственные леса, субтропические леса, муссонные леса и экваториальные влажные тропические леса.

Говоря о распределении растительности на суше планеты, следует подчеркнуть, что она четко диагностирует природно-климатические пояса. Растительность хорошо отражает распределение тепла и влаги на сферической поверхности планеты. Поэтому растительные зоны отражают положение климатических поясов и почвенных зон. Отмечается полное совпадение этих поясов и зон. В частности выделяются следующие растительные пояса, которым соответствуют почвенные зоны и климатические пояса (табл. 10). В пределах каждого растительного пояса существует многообразие растительных ассоциаций (биогеоценозов) и их сочетаний. Биогеоценоз формирует свой микроклимат, а группа биогеоценозов может формировать местные климаты. Для каждого биогеоценоза характерны свои почвы, свой животный мир и форма рельефа. Б.Б. Полынов все эти сочетания объединил единым понятием «элементарный ландшафт».

Зональность проявляется и в гидрологических процессах. Зональными чертами обладают минерализация и глубина залегания подземных вод – от ультрапресных в близких к земной поверхности в тундре и экваториальных лесах до солоноватых и соленых глубокозалегающих – в полупустынях и пустынях.

Таблица 10

Взаимосвязь почвенной, растительной и климатической зональностей

Растительные пояса	Почвы	Климатические пояса, зоны
Арктические пустыни и арктические тундры	Арктические и аркто-тундровые	Пояс арктического климата
Тундры	Тундровые глеевые, тундрово-иллювиально-гумусовые	Пояс субарктического климата
Тайга	Подзолистые, дерново-подзолистые	Пояс климата умеренных широт, зона гумидного климата
Лесостепь	Серые лесные, черноземы	Пояс климата умеренных широт, зона гумидного климата
Луговая степь	Черноземы типичные	Пояс климата умеренных широт, зона гумидного климата
Сухая степь	Каштановые	

Пустыня и полупустыня	Бурые полупустынные засоленные	Пояс климата умеренных широт, зона аридного климата
Сухие субтропики	Сероземы, коричневые	
Влажные субтропики и тропики	Красноземы, желтоземы	Пояс субтропического, тропического экваториального климата

Зональность отражается и на водном режиме рек, зависящем от условий их питания. Первая классификация рек по типам питания и водному режиму была разработана А.И. Воейковым (1884). Принципы её получили дальнейшее развитие в современной классификации рек М.И. Львовича. На основании главных закономерностей водного режима выделяются основные типы рек мира:

- экваториальный – питание только дождевое, обильное в течение всего года, преобладает осенний сток (Амазонка, Конго, Голубой Нил);
- субэкваториальный и тропический – преимущественно дождевое питание с преобладанием летнего (Парана, Ориноко, Замбези) и осеннего стока (Нигер, Нил с притоками);
- субтропический – дождевое питание (основная масса осадков выпадает зимой) с преобладанием зимнего стока (Тибр, Арно, Муррей);
- умеренный – для него характерны различные источники питания, значительные колебания уровня и водности речных систем. Представлены реки снегового питания с преобладанием весеннего стока (Волга, Днепр, Дон, Обь, Енисей, Миссисипи) и реки дождевого питания с доминированием весеннего стока (Эльба, Одер, Дунай, Висла);
- субарктический – преимущественно снегового питания с летним стоком (Юкон, Колорадо, Виллой, Колыма).

Иногда в определенных физико-географических условиях возникают особые типы рек – с озерным или горным водным режимом.

Все изложенное свидетельствует о том, что в биосфере, как геологической оболочке планеты Земля, все природные явления, все компоненты биосферы взаимосвязаны, взаимообусловлены и взаимно воздействуют друг на друга. Это наглядно представлено на примере «элементарного ландшафта», формулировку которому предложил Б.Б. Полынов: «Элементарный ландшафт – это определенная форма рельефа, сложенная однотипной горной породой, покрытая одним типом почв и однотипной растительной ассоциацией». В зависимости от размеров все ландшафты (биогеоценозы, экосистемы) образуют уровни, определенную иерархию. Самый низкий уровень этой иерархии – элементарный ландшафт, самый высокий – биосфера. Каждый уровень организации биосферы представляет собою совокупность всех компонентов горных пород. Почв. живого вещества, часть атмосферы и природную воду. Взаимодействие этих компонентов и есть функционирование экосистем разных уровней. Наиболее крупными экосистемами следует считать континенты и океаны.

8.4. Взаимоотношения континентов и океанов

Широтные природные пояса (или зоны) выражены на поверхности суши сложной конфигурацией. Это обусловлено размерами и очертаниями континентов, а также их ориентацией по отношению к океанам. Размеры разных континентов неодинаковы. Все они, по определению А.М. Рябчикова, имеют форму капли. Идеальным в этом отношении является континент Африка. Евроазиатский континент также имеет форму капли, но с более расширенными «плечами», а у континентов Северной и Южной Америки, наоборот, капля растянута книзу. Вместе с этим разные континенты имеют разные соотношения с океаном. Так, Австралия омывается океаном со всех сторон. С трех сторон омывается Североамериканский континент, а Евразия – только с двух сторон. При этом одни континенты омываются теплыми океанами, другие – холодными. Такие взаимоотношения континентов и океанов оказывают большое влияние на расположение природных поясов, их конфигурацию и протяженность. Поэтому одни природные пояса сформированы на всех континентах, другие же лишь фрагментарно, нередко выклиниваясь и исчезая. Так, бореальный гумидный климат на побережьях сменяется муссонным климатом. Бореальный аридный климат наиболее хорошо выражен в центральных частях континентов, тогда как на их окраинах (на контакте с океаном) он также сменяется сначала бореально-гумидным, а затем муссонным.

В жизни биосферы, помимо явлений, подчиняющихся закону зональности, не менее важную роль играют процессы аazonальности, то есть не зависящие от распределения солнечной радиации. Это движения земной коры, образование складок, разломов, горных сооружений, вулканизм, цунами, землетрясения и связанные с ними оползни, снежные лавины и т.д.

Все разнообразие земной поверхности, отраженное в различии географических ландшафтов, есть результат сочетания и взаимодействия зональных и аazonальных факторов. Аazonальные влияния на географическую зональность выражаются в формировании высотной поясности и в разделении географических зон на провинции на основе рельефа, состава горных пород и распределения суши и моря.

Пояса, аналогичные географическим поясам суши, прослеживаются и в Мировом океане. Их положение определяется теплом, испарением, облачностью, соленостью и плотностью воды, которые в основном являются функцией радиационного баланса; господствующими ветрами и морскими течениями; вертикальной циркуляцией воды, содержанием в ней кислорода, планктона и высших организмов, а на дне также бентоса. Обычно эти условия изменяются с широтой постепенно, а морские течения, подчиняясь силе Кориолиса и в соответствии с очертанием берегов, выходят за пределы поясов господствующих ветров и оказывают существенное влияние в других поясах. Поэтому для определения границ географических поясов в океане более важны линии конвергенции (сходимости) основных водных масс, кромки многолетних (летом) и сезонных (зимой) льдов в приполярных

областях, широтные оси центров действия атмосферы. По ту и другую сторону от этих осей ветры имеют (при господствующем западно-восточном переносе) противоположное направление.

ТЕМА 9. ПОНЯТИЕ О НООСФЕРЕ И ОСОБЕННОСТИ ЕЁ РАЗВИТИЯ

9.1. История вопроса

Из материала предыдущих тем нам известно, что биосфера – оболочка Земли, включающая пять геосфер. В этой оболочке Земли активно проявляется жизнь и наиболее сильнодействующей силой является живое вещество. Развитие биосферы идет по законам природы, а именно:

а) развитие во всех геосферах и особенно развитие живого вещества идет от простого к сложному;

б) усложнение выражается не только в усложнении состава и строения, но и, главным образом, в увеличении разнообразия;

в) в структуре «разнообразия» наблюдаются плавные переходы между различными формами, как в их строении, так и в составе, свойствах, а главное – в функционировании;

г) существующие формы «разнообразия» закономерно изменяются в пространстве, образуя широтную зональность и вертикальную поясность;

д) живое вещество и другие компоненты биосферы устойчивы в своем развитии, способны восстанавливаться и саморегулироваться;

е) между всеми компонентами биосферы установилось устойчивое равновесие в их взаимосвязях и взаимоотношениях.

В процессе длительного развития биосфера постоянно эволюционировала, переходя от одного состояния в другое. Наибольшие эволюционные изменения происходили с живым веществом, которое в процессе развития увеличивало своё биоразнообразие и все более и более усложнялось. Это усиливало энергетическое воздействие на мертвую материю и в целом усложняло состав, структуру и свойства всей биосферы, как геологической оболочки планеты. Среди живого вещества неуклонно прогрессировало развитие организмов, обладающих нервной системой. Нервная система во времени необратимо усложнялась, что привело к возникновению мозга. Мозг также постоянно усложнялся и совершенствовался. В итоге появился разум. Поэтому разум – это явление космогенное и неизменное для развития биосферы. Разум сделал человека (и человечество в целом) мощной геологической силой, способной воздействовать на состояние биосферы.

Здесь следует подчеркнуть, что только разум, а не мышечная деятельность человечества сделал человека сильной геологической силой. Человечество – часть живого вещества и поэтому положение В.И. Вернадского о геологической роли живого вещества полностью сохраняет своё значение. И для нас методологически возможным является понимание того, что человечество – это лишь одна из форм живого вещества, его часть. Благодаря разуму, а не мышечной деятельности человек стал активно видоизменять сложившееся состояние биосферы. Это стало заметно проявляться примерно четыре тысячи лет тому назад, когда в античных

государствах землепашцы активно видоизменяли природу долин Нила в Египте, Амударьи – в древнем Хорезме, Тигра и Евфрата – в Вавилоне. А в XX веке человек стал главной геологической силой в биосфере. Человек своим разумом создал мощную технику для извлечения из недр полезных ископаемых, для строительства городов и промышленных объектов, для ведения войн. Человек, стремясь создать себе комфортные условия жизни, начал интенсивно использовать природные ресурсы. Это привело к сведению лесов на значительных площадях, изменению рельефа местности, спрямлению русел рек. Исчезновению отдельных видов животных и растений. Наступавшие изменения в биосфере явились для ученых основанием выделить в геологической хронологии новую эру.

Русский геолог А.П. Павлов назвал её антропогенной, французский геолог Д. Леконт и американец Ч. Шухерт – психозойской эрой. На это новое состояние обратил серьезное внимание и В.И. Вернадский при разработке учения о биосфере. Поводом для В. И. Вернадского послужил материал о последствиях первой империалистической войны и воздействие её на биосферу. В связи с этим В.И. Вернадский записал, что последствия войны изменили «в корне моё геологическое миропонимание». «Человечество, взятое в целом, - писал В.И. Вернадский, - становится мощной геологической силой. И перед ним, перед его мыслью и трудом становится вопрос о перестройке биосферы в интересах свободно мыслящего человечества, как единого целого».

Разумная деятельность человечества, как части живого вещества, стала наимогущественнейшей геологической силой на планете Земля. И на основании этого В.И. Вернадский пришел к выводу о том, что биосфера под воздействием разума человека переходит в новое состояние. Это новое состояние биосферы французские ученые Эле Руа и Тейяр де Шарден, после прослушивания лекций В.И. Вернадского в Сорбоне, предложили назвать «ноосферой», от слова «ноос» - разум. В.И. Вернадский этот термин принял и ввел в науку, создав новое направление в науке – учение о ноосфере.

Дословно понятие «ноосфера» означает «сфера разума». Исходя из этого, некоторые ученые считают, что «ноосфера» - это «мыслящая оболочка». С этим согласиться нельзя, так как «оболочка» не способна мыслить. В.И. Вернадский везде подчеркивал, что ноосфера – это новое состояние биосферы, это стадия эволюционного развития биосферы под воздействием разума человека, где человечество выступает как наимогущественнейшая геологическая сила.

9.2. Влияние антропогенных факторов на компоненты биосферы

9.2.1. Загрязнение гидросферы

Под загрязнением гидросферы (или природных вод) понимается введение человеком в неё инородных веществ, снижающих качество воды для употребления живыми организмами. Выделяют следующие виды загрязнения гидросферы: биологическое, химическое и механическое.

Биологическое загрязнение возникает в результате стока органических веществ обычно в бессточные водоемы, где возникает биологическое брожение. Оно может возникать и в реках с тихим течением и в прибрежной части моря. Источником загрязнения являются городские и промышленные сточные воды, содержащие пищевые отходы, отходы сахарных заводов, целлюлозно-бумажных комбинатов, скотобоен, сыроварен и т.п. Биологическое загрязнение вод обуславливает возникновение и распространение таких заболеваний как гепатит, холера, тиф, дизентерия и кишечные инфекции. Загрязненные воды опасны для купающихся в таких водоемах, для потребителей морепродуктов.

Химическое загрязнение вод вызывается попаданием в них различных химических соединений в виде удобрений, отходов промышленности и автотранспорта и др. Наиболее распространенные загрязнители – нитриты, фосфаты, углеводороды, тяжелые металлы, радионуклиды, фосфорорганические соединения (моющие средства), пестициды, гербициды. Одним из главных загрязнителей гидросферы являются углеводороды (нефть и нефтепродукты), которые поступают в природные воды при добыче и транспортировке, при авариях и т.д. По данным А.И. Перельмана (1973), ежегодное потребление нефти близко к $1 \cdot 10^9$ т, угля $2 \cdot 10^9$ т, что соответствует ежегодному поступлению в атмосферу $8-9 \cdot 10^9$ т CO_2 . То есть углерод снова соединяется с кислородом, входит в состав углекислого газа, начинает новое странствие в земной коре. Выхлопные газы автотранспорта выбрасывают свинец. Его содержание в водах северной Атлантики за последние 45 лет увеличилось более чем в 7 раз. Высокотоксичной для природных вод является ртуть. Её применение в промышленности с 50-х годов увеличилось более чем в два раза. Ежегодно с речным стоком в океан поступает до 5000 т ртути. Загрязнение вод синтезированными органическими веществами включает в себя моющие вещества, пестициды, полихлорбифенилы. Моющие вещества содержатся в бытовых и промышленных сточных водах. В больших количествах моющие вещества применяются для диспергирования и эмульгирования нефти, для отмывания пляжей. Естественное очищение загрязненных вод от углеводородов идет следующим путем. Легкие фракции испаряются. Оставшиеся фракции подвергаются биodeградации различными аэробными бактериями и грибами. Оставшийся битум заглатывается рыбами и через пищевые цепи попадает к человеку. Кроме этого, битум вызывает слипание перьев водоплавающих птиц, потерю ими теплоизоляции и, как следствие, гибель от переохлаждения. При попытке птиц очиститься от битума, он попадает в организм, что вызывает отравление. При загрязнении вод моющими веществами исчезают моллюски, ракообразные и рыбы. Моющие вещества хорошо адсорбируются песком, илом и длительное время сохраняются в них, нанося вред всей окружающей среде.

Механическое загрязнение вод – это накопление в воде нерастворимых твердых минеральных веществ в результате развития эрозии почв, при сбросе в реки отходов производства, при разработке карьеров, шахт, угольных разрезов.

9.2.2. Загрязнение атмосферы

Загрязнение воздушной среды идет за счет выбросов предприятий металлургической, химической, перерабатывающей промышленности, железнодорожного и автомобильного транспорта, цементных заводов, тепловых котелен, бытовых печных труб и т.п. Общий объем загрязняющих веществ в атмосфере составляет 900 млн. тонн. Они имеют разный состав и происхождение.

Благодаря различным физико-химическим процессам часть выбросов возвращается на поверхность планеты. Это могут быть твердые золотые осадки, кислые дожди, содержащие H_2SO_3 (и даже H_2SO_4). Сернистая (и серная) кислота оказывает угнетающее воздействие на растительность, что через трофические цепи воздействует на живые организмы, включая человека. В больших промышленных городах нередко образуется смог, снижающий солнечную радиацию на 30-40 % и ухудшающий состояние здоровья людей. Развития атомной энергетики и непредвиденные аварии на атомных станциях, испытания ядерного оружия привели в отдельных регионах к загрязнению педосферы, части биоты и атмосферы радионуклидами, что опасно для жизни всей биоты на планете.

9.2.3. Изменения в литосфере под воздействием антропогенных факторов

Под воздействием антропогенных факторов в приповерхностной части земной коры (как части литосферы) идут самые разнообразные изменения:

- нарушается устойчивость минералов - биофилов;
- извлекаются из недр минеральное сырьё и горючие ископаемые;
- создаются полости в виде шахт, штолен, тоннелей и т.п.;
- увеличиваются внешние нагрузки на единицу площади вследствие воздвигаемых человеком сооружений (города, промышленные объекты, транспортные магистрали);
- перемещаются на большие расстояния минеральное сырьё и горючие ископаемые, а затем в виде изделий, выбросов заводских труб, твердых отходов переработки рассеиваются на больших территориях.

Рассмотрим кратко эти процессы. Начнем с процесса разрушения минералов в агрогенно-измененных почвах. Многовековая история землепользования на Руси свидетельствует о том, что поселения оседали на плодородных землях и покидали их как только земли истощались. Что значит истощались? С позиций почвоведов – минералогов это означает истощение (исчезновение) компонентов почвенного естественного плодородия – минералов - биофилов, несущих элементы питания растений. Возникает необходимость в определении понятия *устойчивости минералов*.

Устойчивость минералов – это их способность противостоять внешним воздействиям (физическим, химическим), и зависит она от свойств среды, свойств минералов и продолжительности воздействия на них. Предложены ряды устойчивости на основании анализа минералов, как поставщиков элементов. Так, для минералов – поставщиков природного

калия составлен ряд калийсодержащих минералов по их устойчивости к агентам выветривания:

1. биотит – флогопит;
2. смешанно – слойные биотит – вермикулиты;
3. глаукониты;
4. смешанно - слойные слюды – смектиты с мусковит – серицитовым пакетом;
5. мусковиты, серициты, диоктаэдрические гидрослюды;
6. ортоклаз, микроклин.

Все минералы начинают изменяться после внесения в почву различных удобрений, особенно физиологически кислых, которые подкисляют почву. Причем в первую очередь начинают реагировать на подкисление минералы со смектитовым пакетом (в ряду № 4). Процесс десмектизации – разрушение или вынос минералов смектитового типа можно разделить на несколько стадий. Вначале (I стадия) происходит разупорядочивание структур минералов, связанное с переходом минералов в дисперсное или супердисперсное состояние. На II стадии эти продукты разрушаются до элементарных составляющих с последующим выносом в элювиальную часть профиля. Снижение смектитового минерала приводит к уменьшению ёмкости катионного обмена. Наиболее сильные преобразования отмечались на полях с повышенными дозами минеральных удобрений. Именно в таких почвах фиксируются деградационные процессы, в том числе дегумификация, обесструктурирование.

Рассмотрим влияние на литосферу строительства. Городское, особенно высотное, строительство создает под зданиями зоны сжатия и сдвига. Глубина зон достигает 2-50 м. Под каждым зданием формируется осадочная воронка 0,1-6 м. Не только отдельные здания, но и города в целом воздействуют своей массой на поведение верхних участков земной коры. Эти участки периодически опускаются и поднимаются, чаще всего за счёт морозного пучения. Города находятся в своеобразных «чашах» опускания. За их пределами имеется кольцевая зона поднятия. Она свидетельствует о существовании компенсационных тектонических движений. Зона опускания формируется в результате как сжатия и уплотнения пород, так и общего тектонического опускания под влиянием массы города. Зона поднятий возникает вследствие упругих свойств земной коры как компенсация тектонического опускания. Таким образом, постоянные поверхностные нагрузки, создаваемые инженерно-строительной деятельностью, способствуют быстрому изменению строения земных масс верхней части литосферы. Данные нагрузки являются постоянными. Но нужно помнить, что часто для промышленных объектов характерно присутствие и переменных нагрузок. Например, вибрация, которая создается работой тяжелых механизмов, движущимся транспортом, взрывами и т.д. Вибрация – это искусственное землетрясение не катастрофического характера. Вибрации могут быть причиной нарушения строения отдельных участков литосферы. Так, в водохранилищах постоянная статическая нагрузка объема воды на

земную кору и динамическое движение её масс разрушают берега, оказывают влияние на более глубоко залегающие породы, меняя их структуру. Динамические нагрузки приводят к опусканию в городах и на промышленных площадках участков поверхности. А вибрация городского транспорта проникает на глубину до 70 м.

При подземной выемке твердых полезных ископаемых образуются пустоты, объем которых соответствует объему вынутой горной массы. При удалении жидких или газообразных наполнителей образуется множество пор. Они гидравлически взаимосвязаны в пластах определенного строения и литологического состава. Поэтому в любое время могут быть вновь заполнены, вплоть до восстановления своего первоначального состояния. В последующие годы в результате интенсивной добычи нефти и газа происходит быстрое опускание значительных участков верхней части литосферы за счет уплотнения систем трещин и пор в земных массах. В результате искусственного освобождения пустот при эксплуатации подземных вод, жидких и газообразных полезных ископаемых, залегающих преимущественно в осадочных породах, процессы изменения внутрипластового давления влекут за собой цепную реакцию других нарушений. Изменяется термический, газовый и геохимический режимы в верхней части литосферы; исчезают родники, мелеют реки и озера; развивается карст.

Как видим, верхняя часть земной коры подвергается химическим и механическим воздействиям, что приводит к образованию новых форм рельефа (карьеры, терриконы, провальные лога и ложбины, плотины, дамбы, дражные поля и др.). Производимые человеком в военных и промышленных целях работы обуславливают образование трещин в горных породах. Это способствует ускорению процессов выветривания горных пород. В результате усиливаются процессы образования оползней, обвалов и селевых потоков

Процессы, возникающие в коре выветривания под воздействием антропогенных факторов в условиях ноосферы – явление неизбежное, так как человек постоянно будет использовать для своих нужд минеральное сырье и горючие ископаемые. Однако этот процесс должен носить конструктивный характер и главными условиями и требованиями при этом должны быть в виде двух положений:

- экономное расходование минерального сырья и горючих ископаемых;
- безотходные технологии переработки полезных ископаемых.

9.2.4. Влияние антропогенных факторов на педосферу

Педосфера в условиях ноосферы подвергается различным формам воздействия со стороны антропогенных факторов. Антропогенные факторы отражают характер хозяйственной деятельности людей, что имеет прямую взаимосвязь с особенностями изменений в педосфере. В настоящее время выделяется несколько типов антропогенных факторов. Они разделяются на сильно воздействующие и слабо воздействующие. К *слабо воздействующим*

относятся: внесение минеральных удобрений, развитие химической, текстильной промышленности, вырубка лесов, отчуждение урожая. Эти факторы не вызывают быстрых изменений в свойствах почв. Они протекают медленно. К *сильно воздействующим* относятся факторы: механическая обработка почв, мелиорация, развитие горнорудной промышленности, урбанизация. Эти факторы оказывают быстрое и резкое изменение на свойства почв, вплоть до их уничтожения.

Под влиянием перечисленных факторов педосфера испытывает колоссальную нагрузку и как бы сокращает свою площадь, уступая место техносфере. Стратегия техносферы – снижение биоразнообразия. Биосфера частично проникает в техносферу, заселяя её видами живых организмов, приспособившихся к новым условиям жизни. Один из главных элементов в конкуренции биосферы и техносферы – почвенные ресурсы. Техносфере необходимы все новые площади для поселения человека. Поскольку площадь почвенного покрова ограничена, то борьба за эти ресурсы идёт чрезвычайно остро. Она идёт даже на одном сельскохозяйственном поле, где стараются увеличить количество культурных растений за счет сорняков, используя гербициды (Карпачевский, Мотузова, Зубкова, Гончарук, 1998).

В целом результаты воздействия антропогенных факторов на почвы выражаются в трех формах:

1. морфологические изменения в генетических горизонтах и почвенном профиле;
2. изменение химических свойств почв и их химического состава;
3. изменение физических свойств почв, ведущих к изменению их водно-воздушного режима.

Все названные формы приводят к деградации почв, то есть к медленному, постепенному ухудшению различных свойств почв, ведущих к снижению плодородия.

Литература

Беус А.А., Грабовская Л.И., Тихонова Н.В. Геохимия окружающей среды. М.: Недра, 1976.

Биосфера. Перевод с англ. Под ред. чл.-корр. АН СССР М.С. Гилярова. М.: Изд-во «Мир», 1972. 182 с.

Вернадский В.И. Избранные сочинения. В 5-ти т. М.; Изд-во АН СССР, 1954-1960. Т. 1-5.

Димо В.Н. Тепловой режим почв СССР. М.: Колос, 1972. 360 с.

Докучаев В.В. К учению о зонах природы. С.-Петербург, Тип. Сиб. Градонач-ва. Отд. отт. 1899. 28 с.

Дювиньо П., Танг М. Биосфера и место в ней человека. М.: Прогресс, 1973.

Ивлев А.М., Дербенцева А.М. Основы учения о биосфере. Владивосток: Изд-во Дальневост. ун-та, 2002.

Лархер В. Экология растений. пер. с нем. Под ред. д.б.н. Т.А. Роботнова. Изд-во «Мир». М., 1978.

Перельман А.И. Геохимия ландшафта.- Высшая школа, 1966; 1975.

Рамад Ф. Основы прикладной экологии. Л.: Гидрометеиздат. 1981.

Сочава В.Б. Введение в учение о геосистемах. Новосибирск: Наука. 1978.

Чертко Н.К. Геохимия ландшафта. Минск: Изд-во БГУ им. В.И. Ленина. 1981. 250 с.

ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

- Атмосфера 3, 4, 7, 8, 17, 49, 57, 58, 60, 83
Аэрация 41
Биогенные воды 50
Биогенная миграция 68, 69
Биогеоценоз 10, 78, 79
Биокосные тела 5, 7, 9, 17, 49, 60
Биоразнообразие 5, 8, 78, 84
Биосфера 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 16, 17, 33, 57, 64, 72, 78, 82
Биоценоз 10
Вторичные минералы 30, 64
Выветривание:
 - биологическое 25
 - физическое 22, 23
 - химическое 24Генетические горизонты 46
Географическая оболочка 71
Геологическая оболочка 3, 4, 5
Геосистема 10
Геосфера 3, 4, 5, 17, 49, 78
Гидросфера 3, 4, 7, 8, 17, 49, 50, 51, 54, 82
Горные породы 19, 20, 26, 27, 28, 31
Группировка климата 34
Гумус 49, 50
Живое вещество 3, 4, 6, 7, 9, 17, 49, 54, 64, 65, 67
Зоны:
 - климатические 78
 - почвенный 74
 - широтные 74Ионосфера 57, 60
Кларки 28
Классификация вод 52
Круговорот энергии 69
Ландшафтная сфера 71
Литосфера 3, 4, 17, 19, 20, 21, 22, 35, 49, 57, 81, 84
Мезосфера 57, 59
Ноосфера 15, 81, 86
Отложения:
 - ледниковые 32
 - озерные 31
 - пролювиальные 31
 - элювиальные 31Педосфера 3, 4, 5, 6, 8, 17, 33, 49, 86
Первичные минералы 29, 30
Почвенный профиль 46, 47, 48, 49
Пояса:
 - вертикальные 74
 - географические 80
 - климатические 73, 78
 - почвенные 74
 - растительные 77
 - широтные 73Пояс выветривания 21
Процессы:
 - биогеохимические 5
 - биологические 18
 - биохимические 5, 19, 53
 - геохимические 5, 18
 - почвообразовательные 33
 - физические 53
 - физико-химические 5
 - химические 5, 18, 53Система:
 - биогенная 10, 11
 - биокосная 10, 11
 - живой природы 10
 - органогенная 10, 11
 - природная 9, 17
 - простая 11
 - почвенная 13Системный подход 15
Состав:
 - геохимический 52, 53
 - химический 52Стратосфера 57, 59
Структурная организация 6, 13, 14, 18
Тектоника 22

- делювиальные 31

Техносфера 84

Тропосфера 57, 58

Уровень организации 14, 15, 18

Условия:

- тектонические 18

- физико-химические 18, 21

Фазы почв:

- газовая 40, 41

- живая 41

- жидкая 39, 40

- твердая 38, 39

Термосфера 57, 59

Факторы:

- азонaльные 80

- антропогенные 36, 80, 81

- почвообразования 33, 35

Формы выветривания 23

Функционирование 7, 14, 15, 17, 18

Шельфы 22

Экосистема 3, 9, 13

Эмерджентность 11, 16

ИМЕННОЙ УКАЗАТЕЛЬ

Алексеев В.А.	62	Зубкова Т.А.	87
Алисов	73	Зюсс Э.	3, 4
Арманд Д.Л.	5	Карпачевский Л.О.	87
Бабьева И.П.	44	Кларк Ф.У.	20
Базилевич	44	Коссмат	22
Башелье	44	Коссович П.С.	46
Бекке	21	Костычев П.А.	46
Бернар К.	4	Ламарк	3, 4
Берталани	10	Лапо А.В.	62
Бубнов	22	Леконт Д.	82
Будыко М.И.	35, 77	Линдеман Л.	70
Бунелла Ф.	12	Львович М.И.	78
Ван – Хайз	21	Мотузова Г.В.	87
Вашингтон	20	Овчинников	53
Вернадский В.И.	3, 4, 9, 16, 19, 40, 56, 57, 58, 64, 68, 69, 81	Павлов А.П.	82
Виноградов А.П.	29	Перельман А.И.	83
Воейков А.И.	78	Пиотровский В.В.	19
Высоцкий Г.Н.	40, 46	Полынов Б.Б.	78
Вудвелл Дж.	70, 71	Прасолов Л.И.	77
Герасимов И.П.	75	Родин	44
Глинка К.П.	46	Розанов Б.Г.	13, 42
Гольдшмидт	20	Розов Н.Н.	77
Гончарук Н.Ю.	87	Рябчиков А.М.	79
Граф	44	Тейлор С.Р.	29
Григорьев А.А.	77	Ульрих	44
Грубенманн	21	Умаров М.М.	45
Докучаев В.В.	33, 34, 36, 44, 72, 77,	Ферсман А.Е.	28
Живаго Н.В.	19	Шеффер	44
Зенова Г.М.	44	Штилле	22
		Шухерт Ч.	82

Содержание

ВВЕДЕНИЕ

ТЕМА 1. ПОНЯТИЕ О БИОСФЕРЕ

ТЕМА 2. БИОСФЕРА КАК САМАЯ ВЫСОКООРГАНИЗОВАННАЯ ПРИРОДНАЯ СИСТЕМА

2.1. Понятие о системах

2.2. Биосфера – природная система

ТЕМА 3. ЛИТОСФЕРА – СТРОЕНИЕ, СОСТАВ И ПРОЦЕССЫ, ПРОИСХОДЯЩИЕ В ЕЁ ВЕРХНИХ ЧАСТЯХ И НА ПОВЕРХНОСТИ

3.1. Строение земной коры

3.2. Химический состав земной коры

3.3. Минеральный состав земной коры

3.4. Основные химические классы минералов

3.5. Основные сведения о горных породах

3.6. Геологические процессы, условия их проявления и типы образований по происхождению

3.7. Генетические типы рыхлых пород в самых верхних частях и на поверхности литосферы

ТЕМА 4. ПЕДОСФЕРА И ЕЁ РОЛЬ В РАЗВИТИИ БИОСФЕРЫ

4.1. Сущность почвообразовательного процесса и факторы почвообразования

4.2. Фазовый состав почв

4.2.1. Твердая фаза почвы

4.2.2. Жидкая фаза почвы

4.2.3. Газовая фаза почвы

4.2.4. Живая фаза почвы

4.3. Генетические горизонты и почвенные профили

4.3.1. Генетические горизонты

4.3.2. Почвенные профили

4.4. Состав и строение гумуса, роль его в генезисе почв

ТЕМА 5. ГИДРОСФЕРА, ЕЁ СОСТАВ. КРУГОВОРОТ ВОДЫ

5.1. Возникновение и эволюция гидросферы

5.2. Геохимический состав гидросферы

5.2.1. Классификация вод

5.2.2. Геохимический состав океана

5.2.3. Роль живого вещества в эволюции гидросферы

ТЕМА 6. АТМОСФЕРА, ЕЁ СОСТАВ И РОЛЬ В ФУНКЦИОНИРОВАНИИ БИОСФЕРЫ

- 5.1. Строение атмосферы
- 6.2. Сущность природных явлений в атмосфере

ТЕМА 7. ЖИВОЕ ВЕЩЕСТВО КАК ГЛАВНАЯ ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ СИЛА В РАЗВИТИИ БИОСФЕРЫ

- 7.1. Живое вещество
- 7.2. Специфика живого вещества
- 7.3. Состав живого вещества
- 7.4. Биогенная миграция
- 7.5. Круговорот энергии в живых системах

ТЕМА 8. ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАЗВИТИЯ БИОСФЕРЫ

- 8.1. Климатические пояса
- 8.2. Почвенные широтные зоны и вертикальные почвенные пояса
 - 8.2.1. Закономерности пространственного распространения почв
- 8.3. Растительные пояса
- 8.4. Взаимоотношения континентов и океанов

ТЕМА 9. ПОНЯТИЕ О НООСФЕРЕ И ОСОБЕННОСТИ ЕЁ РАЗВИТИЯ

- 9.1. История вопроса
- 9.2. Влияние антропогенных факторов на компоненты биосферы
 - 9.2.1. Загрязнение гидросферы
 - 9.2.2. Загрязнение атмосферы
 - 9.2.3. Изменения в литосфере под воздействием антропогенных факторов
 - 9.2.4. Влияние антропогенных факторов на педосферу

ЛИТЕРАТУРА

ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

ИМЕННОЙ УКАЗАТЕЛЬ

Учебное издание

Ивлев Анатолий Михайлович
Дербенцева Алла Михайловна
Валерий Титович Старожилов

Науки о Земле

Учебное пособие

В авторской редакции
Технический редактор Л.М. Гурова
Компьютерный набор и верстка
А.В. Бессарабовой

Корректировка и перевод в формат PDF
Б.Е. Ламаш

Подписано в печать 21.02.2006
Формат 60x84 ¹/₁₆. Усл. печ. л. 4,5; уч.-изд. л. 4,2
Тираж 100 экз.

Издательство Дальневосточного университета
690950, г. Владивосток. ул. Октябрьская, 27

Отпечатано
Кафедра почвоведения и экологии почв АЭМББТ ДВГУ
690950, г. Владивосток, ул. Октябрьская, 27