

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Оренбургский государственный университет»

# НАУКИ О ЗЕМЛЕ

## Учебное пособие

Рекомендовано ученым советом федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Оренбургский государственный университет» для обучающихся по образовательным программам высшего образования по направлениям подготовки 06.03.01 Биология, 06.04.01 Биология, 06.03.02 Почвоведение

Оренбург  
2018

УДК 55  
ББК 26.0  
Н 88

Рецензент – кандидат биологических наук Д. Г. Поляков  
Авторы: А.М. Русанов, М.А. Булгакова, С.Б. Воропаев, Г.В. Карпова

**Русанов, А. М.**

Н 88 Науки о Земле: учебное пособие / А. М. Русанов, М. А. Булгакова, С. Б. Воропаев, Г. В. Карпова; Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург : ОГУ, 2018.

ISBN 978-5-7410-2110-1

В учебном пособии рассмотрены основные вопросы, возникшие перед человечеством за все время его существования. Как появилась Солнечная система? Как возникла жизнь на планете Земля? Какие явления природы окружают человека ежедневно? Авторами описаны основные законы функционирования оболочек Земли и подробно рассмотрены этапы развития жизни на планете.

Учебное пособие предназначено для аудиторной и самостоятельной работы обучающихся по образовательным программам высшего образования по направлениям подготовки 06.03.01 Биология, 06.04.01 Биология, 06.03.02 Почвоведение.

УДК 55  
ББК 26.0

© Русанов А. М.,  
Булгакова М. А.,  
Воропаев С. Б.,  
Карпова Г. В., 2018  
© ОГУ, 2018

ISBN 978-5-7410-2110-1

## Содержание

1 Феномен жизни. Основы строения вселенной, галактики, солнечной системы, Земли .....	4
1.1 Происхождение Вселенной. Большой взрыв .....	4
1.2 Галактика « Млечный путь». Солнечная система .....	7
1.3 Теории происхождения жизни.....	10
2 Строение атмосферы.....	16
3 Атмосферные явления и гидрологические циклы .....	20
4 Горные породы .....	27
5 Выветривание горных пород .....	30
6. Климат: формирование, изменения во времени, современное состояние ..	34
6.1 Ранняя история изменения климата на Земле.....	35
6.2 Современное изменение климата.....	39
6.3 Существует ли вообще «глобальное потепление»? .....	42
7 Почвообразование и почвы .....	46
8 Состав и строение почв .....	52
8.1 Почвенный профиль и почвенные горизонты .....	53
8.2 Химические свойства почв .....	55
8.3 Физические свойства почв.....	59
9 Реки, озера, болота .....	63
10 Подземные воды. Лед. Ледники .....	68
11 Тектоника плит и орогенез.....	76
12 Возникновение и развитие жизни на Земле .....	85
Список использованных источников .....	114

# **1 Феномен жизни. Основы строения вселенной, галактики, солнечной системы, Земли**

Жизнь – это биологическая форма движения материи, качественно более высокая, чем физическая и химическая, но включающая их, так как они обеспечивают деятельность живых организмов. В общем плане это особый способ бытия организмов, существенными сторонами которого являются обмен веществ с окружающей средой и воспроизведение себе подобных. Живые системы реализуются в индивидуальных организмах самой разной структуры и сложности (в видах) и в совокупностях организмов (в популяциях, биоценозах и т.д.). Они способны к упорядочению, к созданию порядка из хаоса, а также к эволюции с возникновением новых системно-структурных качеств. Живое вещество Земли, то есть биосфера, вызвала глубочайшие изменения в развитии нашей планеты. В философии жизнь характеризуется как главная ценность на планете и во Вселенной. В человеческом воплощении, жизнь – это реализация физических, психических, душевных и духовных возможностей индивида, утверждение себя как личности.

## **1.1 Происхождение Вселенной. Большой взрыв**

Теория большого взрыва обязана своему существованию американцу русского происхождения Джорджу Гамову. Доказательству тому – микроволновое излучение, которое многократно зафиксировано как «продолжение» того взрыва.

Научная мысль в процессе познания Вселенной всегда включала в себя идею случая. При этом исторически произошли весьма интересные изменения в самой постановке этой проблемы. В первоначальных представлениях о строении и эволюции мира, в первоначальных космогонических теориях идеи о случайности соотносились с исходными состояниями материи, которые затем «породили» наблюдаемые небесные тела и системы. При этих подходах понятие случайности сопрягалось с понятием хаоса, а еще древние рассматривали хаос как одну из первопотенций бытия.

С позиций современных космологических концепций Вселенная полна неожиданностей и допустимо огромное разнообразие вселенных, а осуществившийся выбор во многом зависит от случайного сочетания значения параметров, ее характеризующих, и в частности, от реального сочетания значений фундаментальных физических постоянных. Мир, в котором мы живем, мог и не быть, его определили случайности [7, 17].

С исторической точки зрения, вероятно, самый революционный аспект современной космологической теории заключается в утверждении, что материя и энергия были сотворены в буквальном смысле этого слова. Возникли их ничего. Чрезвычайно важно подчеркнуть, что этот постулат радикально противоречит многовековой и многократно проверенной в земных условиях научной традиции, утверждающей, что нельзя сделать нечто из ничего.

Среди теорий происхождения вселенной существует и занимает особое место эксцентричная теория «новой модели циклической Вселенной» (Пульсирующая вселенная). Она берет начало в космологической теории стоической школы древнегреческой философии, согласно которой наш мир родился из гигантской огненной вспышки. И это было лишь последним из множества повторяющихся во времени циклических процессов созидания и разрушения бытия.

Большой взрыв - это начало пространства и времени, в начале было ничто, и из этого ничто появились пустота, время, материя, излучение и так далее.

Что же говорить о теории тепловой смерти вселенной, если ее происхождение связано с пока необъяснимыми с точки зрения современной науки идеями [7, 8].

По одной из версий дальнейшего развития вселенной, после взрыва, Вселенная постепенно охлаждалась. Через 400 миллионов лет замедлившие свое движение электроны начали соединяться с замедлившимися протонами. В результате наступили так называемые темные века между 380 и 550 млн. лет после Большого взрыва. Позже гравитационные силы во Вселенной вызвали процесс образования звезд и галактик. Темные века закончились, и началась эпоха реионизации — повторного разделения атомов водорода на протоны и электроны под действием ультрафиолетового излучения звездных систем.

**Элементарный состав материи.** Он очень прост - основные элементарные частицы – это *электрон* и *кварки*. Все. Остальное их различные комбинации, за исключением некоторых частиц, назначение которых и состав пока изучается (Рисунок 1).

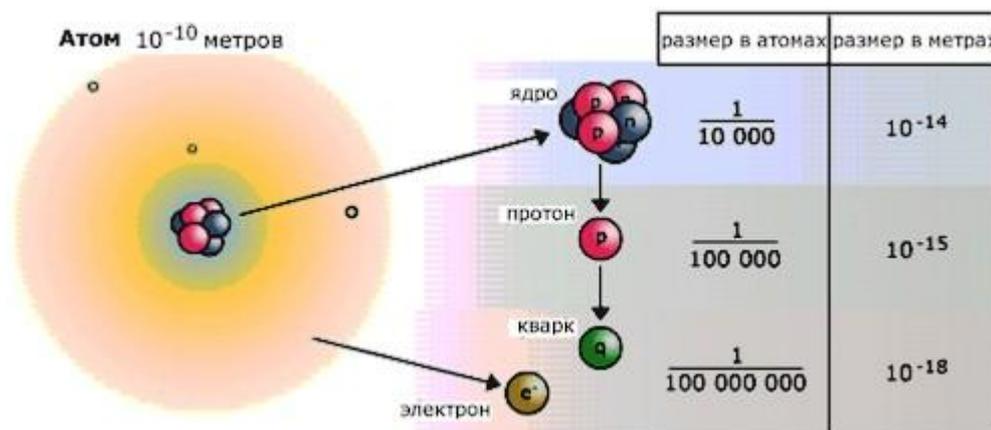


Рисунок 1 – Строение атома

Кварки делятся на *u*-кварк (заряд  $+2/3$ ) и *d*-кварк (заряд  $-1/3$ ).

$2u+1d$  объединяются в протон (+),

$2d+1u$  - объединяются в нейтрон.

Водород –  $p/e$ , дейтерий –  $p+n/e$ , тритий –  $p/2n/e$ , гелий –  $2p+2n/2e$ .

Масса протона = массе 2000 электронов. Расстояние между ядром и электроном = несколько десятков тысяч диаметров ядра. 99,9 % массы атома приходится на массу ядра.

Ион – это «разобранный» атом, он приобрел или отдал несколько электронов и стал заряженной частицей. Материя, состоящая из ионов – плазма. Звезды состоят из плазмы, а т.к. на них приходится до 99,9 % массы систем (Масса Солнца составляет 99,8 % от массы системы), то Вселенная в основном состоит из плазмы.

## 1.2 Галактика « Млечный путь». Солнечная система

Диаметр Галактики 100 тысяч световых лет, толщина – 20 тыс. св. лет. Скорость – 240 км/сек. 200 миллиардов звезд.

**Галактический год** — период времени, за который Солнечная система совершает один оборот вокруг центра нашей Галактики. Величина этого промежутка времени известна неточно, потому что она зависит от скорости движения нашей системы и расстояния до центра Галактики. Галактический год составляет, по разным оценкам, от 225 до 250 миллионов земных лет. Согласно НАСА, Солнечная система движется вокруг Галактического центра со средней скоростью 828 000 км/ч (230 км/с), что примерно равно  $1/1300$  скорости света.

Диаметр нашей галактики 100 000 световых лет, толщина – 3000 световых лет, число звезд 200 – 400 миллиардов. По подсчетам в Галактике

существует не менее 2 миллиардов звезд и 15 - 25 миллиардов планет, похожих на нашу планету по вероятному вещественному составу и по количеству поступающей к ней энергии от центра планетарных систем.

Галактика Млечный путь не одинока. Существует три версии по количеству галактик в нашей вселенной:

- 1) 100 – 200 млрд;
- 2) 500 биллионов;
- 3) На каждую звезду Млечного пути приходится одна галактика.

Что же касается числа Вселенных, то в настоящее время считается, что их количество бесконечно, однако они недоступны для наблюдения современными методами. Свойства этих вселенных могут быть абсолютно разными. Возможно, в некоторых из них число пространственных осей отличается от трёх, в них реализуются разные физические законы и имеются иные значения фундаментальных физических констант (например, константы тяготения).

Говоря о нашей Вселенной необходимо отметить, что, по большей части, она представлена **темной энергией**. Это загадочная сила, которая приводит к тому, что пространство увеличивает скорость расширения. Еще одним таинственным компонентом выступает **темная материя**, поддерживающая контакт с объектами только при помощи гравитации. Это условные наименования объектов и явлений, сущность которых совершенно не укладываются в полученные в земных условиях знания.

Ученые не могут разглядеть темную материю в прямом наблюдении, но эффекты доступны для изучения. Им удастся уловить свет, изогнутый гравитационной силой невидимых объектов (Черные дыры). Также замечают моменты, когда звезда совершает обороты вокруг галактики намного быстрее, чем должна [14, 17].

Все это объясняется наличием огромного количества неуловимого вещества, воздействующего на массу и скорость. При современно развитии

науки это вещество покрыто тайнами. Получается, что исследователи скорее могут сказать не то, что перед ними, а чем «оно» не является. Что же касается происхождения материи, из которой состоят все Вселенные, то на сегодня принято условно считать, что она произошла из ничего.

**Солнечная система** включает в себя следующие планеты: Меркурий, Венеру, Землю, Марс, Юпитер (масса 0,1 % системы), Сатурн, Уран, Нептун (Рисунок 2). В 2006 году Плутон лишен статуса планеты и признан спутником.



Рисунок 2 – Солнечная система

**Солнце** – диаметр  $1,39 \times 10$  миллионов километров. Температура на поверхности  $5600\text{ }^{\circ}\text{C}$  и 10 миллионов в центре.

**Планета Земля** - удалена от Солнца на 149,6 миллионов километров, скорость движения вокруг солнца – 24,765 км/сек. Период обращения – 365,24 суток. Экваториальный радиус – 6378,2 километров, полярный – 6356,8 километров. Площадь – 510,2 миллионов километров, в т.ч. суша – 149,1 миллионов километров, океан – 361,1 миллионов километров. Средняя высота суши – 875 метров. Плотность –  $5,52\text{ гр/см}^3$ . Имеет гравитационное, магнитное, электрическое поля. Виды энергии – тепловая, электромагнитная, звуковая, электрическая, гравитационная.

### 1.3 Теории происхождения жизни

**Креационизм.** Согласно этой концепции, жизнь и все населяющие Землю виды живых существ являются результатом творческого акта высшего существа в какое-то определенное время. Основные положения креационизма изложены в Библии, в Книге Бытия. Процесс божественного сотворения мира мыслится как имевший место лишь единожды и поэтому недоступный для наблюдения. Этого достаточно, чтобы вынести всю концепцию божественного сотворения за рамки научного исследования. Наука занимается только теми явлениями, которые поддаются наблюдению, а поэтому она никогда не будет в состоянии ни доказать, ни отвергнуть эту концепцию. Однако большая группа ученых разных направлений науки считают, что наука и религия являются сестрами, и то, о чём говорят физические гипотезы, религия даёт нам на интуитивном уровне. Подтверждением тому служат высказывания о существовании Бога физиков, ставших лауреатами Нобелевских премий в XX веке: Д. Д. Томпсон (1856 – 1940 гг.), автор открытия электрона: «С вершук башен крепости науки видны величайшие деяния Божии»; М. Планк (1858 – 1947 гг.), основатель квантовой теории: «Религия и естественная наука не исключают друг друга, ...эти две области дополняют друг друга и зависимы друг от друга. Религия и естествознание нуждаются в вере в Бога». А. Эйнштейн (1879 – 1955 гг.), автор теории относительности: «В бесконечном универсуме обнаруживается деятельность бесконечно совершенного Разума. Обычное представление обо мне, как об атеисте – большое заблуждение. Если это представление почерпнуто из моих научных работ, могу сказать, что мои научные работы не поняты»; М. Борн (1882 – 1970 гг.), один из создателей квантовой механики: «Многие ученые верят в Бога. Те, кто говорит, что изучение наук делает человека атеистом, вероятно, какие-то смешные люди». Н. Бор (1885 – 1962 гг.), создатель квантовой теории атома: «Не наше дело предписывать

Богу, как ему следует управлять этим миром». А. Комптон (1892 – 1962 гг.): «Порядок во Вселенной, который разворачивается перед нашим взором, сам свидетельствует об истинности самого великого и возвышенного утверждения: «В начале – Бог». К. В. Гейзенберг (1901 – 1976 гг.), один из создателей основ квантовой физики: «Первый глоток из сосуда естествознания порождает атеизм, но на дне сосуда нас ожидает Бог». Список может быть продолжен. И в нем можно встретить великих ученых разных научных направлений.

**Самопроизвольное зарождение.** Идеи происхождения живых существ из неживой материи были распространены в Древнем Китае, Вавилоне, Египте. Крупнейший философ Древней Греции Аристотель высказал мысль о том, что определенные «частицы» вещества содержат некое «активное начало», которое при подходящих условиях может создать живой организм. Развитие идеи самозарождения относится к той эпохе, когда в общественном сознании господствовали религиозные представления. Те философы и натуралисты, которые не хотели принимать церковного учения о «сотворении жизни», при тогдашнем уровне знаний легко приходили к идее ее самозарождения. В той мере, в какой, в противовес вере в сотворение, подчеркивалась мысль о естественном возникновении организмов, идея самозарождения имела на определенном этапе прогрессивное значение. Поэтому против этой идеи часто выступали Церковь и теологи.

**Теория стационарного состояния.** Согласно этой теории, Земля никогда не возникала, а существовала вечно, она всегда способна поддерживать жизнь, а если и изменялась, то незначительно. Виды также существовали всегда.

**Панспермия.** Эта гипотеза, предложенная в 1865 г. немецким ученым Г. Рихтером, была окончательно сформулирована шведским ученым Аррениусом в 1895 г. Согласно ей жизнь могла быть занесена на Землю из космоса. Наиболее вероятно попадание живых организмов внеземного

происхождения с метеоритами и космической пылью. Это предположение основывается на данных о высокой устойчивости некоторых организмов и их спор к радиации, глубокому вакууму, низким температурам и другим воздействиям. Однако до сих пор нет достоверных фактов, подтверждающих внеземное происхождение микроорганизмов, найденных в метеоритах. Но если бы даже они попали на Землю и дали начало жизни на нашей планете, вопрос об изначальном возникновении жизни оставался бы без ответа. Пробы с внешней поверхности Международной космической станции (МКС) доказали, что отдельные виды бактерий способны выживать в условиях смертельной радиации открытого космоса. Сам факт того, что что-то смогло выжить в открытом космосе, говорит о том, что если микроорганизмы в состоянии это пережить, то, возможно, сама жизнь на Земле появилась таким же образом.

По мнению В. И. Вернадского жизнь представляет собой неотъемлемую характеристику космоса, Вселенной. И с этой точки зрения различия между формально неживой материей и живой материей является условной.

**Биохимическая эволюция.** В 1923 г. российский учёный А. И. Опарин предположил, что в условиях первобытной Земли органические вещества возникали из простейших соединений — аммиака, метана, водорода и воды. Энергия, необходимая для подобных превращений, могла быть получена или от ультрафиолетового излучения, или от частых грозových электрических разрядов — молний. Возможно, эти органические вещества постепенно накапливались в Древнем океане, образуя первичный бульон, в котором и зародилась жизнь.

По гипотезе А. И. Опарина, в первичном бульоне длинные нитеобразные молекулы белков могли сворачиваться в шарики, «склеиваться» друг с другом, укрупняясь. Благодаря этому они становились устойчивыми к разрушающему действию прибоя и ультрафиолетового

излучения. Происходило нечто подобное тому, что можно наблюдать, вылив на блюдце ртуть из разбитого градусника: рассыпавшаяся на множество мелких капелек ртуть постепенно собирается в капли чуть побольше, а потом — в один крупный шарик. Белковые «шарики» в «первичном бульоне» притягивали к себе, связывали молекулы воды, а также жиров. Жиры оседали на поверхности белковых тел, обволакивая их слоем, структура которого отдаленно напоминала клеточную мембрану. Этот процесс Опарин назвал коацервацией (от лат. *coacervus* — «сгусток»), а получившиеся тела — коацерватными каплями, или просто коацерватами. С течением времени коацерваты поглощали из окружавшего их раствора всё новые порции вещества, их структура усложнялась до тех пор, пока они не превратились в очень примитивные, но уже живые клетки.

**В настоящее время** в процессе становления жизни условно выделяют четыре этапа:

1. Синтез низкомолекулярных органических соединений (биологических мономеров) из газов первичной атмосферы.
2. Образование биологических полимеров.
3. Формирование фазообособленных систем органических веществ, отделенных от внешней среды мембранами (протобионтов).
4. Возникновение простейших клеток, обладающих свойствами живого, в том числе репродуктивным аппаратом, обеспечивающим передачу дочерним клеткам свойств родительских клеток. («А что, если наша земля — ад какой-то другой планеты?» Олдос Хаксли, английский писатель.)

**Что касается проблемы существования жизни во вселенной**, то на настоящий момент рассуждения на эту тему сводятся к следующему. Если наша планета не является уникальной, то в нашей галактике Млечный путь должно быть множество инопланетных цивилизаций. Однако до сих пор не найдены свидетельства о наличии какой-либо иной разумной жизни во всей вселенной.

Это обстоятельство позволяет рассматривать «молчание» нашей вселенной как парадокс. Одним из основополагающих допущений астрономии является то, что Земля – вполне обычная планета вполне обычной солнечной системы, входящей во вполне обычную галактику, и что в нашей планете нет ничего космически уникального.

Спутник НАСА Kepler обнаружил свидетельство того, что в нашей галактике насчитывается, вероятно, около 22 миллиардов планет, похожих на Землю. Учитывая это, жизнь, схожая с земной, должна была бы развиться где-то не слишком далеко от нас, по крайней мере, по космическим масштабам. Однако, несмотря на появление все более мощных телескопов, у нас так и не появилось доказательств существования разумных технологических цивилизаций где-нибудь еще во Вселенной.

Цивилизации издают звуки: человечество транслирует телевизионные, электро-магнитные и радиосигналы, которые безошибочно можно распознать как искусственные. Такая цивилизация, как наша, должна оставлять следы, которые мы, земляне, способны найти с помощью современных технологий. Более того, цивилизация, которая развивалась на протяжении миллионов лет, то есть довольно молодая по космическим масштабам, но зрелая по технологическим возможностям, имела бы достаточно времени, чтобы начать колонизировать галактику, а стало быть, должна оставить много доказательств своего существования, потому как учитывая достаточное количество времени, колонизирующая цивилизация смогла бы освоить всю галактику в течение считанных миллионов лет. В этой связи возникает закономерный вопрос «где они?».

Имеется несколько решений создавшегося парадокса. Одно из них бросает вызов идее о том, что Земля является обычной и предполагает, что сложные формы жизни встречаются во вселенной либо чрезвычайно редко, либо лишь на Земле, пока что по невыясненным причинам, существуют условия для развития высших форм жизни – человека разумного. Другое

решение утверждает, что технологические цивилизации неизбежно уничтожают сами себя из-за ядерной войны или экологической катастрофы. Более оптимистическим решением является идея о том, что инопланетяне намеренно скрываются от нас, пока мы не станем более зрелыми в социальном и технологическом отношении. Другая, схожая с предыдущей идея, заключается в том, что инопланетная технология настолько далеко ушла вперед, что мы даже не способны ее распознать...

## 2 Строение атмосферы

Атмосферой принято считать ту область вокруг Земли, в которой газовая среда вращается вместе с Землёй как единое целое; при таком определении атмосфера переходит в межпланетное пространство постепенно, в *экзосфере*, начинающейся на высоте около 1000 км от поверхности Земли, граница атмосферы также может условно проводиться по высоте в 1300 км.

По определению, предложенному Международной Авиационной Федерацией, граница атмосферы и космоса проводится по *линии Кармана*, расположенной на высоте около 100 километров, где авиация становится полностью невозможной. NASA использует в качестве границы атмосферы отметку в 122 километра, недавние эксперименты уточняют границу атмосферы Земли и ионосферы, как находящуюся на высоте 118 километров.

Суммарная масса воздуха в атмосфере составляет  $(5,1—5,3) \cdot 10^{18}$  кг. За «нормальные условия» у поверхности Земли приняты: плотность  $1,2 \text{ кг/м}^3$ , температура  $+20 \text{ }^\circ\text{C}$  и относительная влажность 50 %.

Атмосфера Земли возникла в результате двух процессов: испарения вещества космических тел при их падении на Землю и выделения газов при вулканических извержениях (дегазация земной мантии). С выделением океанов и появлением биосферы атмосфера изменялась за счёт газообмена с водой, растениями, животными и продуктами их разложения в почвах и болотах. Состав атмосферы: азот – 78,1 %, кислород – 20,9 %, аргон – 0,9 %, углекислый газ – 0,03 % и других газов.

Содержание воды в атмосфере (в виде водяных паров) колеблется от 0,2 % до 2,5 % по объёму, и зависит в основном от широты.

Атмосфера легко поддается сжатию, поэтому половина ее находится на уровне 5500 м. Масса ее равна  $1/1000000$  части массы земли. Это важный экологический объект. Атмосфера поддерживает все формы жизни и выполняет другие функции: это термический щит, который поглощает и

отражает солнечную радиацию, распределяет полученное тепло, действуя как зонтик днем и как одеяло ночью; она рассеивает солнечный свет за счет молекул газа и пыли и защищает Землю от ультрафиолетовой солнечной радиации. Атмосфера – средство переноса газов и твердых частиц. Фактор выветривания горных пород. Влага атмосфера попадает через снег и дожди в озера и реки, внутренние водоемы. Атмосфера – условие образования ветра, переноса пыли, песка, образования волн и течений (Рисунок 3).

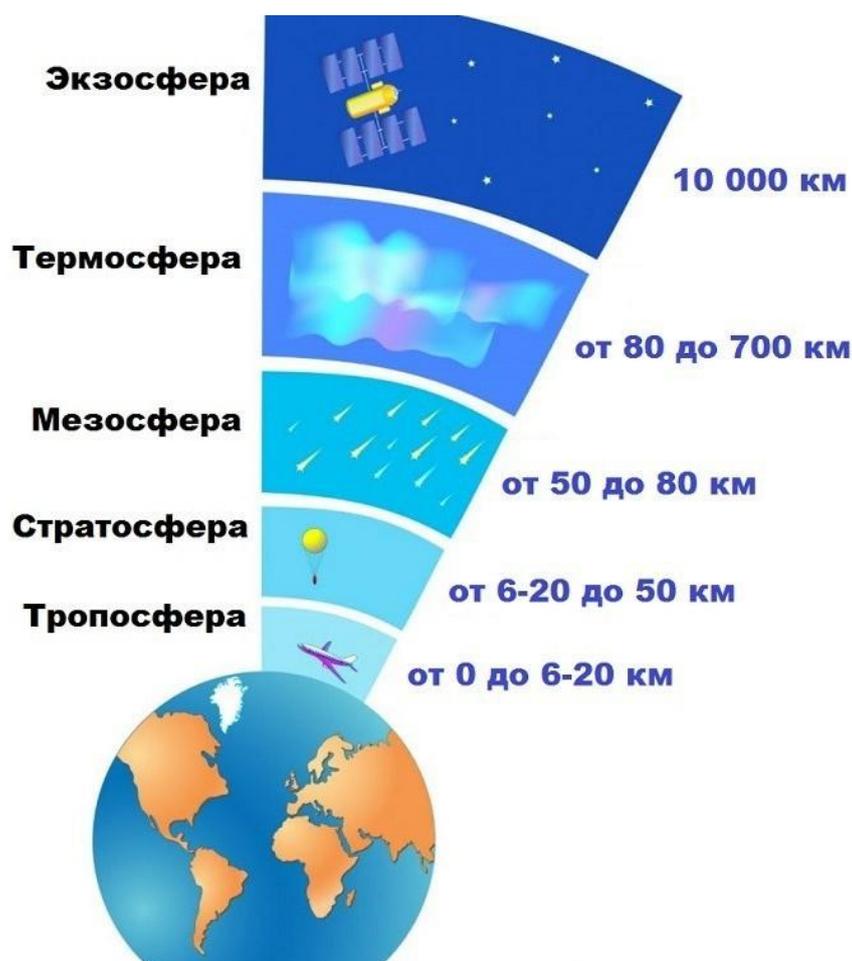


Рисунок 3 – Строение атмосферы

Верхняя граница **тропосферы** находится на высоте 8—10 км в полярных, 10—12 км в умеренных и 16—18 км в тропических широтах; зимой ниже, чем летом. Содержит более 80 % всей массы атмосферного

воздуха и около 90 % всего имеющегося в атмосфере водяного пара. В тропосфере сильно развиты турбулентность и конвекция, возникают облака, развиваются циклоны и антициклоны. Температура убывает с ростом высоты со средним вертикальным градиентом  $0,65^{\circ}/100$  м.

**Стратосфера** – это слой атмосферы, располагающийся на высоте от 11 до 50 км. Характерно незначительное изменение температуры в слое 11 — 25 км (нижний слой стратосферы) и повышение её в слое 25—40 км от  $-56,5$  до  $0,8^{\circ}\text{C}$  (верхний слой стратосферы или область инверсии). Достигнув на высоте около 40 км значения около 273 К (почти  $0^{\circ}\text{C}$ ), температура остаётся постоянной до высоты около 55 км.

**Мезосфера** начинается на высоте 50 км и простирается до 80—90 км. Температура с высотой понижается со средним вертикальным градиентом  $(0,25—0,3)^{\circ}/100$  м. Основным энергетическим процессом является лучистый теплообмен. Сложные фотохимические процессы с участием свободных радикалов, колебательно возбуждённых молекул и т.д. обуславливают свечение атмосферы.

**Термосфера.** Верхний предел — около 800 км. Температура растёт до высот 200—300 км, где достигает значений порядка 1500 К, после чего остаётся почти постоянной до больших высот. Под действием солнечной радиации и космического излучения происходит ионизация воздуха («полярные сияния») — основные области ионосферы лежат внутри термосферы. На высотах свыше 300 км преобладает атомарный кислород. Верхний предел термосферы в значительной степени определяется текущей активностью Солнца. В периоды низкой активности — например, в 2008 и 2009 годах — происходит заметное уменьшение размеров этого слоя.

**Экзосфера** — зона рассеяния, внешняя часть термосферы, расположенная выше 700 км. Газ в экзосфере сильно разрежён, и отсюда идёт утечка его частиц в межпланетное пространство (диссипация).

На высоте около 2000—3500 км экзосфера постепенно переходит в так называемый *ближнекосмический вакуум*, который заполнен сильно разреженными частицами межпланетного газа, главным образом атомами водорода. Но этот газ представляет собой лишь часть межпланетного вещества. Другую часть составляют пылевидные частицы кометного и метеорного происхождения. Кроме чрезвычайно разреженных пылевидных частиц, в это пространство проникает электромагнитная и корпускулярная радиация солнечного и галактического происхождения [20].

На долю тропосферы приходится около 80 % массы атмосферы, на долю стратосферы — около 20 %; масса мезосферы — не более 0,3 %, термосферы — менее 0,05 % от общей массы атмосферы.

### 3 Атмосферные явления и гидрологические циклы

Входящие в состав атмосферы газы выполняют различные функциональные роли. Общее значение для этих газов определяется прежде всего тем, что они очень сильно поглощают лучистую энергию и тем самым оказывают существенное влияние на температурный режим поверхности Земли и атмосферы.

Атмосфера снабжает нас необходимым для дыхания кислородом. Однако вследствие падения общего давления атмосферы по мере подъёма на высоту соответственно снижается и парциальное давление кислорода. Уже на высоте 5 км над уровнем моря у нетренированного человека появляется кислородное голодание и без адаптации работоспособность человека значительно снижается. Здесь кончается физиологическая зона атмосферы. Дыхание человека становится невозможным на высоте 9 км, хотя примерно до 115 км атмосфера содержит кислород.

В лёгких человека постоянно содержится около 3 литра альвеолярного воздуха. *Парциальное давление* кислорода в альвеолярном воздухе при нормальном атмосферном давлении составляет 110 мм рт. ст., давление углекислого газа — 40 мм.рт.ст., а паров воды — 47 мм.рт.ст. С увеличением высоты давление кислорода падает, а суммарное давление паров воды и углекислоты в лёгких остаётся почти постоянным — около 87 мм рт. ст. Поступление кислорода в лёгкие полностью прекратится, когда давление окружающего воздуха станет равным этой величине.

Исходя из того, что градиент вертикального давления составляет 9,4 мм.рт.ст./100 м или 94 мм на 1 км получается, что эта величина образуется на высоте около 8 км.  $(760 - 87 : 94)$  На высоте около 19—20 км давление атмосферы снижается до 47 мм рт. ст. Поэтому на данной высоте начинается кипение воды и межтканевой жидкости в организме человека. Вне герметичной кабины на этих высотах смерть наступает почти мгновенно.

Таким образом, с точки зрения физиологии человека, «космос» начинается уже на высоте 15—19 км.

К плотным слоям воздуха относятся тропосфера и стратосфера, они защищают планету от поражающего действия радиации. При высокой степени разреженности воздуха (высота более 36 км), сильное воздействие на организмы оказывает *ионизирующая радиация* или первичные космические лучи; на высотах свыше 40 км действует тяжелая для организмов ультрафиолетовая часть солнечного спектра.

Самый распространенный газ в атмосфере это **азот** - химически малоактивный газ.

В отличие от азота **кислород**, очень химически активный элемент. Самая специфическая функция кислорода — это окисление органического вещества, недоокисленных газов ежегодно выделяемых в атмосферу вулканами и горных пород. При отсутствии кислорода не происходит разложение мертвого органического вещества.

Исключительно велика роль **углекислого газа** в атмосфере. Поступая в атмосферу вследствие процессов гниения, горения и дыхания он представляет собой основной строительный материал для органического вещества в процессе фотосинтеза. Огромную роль играет свойство углекислого газа пропускать коротковолновую солнечную радиацию и поглощать часть теплового длинноволнового излучения, так как это создает парниковый эффект, о котором речь пойдет ниже.

Существенное влияние на атмосферные процессы, особенно на тепловой режим стратосферы, оказывает **озон**. Озон является естественным поглотителем ультрафиолетового излучения Солнца, а поглощение солнечной радиации ведет к нагреванию воздуха.

Среднемесячные показатели общего содержания озона в атмосфере меняются в зависимости от времени года в пределах 0,23-0,52 см (это толщина слоя озона в условиях приземных показателей давления и

температуры). Регистрируется возрастание содержания озона при движении от экватора к полюсам, с минимальным значением осенью и максимальным весной.

Типичным свойством атмосферы является содержание основных газов (аргона, азота, кислорода) которое с высотой изменяется незначительно. Постоянство состава атмосферного воздуха по вертикали и по горизонтали поддерживается его перемешиванием.

Помимо газов, в атмосфере содержатся *водяной пар* и *твердые частицы*, которые имеют как естественное, так и искусственное (антропогенное) происхождение (цветочная пыльца, мелкие кристаллы соли, дорожная пыль, аэрозольные примеси). Когда в окно проникают солнечные лучи, их можно увидеть невооруженным глазом.

Вода попадает в атмосферу в результате процесса испарения, заключающегося в преодолении быстро движущимися молекулами воды сил сцепления в отрыве их от поверхности воды и переходе в атмосферу. Чем выше температура испаряющей поверхности, тем быстрее движение молекул и тем большее их число попадает в атмосферу. Встречая сопротивление воздуха, часть молекул возвращается обратно на испаряющую поверхность. Этому способствует уже содержащийся в воздухе водяной пар. При насыщении воздуха водяным паром процесс испарения прекращается (рисунок 4).

Скорость испарения зависит от дефицита влажности и от скорости ветра. Процесс испарения сопровождается понижением температуры испаряющей поверхности. На испарение 1 г воды затрачивается 600 К, на испарение 1 г льда – на 77 К меньше.

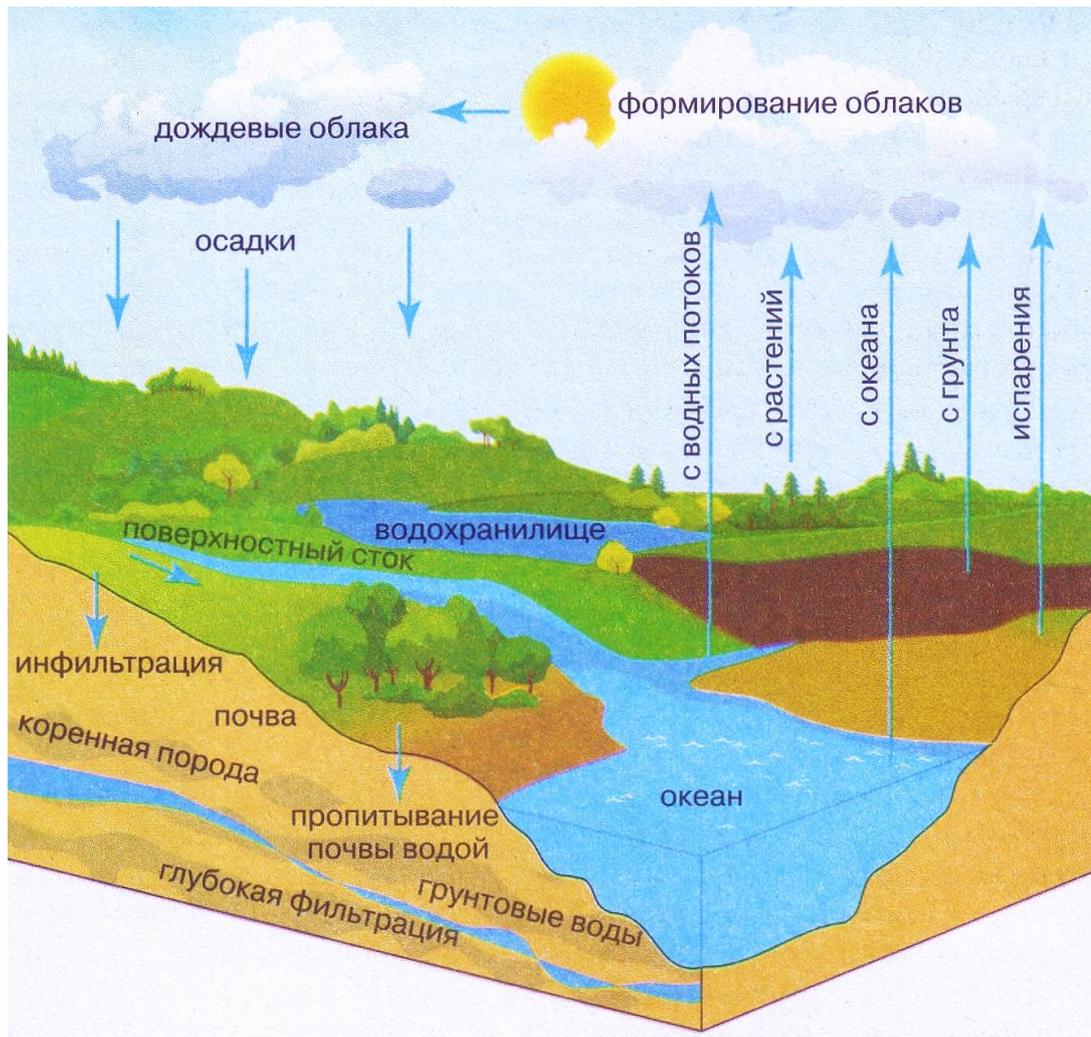


Рисунок 4 – Схема круговорота воды

Значение водяного пара определяется, прежде всего, тем, что он задерживает длинноволновое тепловое излучение земной поверхности; представляет основное звено больших и малых круговоротов влаги. Количество водяного пара в атмосфере изменяется во времени и пространстве. Так, концентрация водяного пара у земной поверхности колеблется от 3 % в тропиках до 2-10 % в Антарктиде [1].

Облака — это тот же туман, только образуется он не у земной поверхности, а на некоторой высоте. Поднимаясь вверх, воздух охлаждается, и находящийся в нем водяной пар конденсируется. Образовавшиеся мельчайшие капельки воды и составляют облака.

В образовании облаков участвуют и твердые частицы, находящиеся в тропосфере во взвешенном состоянии.

Облака могут иметь различную форму, которая зависит от условий их образования. Самые низкие и тяжелые облака — слоистые. Они располагаются на высоте 2 км от земной поверхности. На высоте от 2 до 8 км можно наблюдать более живописные кучевые облака. Самые высокие и легкие — перистые облака. Они располагаются на высоте от 8 до 18 км над земной поверхностью.

Газовый состав воздуха. Круговороты кислорода и углерода. Водяной пар – 3 % объема атмосферы. Эквивалентно 0,4 см слоя жидкости, которая могла бы из него образоваться и выпасть в виде дождя. Содержится преимущественно в первых 100 м. В холодном воздухе его меньше, в теплом, под тропиками – больше. Он источник осадков. Взвешенные частицы – капли воды, сажа, споры, кристаллы льда, бактерии, соли. Вокруг многих из них абсорбируется вода.

**Конвекция** – это вид теплопередачи, при котором внутренняя энергия передается струями и потоками. Температурный градиент в тропосфере равен 1 градусу на 160 м или 6 градусов на 1 км. Подъем на 1 км равносителен изменению климата на расстоянии 800 км. За счет конвекции формируются *бризы*. Днем воздушные массы двигаются на нагретое побережье, ночью – с охлажденного континента в сторону водоема. Здесь важную роль играет удельная теплоемкость (количество тепла в калориях, необходимого на нагрев тела на 1 градус) горных пород и воды. У воды она в 5 раз больше, ее температура стабильнее, чем у горных пород, которые быстро нагреваются и так же быстро отдают тепло.

**Атмосферное тепло.** Источник – Солнце. Немного из недр Земли (горячие источники, извержение, пары воды). 31 % испускаемых Солнцем лучей отражается в космос, 51 % поглощается Землей, 18 % поглощается воздухом. Следовательно, 69 % излучения расходуется на нагрев Земли.

Световые волны в диапазоне от красного спектра до фиолетового у поверхности Земли преобразуются в относительно более длинные, красные. Они нагревают атмосферу. Ее нижние слои нагреваются быстрее из-за плотности воздуха, присутствия в нем воды, углекислоты, озона. Удерживание тепла - *парниковый эффект*. Эффективность солнечной радиации зависит от продолжительности дня, угла падения солнечных лучей, облачности, влажности, высоты суши над уровнем моря. Облачность не пропускает излучений сверху и удерживает тепло, поступающее снизу. Потому морозы бывают преимущественно в ясные тихие ночи, когда земное тепло передается более высоким слоям воздуха. Горные вершины днем быстро нагреваются и легко остывают ночью. Суша нагревается и остывает быстрее моря, т.е. горные породы поглощают и излучают тепло легче, чем вода, т.к. удельная теплоемкость горных пород составляет 1/5 удельной теплоемкости воды. Тому способствуют обстоятельства. Породы не перемешиваются, как вода и не столь проницательны для солнца и меньше или совсем не охлаждаются за счет испарения.

В целом же Земля получает тепла ровно столько, сколько теряет – находится в динамическом равновесии.

**Давление атмосферы** – вес столба воздуха над конкретной местностью. Оно равно  $0,4 \text{ кг/см}^2$ . Его достаточно, чтобы поднять столбик ртути на высоту 760 мм. Барометр. На высоте 5,5 км давление в 2 раза меньше, чем на уровне моря. На давление влияют температура воздуха, влажность, другие условия.

Движение воздуха обусловлено перепадом давления в атмосфере. Причина перепада – неравномерное распределение солнечной энергии. Уже при разнице 2,5 мм ртутного столба начинается перемещение воздуха.

**Ветер** – движение воздуха преимущественно в горизонтальном направлении из области высокого давления в область низкого давления под действием сил гравитации. Скорость ветра пропорциональна величине

градиента давления, т.е. скорости изменения давления по горизонтали на заданном высотном уровне. Чем больше градиент, тем выше скорость.

*Воздушные потоки* – это вертикальное перемещение воздуха – конвекционный подъем теплого влажного воздуха и нисходящий поток холодного сухого воздуха. Поднимающийся воздух из-за расширения охлаждается, опускающийся, благодаря сжатию, нагревается. Все эти формы движения распределяют влагу и тепло на поверхности земли. Годовое количество осадков неравномерно и зависит от климата конкретной территории. Оно равно в среднем на суше 66 - 80 см/год. Над морем больше. В среднем над Землей – до 100 см/год. А Сахаре менее 25 мм/год, в штате Ассам (Индия) – до 15 м/год.

Мировой океан дает 85% воды в атмосфере. Виды осадков – роса, туман, снег, иней, дождь. Температура, при которой наступает насыщение воздуха атмосферной влагой – **точка росы**. Если она ниже точки замерзания – образуются лед, иней; если выше – роса, туман, формируются облака [1].

## 4 Горные породы

**Магматизм. Магматическая горная порода** – это горная порода, образовавшаяся из расплавленной магмы при ее застывании. *Магма* – горячий жидкий породообразующий материал, формирующийся внутри земной коры. При переходе горных пород в магму объем увеличивается на 1/10 и она более легкая и поднимается вверх. *Лава* – это изверженная магма в процессе вулканической деятельности. Неизверженная магма образует *интрузию*. Это явление называется ещё плутонизмом. Температурный градиент – 20-30 градусов на 1км. Главный источник энергии превращения твердых горных пород в жидкие – *естественная радиоактивность*. Распад одного грамма урана – 238 сопровождается выделением 0,71 ккал тепла, а урана – 235 – 4,3 ккал. Кратеры (диаметром до 1 км) и кальдеры. Продукты вулканической деятельности газообразные, жидкие и твердые материалы.

**Осадочная горная порода** – порода, образованная в результате осаждения и накопления на дне озер, морей и океанов переотложенных продуктов выветривания под влиянием ветра, воды, ледников и остатков организмов, обитавших в водной массе или на дне водоемов. Переносятся в твердом состоянии и в виде растворов. Некоторые материалы катятся по дну рек. На дне эти материалы изменяются под влиянием двух процессов. **Консолидации** - это геологический процесс при котором происходит уменьшение объёма осадка, его уплотнение, сплочение, объединение. И **литификации** или окаменения – процесс превращения рыхлых осадков в твердые горные породы. В осадках, состоящих из солей, карбонатов, кремнезема и т.п., окаменение может начаться сразу после осаждения. Каждый поток несет в себе эти материалы, которые постепенно осаждаются на дне рек, но большая часть выносится в моря и океаны. Частицы образуют слои под влиянием физических законов и формируются в зависимости от веса и энергии потока. Накапливаются миллионами лет. Признак –

слоистость. **Мощность** – километры, В них заключены полезные ископаемые, газ, уголь, металлы. **Источники** – терригенные, поступающие с суши, органические, или скелеты отмерших животных и углеродистые соединения, растительного происхождения, вулканического происхождения (пыль, пепел, лава), магматические, в т.ч. геотермальные воды, материалы внеземного происхождения [3].

Типы осадочных пород: обломочный материал или твердые частицы, хемогенные, образующиеся выпадением из растворов, органогенные, создаваемые организмами.

*Обломочный материал* имеет разную размерность. *Хемогенные* осадочные породы характеризуются высокой концентрацией химических веществ выпавших из растворов в следствии чего образуются известняки или карбонаты кальция (мел, мергель, туф). Кроме того это доломиты  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ , железистые минералы, кремний, фосфатные породы. *Органогенные* – торф, формируется из растений в болотах и из него образуется уголь при захоронении (стадии – лигнит, бурый уголь, антрацит, графит, алмаз), рифтовые отложения – состоят из остатков известняковых организмов, глубоководные илы – это тонкозернистый материал.

Осадки накапливаются на континентах, в морской и переходной части, зачастую переходя друг в друга: континент, дельты, мелководья средние и глубокие уровни морского дна... и вновь на континенты. Это ключ к пониманию истории земли. *Континентальные* осадки – это осадки пустынь и отложения долин (аллювий). Ледниковые, речные (охватывающие области предгорий и долин, образуя озера и болота), озерные, осадки болот, пещер. *Переходные* – осадки прибрежных зон (смесь морских и континентальных по происхождению), пляжей (песчаные или гравийные отложения, обнажающиеся при отливах, эстуариев). *Морские* – осадки мелководий (до 200 м), это шельф; осадки средних глубин – до 2000 м. обломки земного и

континентального генезиса - это континентальный склон. Осадки вулканического и ледникового происхождения приносят айсберги.

**Метаморфизм** – это изменение уже существующих пород, при котором образуются новые породы с новыми минеральными ассоциациями и свойствами. При длительном метаморфизме новые породы состоят из небольшого количества элементов. Причины метаморфизма – температура, давление, циркуляция флюидов или  $H_2$ ,  $O_2$ ,  $CO_2$  и S. Метаморфизм бывает термальным, гидротермальным (химически активные горячие магматические воды), контактовый (вблизи от магматических интрузий) – при этом виде метаморфизма образуются месторождения железа, цинка, меди и др.; они как бы выделяются из магмы вместе с водой, динамометаморфизм – изменения под влиянием тектонических движений с образованием мелких трещин и перекристаллизаций. Различают 2 вида метаморфизма – **сланцеватый**, когда горные породы раскалываются на плитки, куда входят гнейс, глинистый сланец, филлит и **несланцеватый** – мрамор, кварцит, тальк, антрацит – завершающая стадия битуминизации углей [5].

## 5 Выветривание горных пород

Сущность процессов выветривания отнюдь не определяется действием ветра, как это можно полагать при буквальном понимании русского термина. Выветривание – разрушение минералов и горных пород на поверхности Земли под действием внешних агентов (солнечная энергия, вода, атмосферные газы, живые организмы).

Все горные породы под воздействием целого ряда факторов постепенно разрушаются – выветриваются (Рисунок 5). Образовавшиеся мелкие обломки – дресва, песок, глина - смываются дождем, водными потоками, т.е. перемещаются. Этот процесс называется денудацией. В дальнейшем весь рыхлый материал где-то накапливается – происходит его аккумуляция.

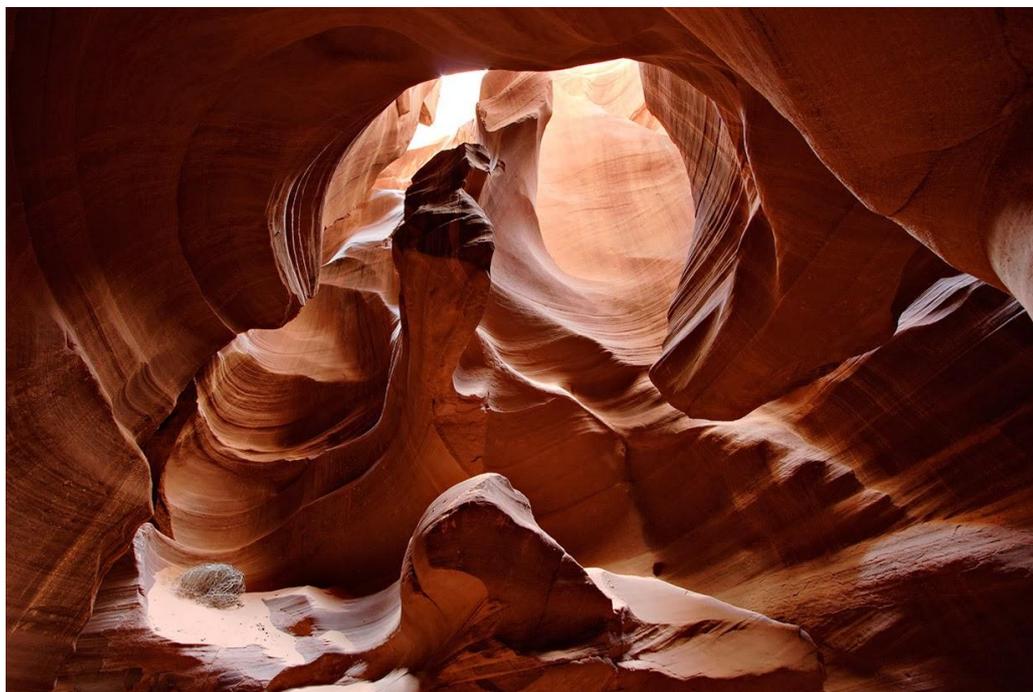


Рисунок 5 – Пример выветривания горных пород

Процесс разрушения первоначально монолитных горных пород – выветривание является основным в ряду явлений выветривания, денудации и аккумуляции. Приходя в контакт в поверхностной части Земли с атмосферой, гидросферой и биосферой горные породы, ранее находившиеся на глубине, подвергаются изменению своего состояния, нарушению сплошности и, наконец, дезинтеграции, разрушению на мелкие частицы.

Наружную оболочку Земли образуют коренные породы. Они перекрыты рыхлыми породами – реголитом или почвообразующими породами. Образование и развитие реголита обусловлено изменением физических, химических и биологических факторов. Этот процесс и называется выветриванием. Различают 2 фазы выветривания – *дезинтеграцию* (механическое разрушение, что облегчает доступ кислорода и воды к большей площади поверхности пород) и, как следствие, *химическое разложение*. Обычно эти 2 явления проходят одновременно [6].

Хронологически же события развивались так: 5 – 4 млрд. лет назад произошло образование океана, 4 – 2 млрд. лет назад насалось химическое выветривание, гидролиз вещества лав, окисление минералов, 2 млрд. – 360 млн. лет – к процессам присоединились физические и климатические факторы, 360 млн. лет – настоящее время – вмешалось влияние живых организмов. Современные явления выветривания есть результат взаимосвязанного воздействия. Различные рыхлые почвообразующие породы состоят из разнообразных первичных и вторичных минералов. К первичным относятся те минералы, которые входили в состав магматических пород и перешли в рыхлые, при механическом разрушении, без химического изменения. Вторичными называются минералы, которые образовались главным образом в результате химического и биологического выветривания магматических пород и первичных минералов. Часть вторичных минералов образуется в процессе синтеза из продуктов выветривания первичных минералов. В большинстве случаев вторичные минералы образуют основную

массу рыхлых пород, исключая песчаные отложения, состоящие главным образом из первичных минералов.

**Химическое выветривание.** Вода является природным универсальным растворителем. Гидратация – это процесс присоединения воды к минералам горных пород с последующим образованием новых минералов. Так, ангидрид ( $\text{CaSO}_4$ ) присоединяет к себе молекулу воды с образованием гипса ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ). Вода диссоциирует на  $\text{H}^+$  и  $\text{OH}^-$  разного заряда, которые могут вступать в связь с минералами. Вода является диполем, потому каждый конец молекулы может присоединяться к противоположно заряженному иону кристалла и вынести его из определенного соединения. Природные воды содержат в себе ионы металлов и других элементов и они, эти элементы, находящиеся в водном растворе, могут замещаться на заряженные атомы (ионы) других элементов, входящих в состав пород. Углекислота, которая находится в воде в некотором количестве, диссоциирует на водород, бикарбонат и карбонат ( $\text{CO}_3$ ). Поэтому насыщенная углекислотой вода легче растворяет вещества, чем химическая чистая вода.

Окисление – это присоединение кислорода к минералам, особенно к металлам, в первую очередь к железу.

**Физические явления:** в числе главных факторов физического выветривания – колебания суточных и годовых температур. Замерзание воды – расширение и увеличение объема. В т.ч. в трещинах горных пород. Рост новых кристаллов, сопровождающийся ростом их объема и веса, а следовательно разрушением окружающих пород. Нагревание и охлаждение при разных коэффициентах расширения входящих в состав горных пород различные соединений. Соединение кварца с гранитом, базальтом и шпатом приводит к разрушению пород. В засушливых регионах накопление солей ниже дневной поверхности, которое приводит к разрушению соседних горных образований при присоединении воды. Температурный градиент в

верхних слоях литосферы составляет 30 градусов на 1 км или 3 градуса на 100 метров.

**Биологическое выветривание.** В разрушении горных пород велика роль растений и их корневых систем, ветер валит деревья и обнажает породы залегающие ниже, неумолима роль животных роющих норы. Сущность химического выветривания заключается в изменении химического состава минералов, неустойчивых в поверхностных условиях, с образованием новых вторичных минералов [6].

## **6 Климат: формирование, изменения во времени, современное состояние**

Изменение окружающей среды происходит не только в результате антропогенного воздействия, но и под влиянием естественных причин. Это относится, прежде всего, к климату. Рассматривая проблемы глобального изменения климата, истощения озонового слоя в атмосфере Земли, предлагаемые меры по сокращению эмиссии парниковых и озонразрушающих газов, следует проанализировать возможное соотношение естественных и искусственных причин тревожащих человечество отклонений от признаваемого им оптимума состояния окружающей среды.

Оригинальная гипотеза изменения климата Земли известна как *пульсационная гипотеза Уилсона*. В период потепления водные потоки, в т.ч. и атмосферная влага, переносятся к полюсам, где вода превращаются в лед. Постепенно происходит накопление льда на полюсах. В этой связи похолодание может быть связано с особенностями движения Антарктического ледникового покрова. Периодически в пределах этого покрова могут возникать быстро движущиеся потоки льда гигантских размеров, которые выбрасываются в океан, формируют шельфовый ледник и огромную массу айсбергов. Выброс может составлять несколько миллионов кубических километров льда. Увеличение площади ледникового покрова и масса тающих айсбергов приводят к глобальному понижению температуры и служат спусковым механизмом нового цикла оледенения. Таким образом, потепление приводит к новому ледниковому периоду.

*Астрономическая гипотеза*, разработана в 20-х годах нашего века югославским геофизиком М. Миланковичем. В соответствии с гипотезой Миланковича полушария Земли в результате изменения элементов ее движения могут получать меньшее или большее количество солнечной

радиации, что отражается на глобальной температуре. Миланкович выделил три элемента движения:

1. Колебания земной оси. Если посмотреть на ось сверху, то оказывается, что она описывает в пространстве круг за время приблизительно 25 тыс. лет, т.е. как бы покачивается по отношению к Солнцу.

2. Изменение наклона земной оси по отношению к плоскости орбиты (эклиптики) Земли. Такие изменения происходят с периодичностью 41 тыс. лет и достигают 3 градусов.

3. Изменение формы орбиты от почти круговой до несколько вытянутой – эллиптической. При этом различие в удалении от Солнца составляет около 5 млн. км.

Рассчитав совместное влияние всех трех факторов, Миланкович смог определить периоды, когда те или иные широтные зоны Земли получают наименьшее количество солнечного излучения [18]. В последние несколько десятилетий, когда усилились антропогенные причины, главным объектом исследований климатологии является *глобальная климатическая система (ГКС)*. Для её описания используются математические модели различной сложности. Рассматривается влияние на систему естественных возмущающих факторов, а также антропогенных, возникших главным образом в современную (индустриальную) эпоху.

## **6.1 Ранняя история изменения климата на Земле**

Развитие микроорганизмов аналогичных современным сине-зеленым водорослям послужило окончанием восстановления атмосферы и началом окислительного этапа.

Заметное количество свободного кислорода появляется 2,2 млрд лет назад, т.е. атмосфера становится окислительной. Этот подтверждают геологические вехи: появление сульфатных осадков – гипсов, развитие красноцветов – это породы, образовавшихся из древних поверхностных отложений, содержащих железо, которые разлагались под воздействием физико-химических процессов, выветривания.

О.Г. Сорохтин выдвинул гипотезу, по которой в процессе формирования ядра Земли из зоны его образования выделяется избыток кислорода, «просачивающегося» к поверхности планеты и участвующего в формировании атмосферы. *Предполагается, что около 1,5 млрд лет назад содержание кислорода в атмосфере достигло «точки Пастера», т.е.  $1/100$  части современного. Точка Пастера означала появление аэробных организмов, перешедших к окислению при дыхании с высвобождением при этом значительно большей энергии, чем при анаэробном брожении.* Опасное ультрафиолетовое излучение уже не проникало в воду глубже 1 м, так как в кислородной атмосфере возник пока еще очень тонкий озоновый слой.  $1/10$  части современного содержания кислорода атмосфера достигла более 600 млн лет назад. Озоновый экран стал более мощным, и организмы распространились во всей толще океана, что привело к настоящему взрыву жизни.

А в скором времени, когда на сушу вышли первоначальные наиболее простые растения, уровень содержания кислорода в атмосфере стремительно достиг нынешнего и даже превзошел его. Так как фотосинтетический кислород близко сопряжен с употреблением углекислого газа организмами, так и содержание конечного в атмосфере переживало колебания. Совместно с преобразованиями атмосферы прочие особенности начал обретать и океан. Аммиак, содержащийся в воде, был окислен, поменялись формы миграции железка, сера была окислена в окись серы. Вода с хлоридно-сульфидной сделалась хлоридно-карбонатно-сульфатной. В морской воде обнаружилось

растворенным колоссальное число кислорода, практически в 1000 раз больше, нежели в атмосфере. О роли фактора жизни в формировании и эволюции всех компонентов климатической системы свидетельствуют следующие цифры. За 10 млн лет фотосинтез перерабатывает массу воды, равную всей гидросфере; примерно за 4 тыс. лет обновляется весь кислород атмосферы, а всего за 6–7 лет поглощается вся углекислота атмосферы. Это означает, что за время развития биосферы вся вода Мирового океана не менее 300 раз прошла через ее организмы, а кислород атмосферы возобновлялся не менее 1 млн раз! Современная масса живого вещества в биосфере Земли составляет всего  $2,42 \cdot 10^{18}$  г. Эта масса в основном находится на суше, в океане ее на порядок меньше –  $3,2 \cdot 10^{17}$  г. Океан является основным поглотителем тепла, поступающего к поверхности Земли от Солнца. Он отражает только 8% потока солнечного излучения, а 92% поглощает его верхний слой. 51% полученного тепла затрачивается на испарение, 42% тепла уходит из океана в виде длинноволнового излучения, так как вода, подобно всякому нагретому телу, излучает тепловые (инфракрасные) лучи, остальные 7% тепла нагревают воздух при прямом контакте (турбулентный обмен). Из этих цифр следует, что океан выступает как основной аккумулятор солнечного тепла. Океан, нагреваясь в основном в тропических широтах, переносит тепло течениями в умеренные и полярные широты и охлаждается [2].

Следует сказать, что климатологи различают геологические, исторические и современные изменения климата.

*К историческим относятся изменения климата, происходившие в период развития цивилизации до начала инструментальных наблюдений.*

**Человек появился в эпоху плейстоценового оледенения.** 25 тыс. лет назад начинается последнее разрастание ледниковых покровов. Своего максимума в северном полушарии они достигли 18 тыс. лет назад. Кульминация оледенения продолжалась недолго, и уже через 2 тыс. лет или

16 тыс. лет назад началась его общая деградация, а 5 тыс. лет спустя объем льда сократился вдвое. В это время наступило небольшое похолодание, которое приостановило разрушение ледниковых покровов, но уже 8 тыс. лет назад Скандинавский ледниковый покров исчез полностью.

Таким образом, ранняя часть голоцена характеризовалась потеплением, которое перешло около 8 тыс. лет назад в интервал, известный как «климатический оптимум» и продолжавшийся около 2,5 тыс. лет. В период оптимума средняя температура воздуха была выше современной, отмечена также повышенная увлажненность, в частности в пустыне Сахара. О более высокой температуре говорят хорошо сохранившиеся индикаторы климата прошлого, в частности находки стволов деревьев, произраставших на берегах Северного Ледовитого океана в Сибири и в Гренландии. Исландию в этот период наполовину покрывали березовые леса, которые сейчас занимают не более 1% территории. В горах повысилась граница леса, а ледяной покров Северного Ледовитого океана сократился по площади почти вдвое по сравнению с современным. В Сахаре найдены остатки многих животных, которые могли жить только при наличии водоемов со стоячими и текучими водами, обнаружены остатки богатой растительности. По существующим оценкам, в Европе было теплее на 2 °С, чем сейчас, причем в основном в летний период, так как многие вечнозеленые растения – тис, падуб, и др. – контролируются зимней температурой и в это время на север не продвигались. Потепление, хотя и не столь сильное, как в северном полушарии, было отмечено и в южном [2, 4].

Климатический оптимум 5,5 тыс. лет назад сменился похолоданием, затем наступило новое потепление, кульминация которого пришлась на период около 4 тыс. лет назад. Следующее за ним новое похолодание совпало с периодом войн за Трои и путешествий Одиссея.

Вслед за первым историческим похолоданием с кульминацией около 3 тыс. лет назад началось новое потепление, продолжавшееся и в первом

тысячелетии нашей эры, известное как «малый климатический оптимум». Этот период можно назвать также периодом «забытых географических открытий», в отличие от периода Великих географических открытий XV и XVI вв.

На Руси до конца X в. также были благоприятные климатические условия: редко случались неурожаи, не было очень суровых зим и сильных засух. Вспомним, что именно в это благоприятное время был открыт и интенсивно использовался путь «из варяг в греки».

В первой четверти первого тысячелетия начинается постепенное похолодание. Морской лед отрезал Гренландию от Исландии и привел к гибели поселения норманнов. Последние сведения о норманнских поселенцах в Гренландии относятся к 1500 г. Одновременно очень суровыми стали условия в Исландии, где XVI–XVII столетия были временами тяжелых испытаний.

С XI по XVII в. – за семь столетий – на Руси в целом и в отдельных районах было 200 голодных лет, т.е. практически каждые 3–4 года.

В целом эта ближайшая к нам эпоха похолодания, известная как малый ледниковый период, продолжалась до XIX в. и сменилась новым потеплением.

## **6.2 Современное изменение климата**

Инструментальные наблюдения за климатом, развернувшиеся в XIX в., зарегистрировали начало потепления, которое продолжалось до первой половины XX.

Ледяной покров Северного Ледовитого океана сильно сократился, что позволило обычным судам заплывать в высокие широты: в 1925 г. парусная шхуна смогла обогнуть Шпицберген, а в 1932 г. известный советский

океанолог Н.Н. Зубов на небольшом боте обошел вокруг Земли Франца-Иосифа. Такая обстановка в Арктике способствовала освоению Северного морского пути, позволяя обычным неледокольным судам совершать сквозное плавание по нему в течение одной навигации. В эпоху потепления 30-х годов в районах недостаточного увлажнения возросло количество засух, охватывающих большие территории. Такие засухи отмечались в СССР, а также в Соединенных Штатах.

После 40-х годов стала проявляться тенденция к похолоданию. Льды в северном полушарии стали снова наступать. В первую очередь это выразилось в росте площади ледяного покрова Северного Ледовитого океана. С начала 40-х и до конца 60-х годов площадь льда в арктическом бассейне возросла на 10%. Горные ледники в Альпах и на Кавказе, а также в горах Северной Америки, ранее быстро отступавшие, или замедляли отступление, или даже начали снова наступать. Что касается похолодания климата с минимумом температуры в 1950-1960 годы, то оно противоречит отмеченной идее, ибо в эти послевоенные годы происходило бурное развитие мировой индустрии, распашка целины и связанное с этим окисление органического вещества почв и выбросом в атмосферу окиси углерода, а также испытания ядерного оружия [12, 13].

В 60-е и 70-е годы возрастает число климатических аномалий. Это были суровая зима 1967-1968 г. в СССР и три суровые зимы с 1972 по 1977 г. в Соединенных Штатах. В этот же период в Европе отмечается серия очень мягких зим. В Восточной Европе в 1972 г. – очень сильная засуха, а в 1976 г. – на редкость дождливое лето. В 1976 и 1979 г., сильные заморозки губят кофейные плантации в Бразилии. В Австралии летом 1982 г. была одна из самых драматических засух за всю историю континента, получившая название «великая сушь». Она охватила всю восточную и южную часть континента и сопровождалась сильными лесными пожарами. В то же время Китай заливали дожди, продолжавшиеся три месяца. В Индии задержался

сезон муссонных дождей. В Индонезии и на Филиппинах свирепствовали засухи.

Таким образом, современное колебательное потепление климата - скорее обычное, чем особенное климатическое событие. То же самое касается повышения температуры в последние несколько десятилетий. Их можно считать уникальными только в том смысле, что каждое возобновляющееся событие окружающего мира неповторимо в своих деталях (нельзя дважды войти в одну и ту же реку). Для объяснения современных климатических изменений необходимо, в первую очередь, выявить причины естественных колебаний климата.

Глобальные антропогенные воздействия на ГКС не ограничивались эмиссией парниковых газов и аэрозолей, которые могли вызвать разнонаправленные климатические эффекты. Имели место также обезлесение, остепнение и опустынивание земель на континентах. Эти изменения происходили главным образом в индустриальную эпоху. Они сопровождалась увеличением планетарного альбедо и являлись фактором похолодания климата. Результирующее антропогенное воздействие на климат ещё не изучено в должной мере. Но главное в том, что оно не носило колебательного характера и не участвовало в формировании климатических циклов современной эпохи.

Оценка состояния климата Земли. За последнее столетие средние температуры земной поверхности повысились на  $0,3^{\circ}\text{C}$  –  $0,6^{\circ}\text{C}$ ; уровень Мирового океана поднялся в среднем на 10–20 см; начиная с 1973 г. среднегодовая площадь снегового покрова в северном полушарии сократилась на 8%.

С 7 по 18 декабря 2009 года в Копенгагене проходит Пятнадцатая конференция ООН по проблеме изменения климата, в которой принимают участие представители 192 стран мира [13].

### **6.3 Существует ли вообще «глобальное потепление»?**

Два-три десятилетия назад, когда о проблеме современного глобального изменения климата было известно еще очень мало, предполагалось, что изменение это будет заключаться в повсеместном потеплении в результате так называемого *«парникового эффекта»* - накопления в атмосфере газов, задерживающих тепловое излучение поверхности Земли (углекислого газа, метана и других). Проведенные за эти два-три десятилетия исследования показали, что проблема имеет намного более сложный характер, и в разных частях Земли климат может меняться по-разному. С учетом имеющихся научных знаний по данной проблеме, правильнее говорить не о «глобальном потеплении», а о «глобальном изменении» климата, увеличении частоты аномальных и опасных климатических явлений, таянии ледников и вечной мерзлоты, изменении характера распределения осадков по поверхности Земли. При этом в северных странах, например, в России, действительно наблюдается устойчивое увеличение среднегодовой температуры приземных слоев воздуха.

#### ***Опасно ли глобальное изменение климата для живой природы?***

Да, опасно - несмотря на то, что сравнимые по амплитуде и даже значительно более сильные изменения климата в истории Земли происходили многократно. С точки зрения угрозы живой природе у современных изменений климата есть две особенности, делающие их особо опасными для биологического разнообразия нашей планеты.

Во-первых, скорость этих изменений. Насколько известно, никогда в истории Земли, за исключением, возможно, отдельных катастрофических событий глобального масштаба (например столкновений с большими метеоритами), таких быстрых изменений не было.

Во-вторых, совершенно иной характер территорий дикой природы. В прошлом они представляли собой непрерывные пространства в масштабе континентов, в пределах которых виды живых организмов могли свободно мигрировать вместе с природными зонами.

### ***Опасно ли глобальное изменение климата для человека?***

Да, опасно - опять же, несмотря на то, что на протяжении времени существования человека как биологического вида климату случалось изменяться и сильнее. Глобальные изменения климата, наблюдавшиеся в прошлом (например, в периоды оледенения), не наносили человеческой цивилизации значительного ущерба просто потому, что цивилизации как таковой еще не было, и человек в глобальном плане еще не был настолько оседлым и привязанным к конкретным местам жительства существом. Сейчас люди населяют практически всю Землю, перемещаться им при быстрых глобальных изменениях климата некуда, да и невозможно перенести с места на место целые города и даже государства, существованию которых угрожает, например, подъем уровня воды в мировом океане. Основных угроз человеческой цивилизации, связанных с изменением климата, три:

- подъем уровня воды в океанах (за счет таяния ледников и вечной мерзлоты) и затопление островных и прибрежных территорий;
- увеличение частоты и интенсивности опасных явлений природы (ураганов, засух, пожаров на природных территориях и др.);
- расширение зон рискованного земледелия и снижение уровня продовольственной безопасности целых стран и народов.

### ***Есть ли элементы мистификации в научной деятельности, связанной с изменением климата?***

Конечно, есть. Элементы мистификации (недобросовестные исследования, подгонка результатов под желаемый результат или заведомо неверная интерпретация результатов) встречаются в науке, как и в любом

ином виде человеческой деятельности, совсем нередко. Мотивы мистификации могут быть самыми разными - от желания выдать заказчику наиболее яркий и общественно значимый результат до желания прославиться за счет отрицания общепризнанных теорий и концепций.

### ***Может ли глобальное изменение климата нанести существенный ущерб России?***

Да, причем Россия может стать одной из наиболее страдающих от изменения климата стран мира. Россия - северная страна, а изменения климата, по всей видимости, будут проявляться в наибольшей степени именно в северных странах (что пока подтверждается данными метеорологических наблюдений). Нашей стране глобальное изменение климата грозит: резким ростом рисков в земледелии и лесном хозяйстве (засух, вредителей, болезней, усыхания лесов и др.); увеличением количества опасных явлений погоды (наводнений, ураганов, периодов повышенной пожарной опасности, жары); деградацией вечной мерзлоты с разрушением расположенной на ней инфраструктуры; затоплением или подтоплением обжитых приморских районов; изменением санитарно-эпидемиологической ситуации, и т.д. выявлены случаи сибирской язвы в заполярье от таяния вечной мерзлоты и попадания в воздух возбудителей болезни от разлагающихся трупов оленей. Особый риск связан с тем, что постепенное преобразование окружающей среды человеком в какой-то момент может привести к чрезвычайно резким изменениям климата из-за непредвиденных явлениях (например, к изменению конфигурации Гольфстрима - что чревато превращением значительной части Европейской России в зону сурового континентального климата, некомфортную для проживания и не очень подходящую для сельского хозяйства).

***Устойчивое развитие*** – это такое развитие общества, при котором человечество может удовлетворять свои нужды без ущерба окружающей

среде, не подрывая при этом возможности удовлетворять их следующим поколениям.

Сжигание углеводородов – нефть, газ, уголь, началось интенсивно ускоряться 300 лет назад. Что делать с углекислым газом? Фильтровать или перерабатывать, улавливать и направлять в подземные хранилища? Все это очень дорогостоящие мероприятия. Коварство проблемы в том, что выброс газа в одном месте мало изменит само место, но его содержание возрастет во всем мире. Это не совсем экология, это всеобщая проблема особого свойства [15].

## 7 Почвообразование и почвы

**Почва** – это самостоятельное, незаменимое, естественно-историческое, органо-минеральное полидисперсное многофазное тело, обладающее многими незаменимыми функциями в биосфере. Это важнейший компонент биосферы, оказывающий наряду с мировым океаном решающее влияние на всю глобальную экосистему в целом. Почва является граничным слоем между атмосферой и биосферной частью литосферы. В нем наблюдается не просто смешение живого и неживого компонентов природы, но их взаимодействие в рамках единой экосистемы. Главное назначение этой экосистемы - обеспечение круговорота веществ в биосфере, благодаря которому стало возможным существование растительных и животных организмов, а также микроорганизмов.

Формирование почв происходит под влиянием совокупности компонентов природной среды. Всего их шесть: климат, почвообразующие (материнские) породы, рельеф, живые организмы (биота), время и антропогенный фактор. Все они *равнозначны и незаменимы*. При отсутствии хотя бы одного из них почва как таковая не формируется. Однако считается возможным направленное (ведущее) воздействие какого-либо из факторов. Совокупное воздействие комплекса факторов почвообразования приводит к формированию в конкретном географическом пространстве вполне определенной почвы (почвенный профиль ABC) с присущими только ей свойствами. В этом случае действуют *почвообразующие* факторы, проявляющиеся в каждой точке пространства индивидуально, в результате чего создается неповторимый почвенный профиль — собственно почва. **Почвообразующие породы** являются субстратом для поселения живых организмов. Они играют роль твердой фазы — каркаса в профильном строении почвенного тела и определяют исходные составляющие почвы: минеральную, химическую, физико-химическую и др., также влияют на

исходный уровень плодородия почв и служат своеобразным банком первичных и глинистых минералов разного химического состава и механических свойств.

Материнские породы обуславливают следующие важнейшие свойства почв:

- 1) гранулометрический (механический) состав почв;
- 2) химический и минералогический составы почв;
- 3) физические и физико-механические свойства почв;
- 4) водно-воздушный, тепловой и пищевой режимы почв.

Одновременно почвообразующие породы, определяя строение почв, характер их эволюции, пестроту почвенного покрова, существенно влияют на многие условия и процессы почвообразования.

**Рельеф** в отличие от почвообразующих пород в большей степени выполняет косвенную функцию в почвообразовательном процессе, перераспределяя те компоненты географической среды, которые определяют энергетику почвообразования. К ним относятся теплота, влага и растворы, а также твердые вещества. Рельеф характеризуется рядом количественных (форма и размеры), а также генетических параметров, которые играют дополнительную и определяющую роль в почвообразовательном процессе. К ним относятся поименно-долинный комплекс рельефа, абразионные и аллювиальные равнины и равнины морской аккумуляции, карстовые комплексы, эрозионные, эоловые и водные формы рельефа, крутизна, протяженность и форма склонового рельефа. Каждому из этих генетических типов рельефа соответствует свой набор почв.

Наиболее существенными факторами в почвообразовании являются **животные и растительные организмы** — особые компоненты почвы. Их роль заключается в огромной геохимической работе. В системе «почва—растение» происходит постоянный биологический круговорот веществ, в котором растения играют активную роль. Начало почвообразования всегда

связано с поселением на минеральном субстрате организмов. В почве обитают представители всех четырех царств живой природы — растения, животные, грибы, прокариоты (микроорганизмы — бактерии, актиномицеты и сине-зеленые водоросли).

Высшим растениям принадлежит ведущая роль в процессах гумусообразования. В гумусовом слое Земли сосредоточено такое же количество энергии, как и во всей биомассе суши, причем аккумулируется энергия, ассимилированная в растениях благодаря фотосинтезу. Одна из наиболее продуктивных составляющих биомассы — опад, или опавшие листья, ветви, кора, плоды и другие части растений... Процесс минерализации ежегодного опада в основном совершается в течение годового цикла. Взаимосвязь между растительными формациями, направлением почвообразовательного процесса и закономерностью пространственного распределения почв отчетливо прослеживается на самых разных уровнях, начиная с зональных проявлений и кончая микробиогеоценозом элементарной западины. Эта связь взаимообусловлена. Часто по смене растительных ассоциаций можно четко установить и смену отдельных почв. Наряду с высшими растениями огромное влияние на почвообразование оказывают многочисленные представители почвенной фауны—беспозвоночные и позвоночные, живущие в почве и на ее поверхности, активно участвующие в преобразовании органического вещества. Среди почвенных животных абсолютно преобладают беспозвоночные, суммарная биомасса которых в 1000 раз больше, чем позвоночных. Одними из самых важных почвообразователей считаются дождевые черви. Они составляют 90 % от всей зоомассы в почвах таежных и лиственных лесов и ежегодно пропускают через свой кишечник в разных зонах от 50 до 600 т мелкозема с площади 1 га, создавая в поверхностных гумусовых горизонтах почв мелкозернистую и комковатую структуру.

Копролиты — продукты жизнедеятельности дождевых червей — по массе с площади 1 га составляют в среднем 25 т в год.

Микроорганизмы (бактерии, актиномицеты, грибы, водоросли, простейшие) готовят *биогенный мелкозем* — субстрат для поселения высших растений — основных продуцентов органического вещества. В поверхностном горизонте почв суммарная масса микроорганизмов — несколько тонн на 1 га, причем почвенные микроорганизмы составляют от 0,01 до 0,1 % от всей биомассы суши. Микроорганизмы участвуют в гумусообразовании и разлагают органические вещества до простых конечных продуктов: газов (диоксид углерода, аммиак и др.), воды и простых минеральных соединений, которые ассимилируются растениями.

**Климат** — главный количественный показатель состояния атмосферы и воздействующих на почву атмосферных процессов, прежде всего поступления в почву тепла и воды. С климатом связаны основные закономерности развития органического мира, почвенного покрова Земли, энергетики почвообразования.

Климат — результат взаимодействия многих природных факторов, из которых главными являются:

- 1) Приход и расход лучистой энергии Солнца;
- 2) Атмосферная циркуляция, перераспределяющая тепло и влагу;
- 3) Влагооборот, неотделимый от атмосферной циркуляции.

В соответствии с поступлением тепла на поверхности Земли формируются термические пояса планеты. Для травянистой растительности активные температуры — выше 5 °С, а для лесной растительности — выше 10 °С. Интенсивность выветривания, фотосинтеза и образования органического вещества, жизнедеятельность животных и бактерий неизмеримо увеличиваются в направлении от полярных областей к теплым тропическим и экваториальным. В этом же направлении нарастает поступление атмосферных осадков, которое в разных природных зонах

сильно варьирует, особенно внутри континентов. Кроме того, возрастает интенсивность почвообразовательного процесса, выражающаяся в разрушении минералов, разложении органического вещества, выщелачивании, а также в синтезе новых минералов и органических соединений.

***Время как фактор почвообразования.*** С историей развития земной поверхности и временем почвообразования неразрывно связано формирование почв и почвенного покрова. Почвообразование осуществляется во времени. В современном почвоведении существует термин «*характерное время*». Под характерным временем почвообразования понимается период, необходимый для того, чтобы то или иное свойство почвенного тела или вся почва полностью сформировались, т.е. пришли в равновесие с комбинацией факторов почвообразования. Для понимания эволюции почв и почвенного покрова, биосферы в целом важную роль играют исследования погребенных почв, реликтовых признаков почвенных горизонтов и почв в целом. Изучение ископаемых почв (палеопочв) дает очень ценный материал для суждения о географической обстановке минувших эпох.

***Антропогенные факторы почвообразования.*** Изменения факторов почвообразования через антропогенное воздействие проявляются в разных формах:

1) В преобразовании почвообразующих пород (рекультивационные наносы, горные выработки, торфоразработки и т.д.);

2) Путем изменения форм рельефа (формирование терриконов, карьеров, дамб, планировки территорий и т.д.);

3) В результате изменения климатических параметров на макро-, мезо- и микроуровнях (глобальный парниковый эффект и эффект потепления в мегаполисах, орошение почв и связанное с ним изменение микроклимата и т.д.);

4) Путем изменения характера биоты (сельскохозяйственные посевы культурных растений).

За последние десятилетия роль человеческого фактора в его влиянии на природу неизмеримо выросла. На современном этапе он превратился из локального в глобальный фактор почвообразования. Техногенные нагрузки на почвенный покров охватывают огромные территории и проявляются в деградации и деструкции почв, их истощении, преобразовании естественно-исторического вертикального профиля, изменении состава солей мелиоративными приемами, подкислении почв и т.д [9-11, 22].

## 8 Состав и строение почв

Почва — продукт разнородных процессов, которые совершаются в поверхностном слое земной коры при взаимодействии всех четырех фаз, образующих единую совокупность. По своей сущности почва является биологическим объектом.

**Фазы почвы.** *Твердая фаза* — органоминеральная система, наиболее устойчивая по объему, составу и во времени. Она состоит из остаточных минералов или обломков горной породы и вторичных продуктов почвообразования — растительных остатков, гумуса, вторичных глинистых минералов, простых солей и оксидов элементов, освобожденных при выветривании горной породы. Она характеризуется гранулометрическим (механическим), минералогическим и химическим составом, с одной стороны, и сложением, структурой и порозностью — с другой.

*Жидкая фаза почвы* — это почвенный раствор, динамичный по объему и составу, заполняющий ее поровое пространство. Содержание и свойства почвенного раствора зависят от водно-физических свойств почвы и от ее состояния в данный момент в соответствии с условиями грунтового и атмосферного увлажнения.

*Газовая фаза почвы* — это воздух, заполняющий в почве поры, свободные от воды. Состав почвенного воздуха существенно отличается от атмосферного и очень динамичен во времени. В сухой почве воздуха больше, поскольку вода и воздух в почве являются антагонистами, взаимно замещая друг друга.

*Живая фаза почвы* — это населяющие ее организмы, непосредственно участвующие в процессе почвообразования (микроорганизмы, представители микро- и мезофауны и, наконец, корневые системы растений и опад надземных и их органов).

Природная почва существует и функционирует в единстве своих фаз как единое физическое тело.

## 8.1 Почвенный профиль и почвенные горизонты

**Почвенным профилем** называется определенная вертикальная последовательность генетических горизонтов в пределах почвенного индивидуума, специфическая для каждого типа почвообразования. **Почвенные горизонты** — это относительно однородные слои почвы, формирующиеся в процессе почвообразования и различающиеся между собой по морфологическим признакам, составу и свойствам (Рисунок 6).

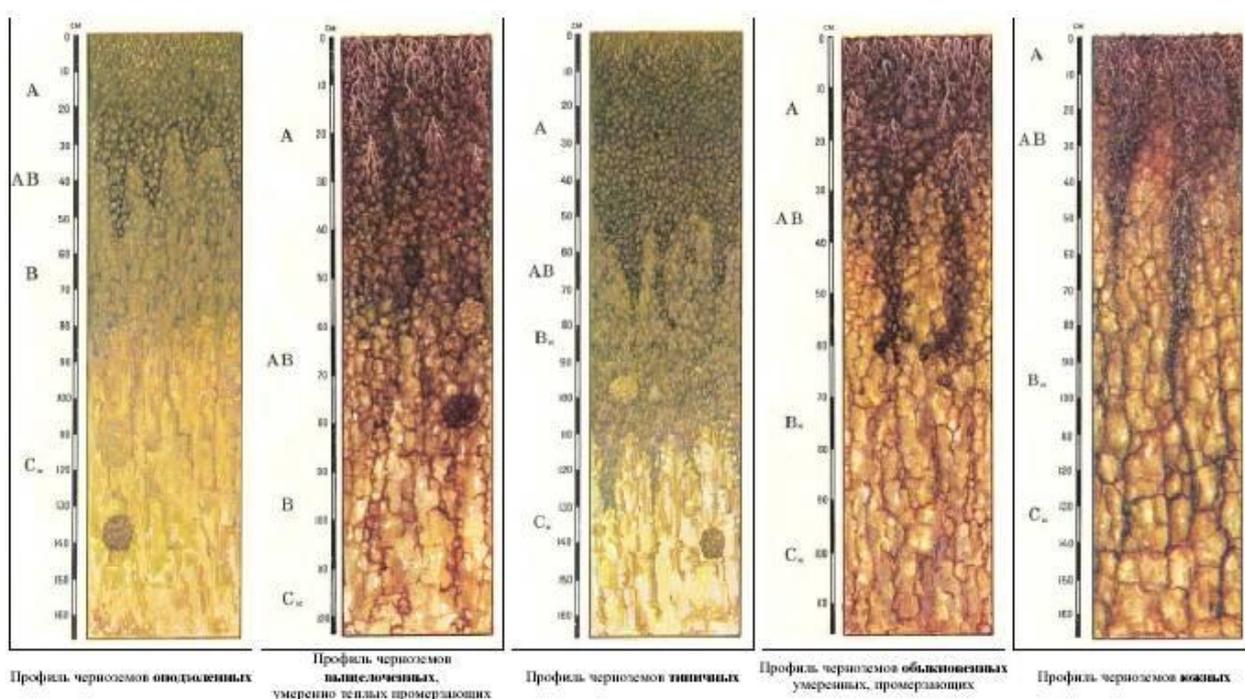


Рисунок 6 – Строение почвенных профилей

**Строение почвенного профиля.** Каждая почва имеет специфическое строение, которое заключается в определенном сочетании *генетических горизонтов*. Это сочетание представляет собой иерархически построенную

природную систему, состоящую из *морфологических элементов* разного уровня, отличающихся от соседних по форме и внешним свойствам — *морфологическим признакам*.

Морфологические элементы почвы — это ее генетические горизонты и входящие в их состав структурные отдельности, новообразования, включения и поры.

Морфологические признаки, отличающихся один от другого морфологических элементов, характеризуют особенности морфологических элементов. Сюда входят характер их границ, окраска, гранулометрический состав, сложение, характер поверхности, плотность и твердость, липкость, пластичность [9].

Почвенный профиль представляет собой первый уровень морфологической организации почвы как природного тела, а почвенный горизонт можно рассматривать как второй уровень, который также неоднороден и состоит из морфологических элементов третьего уровня — *морфонов*. Морфоны — это (кроме структурных отдельностей) внутригоризонтальные морфологические элементы, разделенные трещинами блоки вышерасположенных горизонтов, включения и новообразования. Выделение морфонов возможно не во всех почвах и не во всех горизонтах. Так, однородный почвенный горизонт может представлять собой единый морфон, разделяющийся лишь на структурные отдельности.

На четвертом уровне организации выделяются *почвенные агрегаты* (*структурные отдельности, комки*) разных размеров и форм, на которые почва естественно распадается в пределах генетических горизонтов либо в границах их морфонов. Почвенные агрегаты могут *быть разных порядков: от макро- до микроагрегатов*. Однако все структурные отдельности разного порядка (размера) составляют один морфологический уровень.

Почвенные агрегаты построены очень сложно и могут состоять из минеральных, органоминеральных и органических микроагрегатов,

первичных механических элементов — твердых частиц почв (выключая отдельные минеральные зерна), микроконкреций, стяжений и других новообразований микроскопического размера.

Пятый уровень морфологической организации почвы обнаруживается с помощью микроскопа. **Микростроение почвы**, главным образом ее твердая фаза, изучается в рамках микроморфологии почв.

Строение или последовательность генетических горизонтов каждой почвы служит основной диагностической характеристикой, ее визитной карточкой. Все генетические горизонты в профиле почв представляют собой взаимосвязанную и взаимообусловленную систему.

В.В. Докучаев, основоположник мирового почвоведения, выделил в почвенном профиле всего три генетических горизонта:

А\* — поверхностный гумусово-аккумулятивный;

В — переходный к материнской породе;

С — материнская горная порода, подпочва.

С развитием почвоведения система генетических горизонтов неоднократно расширялась и совершенствовалась.

С некоторой долей условности все свойства почв можно разделить на химические и физические.

## 8.2 Химические свойства почв

Почва наследует химический состав коры выветривания. Однако при влиянии на кору выветривания живого вещества химический состав ее существенно изменяется. Поскольку основная масса почвы, за исключением гумуса и органических остатков, представлена минеральными частицами, *валовой химический состав почвы* в основном определяется составом и количественным соотношением формирующих ее минералов. К наиболее

распространенным в почвах минералам относятся следующие. *Кремний* определяется содержанием в почве кварца и в меньшей степени первичных и вторичных силикатов и алюмосиликатов. Валовое содержание  $\text{SiO}_2$  колеблется от 40 до 70 % в глинистых почвах и до 90 — 98 % в песчаных. *Алюминий* обусловлен присутствием полевых шпатов, глинистых минералов и других богатых алюминием первичных минералов. Валовое содержание  $\text{Al}_2\text{O}_3$  в почвах обычно колеблется от 1 — 2 до 15 — 20 %, а в ферраллитных почвах тропиков и бокситах может превышать 40 %. *Железо* присутствует в почвах в составе первичных и вторичных минералов группы оксидов железа. Валовое содержание  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  колеблется в очень широких пределах — от 0,5—1 % в кварцево-песчаных почвах и 20—50% в ферраллитных почвах тропиков. Содержание *кальция* ( $\text{CaO}$ ) в бескарбонатных суглинистых почвах составляет 1 — 3 %. В почвах сухостепной и аридной зон в процессе почвообразования идет накопление вторичного кальцита или гипса. *Магний* по своему содержанию близок к  $\text{CaO}$ . Он сосредоточен в обломках доломитов, роговых обманок, пироксенах. В почвах аридной зоны много магния аккумулируется при засолении почв в виде хлоридов и сульфатов. Содержание *калия* ( $\text{K}_2\text{O}$ ) в почвах составляет 2—3 %. Он присутствует в тонкодисперсных фракциях, особенно в гидрослюдах. Калий чрезвычайно необходимый для растений элемент. Содержание *натрия* ( $\text{Na}_2\text{O}$ ) составляет около 1 — 3 %, преимущественно в натриисодержащих полевых шпатах. В аридных почвах натрий присутствует в основном в виде хлоридов. Дефицита натрия в почвах, как правило, не наблюдается, но его избыток обуславливает неблагоприятные физические свойства почв. *Углерод, азот, фосфор* — важнейшие органогены. Углерод сосредоточен главным образом в гумусе, а также в органических остатках и карбонатах. Азот также связан с гумусом и наряду с фосфором играет очень важную роль в плодородии почв. В почвах, как правило, наблюдается дефицит фосфора, его валовое количество незначительно и в основном его содержат гумус и органические остатки.

*Микроэлементы* — никель, кобальт, цинк, медь, свинец, литий и др. — присутствуют в почвах в небольших количествах. Однако дефицит или избыток любого из них негативно отражается на выращиваемых сельскохозяйственных культурах.

**Кислотность и щелочность почв.** Попадая в почву, атмосферная влага начинает растворять минеральные и органические вещества, взаимодействовать с почвенными коллоидами, с живыми организмами почвы, почвенным воздухом и превращаться в раствор. Почвенные растворы представляют собой подвижную систему; состав их изменяется по мере того, как они перемещаются из одного почвенного горизонта в другой. Концентрация и состав растворенных веществ обуславливают ту или иную реакцию почвенного раствора, которая определяется соотношением свободных ионов  $H^+$  и  $OH^-$  в почвенном растворе. Концентрация свободных ионов  $H^+$  выражается рН — *отрицательным логарифмом концентрации {активности} водородных ионов*. рН чистой воды равен 7, что свидетельствует о нейтральной реакции. При увеличении концентрации водородных ионов значения рН понижаются, а при уменьшении концентрации — повышаются. Значения рН ниже 7 указывают на кислую реакцию почвенного раствора, а выше 7 — на его щелочную реакцию. Для сельскохозяйственных растений наиболее благоприятна 1 слабокислая или слабощелочная реакция почвенного раствора. В многолетней практике лабораторных исследований почв приняты следующие значения рН для определения степени кислотности или щелочности почвы:

- 3,0 — 4,5 — сильнокислые;
- 4,6—5,0 — кислые;
- 5,1 — 5,5 — слабокислые;
- 5,6—6,0 — близкие к нейтральным;
- 6,1 — 7,0 — нейтральные;
- 7,1 — 7,5 — слабощелочные;

7,6— 8,5 — щелочные;

8,6 и выше — сильнощелочные.

**Органическое вещество почв.** Источниками органического вещества почвы являются все компоненты биоценоза, которые попадают на поверхность почв или в толщу почвенного профиля и

участвуют в процессах почвообразования. *Органическое вещество почв — это совокупность живой биомассы и органических остатков растений, животных, микроорганизмов, продуктов их метаболизма и специфических новообразованных органических веществ почвы — гумуса.* В разных природных зонах запасы биомассы биоценозов неодинаковы. Наземный и корневой опад и продукты метаболизма высших растений дают основной материал, из которого формируется органическое вещество почв. *Гумификация или гумусообразование — это сложный биологический и физико-химический процесс с участием микроорганизмов, который представляет собой трансформацию промежуточных высокомолекулярных продуктов разложения органических остатков в особый класс органических соединений — гумусовые кислоты: фульвокислоты, гуминовые кислоты и гумин.* Молекулы гуминовых кислот (ГК) темноокрашены и имеют сложное строение. Элементный состав гуминовых кислот в процентах по массе составляет: С — 50—62; Н — 2,8 — 6,6; О — 31—40; N — 2 — 6. Содержание углерода максимально в черноземах и уменьшается по мере продвижения в сторону гумидных и аридных почв. Фульвокислоты (ФК) — группа гумусовых кислот, остающихся в растворе после осаждения гуминовых кислот. Это высокомолекулярные азотсодержащие органические кислоты. От ГК отличаются светлой окраской, более низким содержанием углерода, растворимостью в кислотах и способностью к кислотному гидролизу. Негидролизуемый остаток — гумин — это совокупность ГК и ФК, прочно связанных с минеральной частью почвы, а также

трудноразлагаемых компонентов остатков растений: целлюлозы, лигнина, углистых частиц [22].

При определении содержания гумуса в почве можно руководствоваться следующими цифрами: очень высокое — больше 10 %; высокое — 6—10%; среднее — 4—6%; низкое — 2—4%; очень низкое — меньше 2 %.

Распад органического вещества — сложный и длительный процесс частичного или полного превращения сложноорганизованных структур и молекул в более простые, в том числе в продукты полной минерализации ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  и др.). Минерализация органического вещества осуществляется через комплекс физико-химических и биохимических окислительно-восстановительных микропроцессов, приводящих к полному разложению органических остатков и собственно гумусовых веществ до конечных продуктов окисления — окислов и солей. Этот процесс одновременно и составная часть круговорота углерода, так как обуславливает освобождение и переход в доступную форму основных элементов минерального питания растений.

### **8.3 Физические свойства почв**

Физические свойства почв чрезвычайно важны и во многом определяют самое основное их свойство — плодородие. Почва — гетерогенная система, в которой соотношение и взаимодействие твердой, жидкой и газовой фаз обуславливают состояние почвенного раствора, плотность и водопроницаемость почв, их воздушные и тепловые свойства и, в конечном счете, характер питания растений и уровень плодородия.

**Гранулометрический состав почв.** Основная часть почв формируется на рыхлых отложениях, которые представляют собой продукты

выветривания, т. е. разрушения, преобразования и переотложения исходных плотных пород. Они состоят из минеральных частиц различной крупности, называемых *механическими элементами*. При этом соотношение частиц разного размера зависит от характера исходной породы, направления, интенсивности и длительности выветривания, определяя тот или иной гранулометрический (механический) состав почв. Гранулометрический состав в значительной степени наследуется от почвообразующих пород и мало меняется в процессе почвообразования. Вся масса мелкозема в зависимости от размера (диаметра) минеральных частиц может быть разделена на отдельные группы, или фракции (в мм): камни ( $> 3$ ), гравий ( $3 - 1$ ), песок ( $1 - 0,05$ ), пыль ( $0,05 - 0,001$ ) и ил ( $< 0,001$ ). У частиц меньше  $0,001$  мм хорошо выражена способность к коагуляции с образованием агрегатов, включающих и более крупные частицы. Легкими называют почвы, в которых преобладают крупные фракции, тяжелыми — в которых преобладают тонкие фракции, преимущественно илистые.

*Соотношение частиц разного размера, выраженное в процентах от массы абсолютно сухой почвы, и определяет гранулометрический состав почвы.*

**Структура почвы** важный и характерный генетический и агрономический признак почвы. Способность почв распадаться на агрегаты называется структурностью, а совокупность агрегатов различной величины, формы и качества называется почвенной структурой. От нее во многом зависят едва ли не все физические свойства почв. С морфолого-генетической и агрофизической точек зрения, почвенная структура понимается по-разному. С агрономической точки зрения, в структурной почве преобладают «агрономически ценные агрегаты» размером от  $0,25$  до  $10$  мм. Почвенные отдельности менее  $0,25$  мм относятся к микроагрегатам, более  $10$  мм — к глыбистым.

Формируют структуру почвы многие факторы, среди которых важную роль играют корни растений, особенно дерновинных злаков. Благодаря корням этих злаков структура гумусовых горизонтов почв становится комковатой и зернистой. Кроме того, сруктурообразованию способствуют почвенная фауна, особенно дождевые черви, а также гумус, глинистые частицы, оксиды железа и алюминия, карбонаты кальция. Они склеивают, цементируют агрегаты, придают им устойчивость в переувлажненной среде. Присутствие в почве наиболее водопрочных агрегатов свидетельствует не только о хорошей оструктуренности почв, но и о ее высокой агрономической ценности.

**Плотность почв** является функцией многих факторов, из которых наиболее существенны ее гранулометрический и минералогический состав, характер структуры и степень агрегированности почвы в целом. Это масса единицы объема абсолютно сухой почвы взятой в естественном сложении. Она варьируется в широких пределах. Верхние горизонты черноземов имеют лучшую для вегетации растений плотность, равную  $0,95 - 1,2 \text{ г/см}^3$ .

**Водопроницаемость** – это способность почвы воспринимать и пропускать через себя воду. Различают две стадии водопроницаемости – впитывание и фильтрацию. Водопроницаемость считается провальной, если почва за час пропускает более 1000 мм воды; 500 – 1000 мм/час – излишней, 100 – 500 мм/час – наилучшей, 70 – 100 мм/час – хорошей, 30 – 70 мм/час – удовлетворительной.

**Воздушные свойства почв** включают в себя **воздухоемкость** – ту часть объема почвы, которая занята воздухом, **воздухопроницаемость** или способность почвы пропускать через себя воздух и **аэрацию** – процесс обмена почвенного воздуха с атмосферным. Состав почвенного воздуха значительно отличается по составу от атмосферного благодаря проходящим в почвенной толщ биологическим и микробиологическим процессам. Основными **тепловыми свойствами почв** являются **теплоемкость** –

свойство почв поглощать тепло, *теплопроводность* или способность почвенного тела проводить тепло и *тепловой режим почв*, под которым понимают совокупность всех явлений поступления, передвижения и отдачи тепла почвой.

На основании совокупность всех свойств почв разработана классификация почв, которая объединяет почвенные объекты в группы по важнейшим свойствам, происхождению, по особенностям плодородия и функциям в биосфере.

Установлены закономерности географического распространения почв по земной поверхности. В почвенном покрове выделены почвенно-климатические пояса, обусловленные главным образом термическими особенностями климата. Они, в свою очередь, разделяются на почвенно-биоклиматические области, которые характеризуются определенными режимами атмосферного увлажнения и типами растительного покрова. А в каждой почвенно-биоклиматической области выделены две или три почвенные зоны, которые определяются как ареал одного или двух зональных почвенных типов и сопутствующих им интразональных и внутризональных почв. Среди почвенных зон на переходах к соседним зонам выделяются почвенные подзоны, в пределах которых получили распространение определенные зональные подтипы почв.

На основании данных по генетической диагностике почв и учитывая географию их распределения в земном пространстве осуществляется картирование почв и почвенного покрова территорий: от определенного участка до почвенных карт мира [10, 11].

## 9 Реки, озера, болота

**Река** – это постоянный водный поток сравнительно больших размеров, питающийся стоком атмосферных осадков со своего водосбора и подземными водами. **О́зеро** — компонент гидросферы, представляющий собой естественно возникший водоём, заполненный в пределах озёрной чаши или озёрного ложа водой и не имеющий непосредственного соединения с морем или океаном.

Реки имеют большое значение для человечества. Они несут собой воду, необходимую для поддержания жизни и для разных хозяйственных нужд. Речные отложения являются наиболее плодородными почвами и одновременно они нивелируют поверхность земли. Реки – это древние торговые пути. Крупнейшие реки – Нил – 6,7 тыс. км., Миссисипи – 6,0 тыс. км., Амазонка – 6,9 тыс. км. Многие особенности ландшафта представляют собой результат работы рек. Площадь русел всех рек на земле составляет 5 % от поверхности суши. Река состоит из истока, чаще всего это относительно мощный родник или озеро, протяженное русло и устье или место впадения реки в озеро или море. Большинство рек имеют длинный профиль, крутой в верховье и пологий в нижнем течении. Каждая река имеет свой водосборный бассейн – это площадь поверхности земли с которой вода и осадки выносятся в поток, в русло. Границы водосборного бассейна – водораздел. Скорость течения реки регулируется уклоном ее ложа, формой ложа и шероховатостью дна русла.

*Уклон* - величина перепада высоты, деленная на расстояние по горизонтали на которое приходится этот перепад. За счет уклона ложа реки потенциальная энергия воды переходит в кинетическую.

*Форма русла* – это отношение глубины к ширине. *Неровности* стенок русла вызывает трение и *турбулентность* движения воды. Движение же воды может быть *ламинарным* – спокойным в выровненном русле и

*турбулентным* – беспорядочным, с перемешиванием воды и переносимым ею материалом. Река переносит содержащийся в ней материал методом скольжения или перекачивания грубых частиц по дну; во взвешенном состоянии, когда частица не касается дна реки, и в виде раствора. Находящиеся в растворенном виде вещества при снижении скорости, изменении температуры и, как следствие, уменьшении объема воды, выпадают в осадок. Следует принять во внимание, что 40 % веса вещества в воде теряется при погружении. А как река транспортирует материал – во взвешенном состоянии или перекачиванием - зависит от размера частиц, от скорости течения и от вязкости жидкости, речной воды. При изменении уклона русла, изменении водности воды в связи, к примеру, с впадением в реку притока, диаметр и вес переносимого во взвешенном состоянии материала меняется в ту или иную сторону. Все это свидетельствует о том, что река представляет собой *динамическую систему*. Т.е. гидравлические характеристики реки постоянно меняются. К этим характеристикам относится *расход воды* (количество воды в данной точке или сечении) . Измеряется в кв. метр в секунду; *твердый сток* измеряется в тоннах в сутки; *уклон русла*, который сам себя регулирует – малый уклон и происходит накопление осадков, выше по течению накапливается вода, она размывает эти отложения и увеличивает тем самым уклон, который является фактором эрозии, т.е. чем круче склон русла, тем больше скорость эрозии или размыва русла.; к гидравлическим показателям относится и *форма русла*. И все эти характеристики постоянно меняются в зависимости от конкретных условий, в т.ч. от водности потока, уклона, взвешенного материала, формы русла (прямое или извилистое) и др.

Важным показателем жизни реки является базис эрозии. Эрозия – это размыв русла реки водой. Это явления сопровождает жизнь реки с самого момента ее образования – идет постоянный перенос материала и вынос его в озеро или море. Базис эрозии - это самый низкий уровень, до которого река

может размывать своё русло. Когда уклон приближается к нулю течение воды замедляется или останавливается. Река за счет энергии водного потока, а теперь можно сказать за счет эрозии, образует собственную *долину*. Особая роль в ней принадлежит пойме. *Пойма* - это часть речной долины, регулярно заливаемая в половодье. Делится на прирусловую, относительно повышенную, центральную, чуть ниже прирусловой и выровненная, и притеррасовую, пониженную. Сложены отложениями разной размерности. *Террасы* – это остатки прежних пойм, покинутые реками, когда они углубляли свои долины и формируют новые поймы на более низком уровне. Причина возникновения террасы – понижение базиса эрозии в результате изменения климата и других причин. *Дельта* – это место, где река приближается к устью, где территория выровненная, течение замедляется и происходит отложение переносимого материала. Единое русло разделяется на большое число небольших русел. Здесь выпадают в осадок не только твердые материалы, но и те, которые переносились в растворенном виде. Многочисленные русла не постоянны в течение года, в дельте много мелких озер. Между тем потоки воды крупных рек заметны в море на десятки и сотни километров.

Вернемся к эрозии. Выделяют три стадии речного эрозионного цикла – **юность, зрелость, старость.**

- 1) Крутые склоны, мало притоков, много порогов и водопадов;
- 2) Склоны имеют закругляющие верхние части, долины расширяются, водоразделы сужаются, много притоков, рельеф расчленен;
- 3) Долины широкие, скорость невысокая, река переносит тонкий материал, склоны пологие, Вся суша превращается в равнину с пологими склонами или в пенеплен.

Этот нормальный цикл может быть нарушен вулканическими процессами, ледниками, выходами грунтовых вод.

**Региональный эрозионный цикл** – тектоника и поднятие морского дна; формирование речной сети, эрозия вырабатывает сушу, образуются широкие водоразделы, долины расширяются, поверхность выравнивается, образуется равнина, которая при небольшом изменении уровня моря опускается на дно.

**Эрозионный цикл** – это время, при котором регион проходит развитие от низменного рельефа к высокому и обратно к низменному.

**Озера** – крупнейшие Каспийское море (371 м), Виктория (69 м), Аральское море (51,1 м), Байкал (31,5 и 1650 м), Великие озера – Верхнее (82,1 м); Гурон (59,6 м), Мичиган (57,4 м), Эри (25,7 м), Онтарио (19,6 м), Мертвое море (392 м), Хорпато на Тибете (5410 м).

Происхождение озер может быть ледниковое, тектоническое, вулканическое, отделение от моря косами и т.д. Питание осадками и грунтовыми водами. Пресные и соленые. Слоистые осадки на дне. Часто образуются карбонатные отложения. Карбонаты слабо растворимы и при малой концентрации выпадают в осадок. Особый вид осадков – **сапропели**. Анаэробный распад отмерших водорослей. В них содержится до 30 % белка и 20 % жира. Образуется битум подобный битуму нефти. Это ценное удобрение и сырье для химической промышленности.

**Болота** – переувлажненный участок местности. Образуются под влиянием высокого стояния грунтовых вод или из-за высокого водоупора в виде вечной мерзлоты. Общая площадь болот на планете составляет 3,5 млн. км<sup>3</sup>. Самое большое болото находится в России. Это Васюганские болота, расположенные в Западной Сибири, в междуречье Оби и Иртыша, на территории Васюганской равнины. Они находятся большей частью в пределах Томской области и малыми частями в Новосибирской и Омской областях, а так же в Ханты-Мансийской АО.

С 2007 года Васюганские болота являются кандидатом на включение в список Всемирного наследия ЮНЕСКО. Площадь этих болот составляет 53 тыс. км<sup>2</sup> (для сравнения: площадь Швейцарии — 41 тыс. км<sup>2</sup>)

протяжённость с запада на восток — 573 км, с севера на юг — 320 км. Васюганские болота возникли около 10 тысяч лет назад и с тех пор постоянно увеличиваются — 75 % их современной площади было заболочено менее 500 лет назад. Болота являются основным источником пресной воды в регионе (запасы воды — 400 км<sup>3</sup>), здесь расположены около 800 тысяч небольших озёр, множество рек берут начало из этих болот.

На болотах распространены заросли влаголюбивой растительности. Поэтому болото понятие почвенно-геоботаническое. Осадки – *торф* – образован из высших растений: деревья, мхи, кустарники, Сущность процесса торфообразования – неполное разложение растительной ткани в анаэробных условиях с потерей кислорода, водорода, азота и обогащения углеродом. Остается лигнин и целлюлоза. Процесс напоминает гумусообразование.

*Угли* образуются из торфа и сапропеля. Постепенное возрастание доли углерода. Стадия бурого угля, каменного, антрацита, где углерода до 95%. Последняя стадия – графит или алмаз. В зависимости от условий метаморфизма образуется либо одно, либо другое [1].

## 10 Подземные воды. Лед. Ледники

Ниже поверхности земли содержится большое количество воды. Ее количество в 40 раз больше, чем во всех озерах, болотах и реках в мире. Три генетических типа подземных вод: **метеорная** или атмосферная (осадки в виде снега, дождя, росы), **погребенная** или реликтовая (откадывается на дне океана, в ней много солей больше, чем в морской воде, из нее происходит отложение минеральных веществ), содержащаяся в осадочных породах, **магматическая** или ювенильная (ее до 10%, при кристаллизации магмы вода из нее отжимается и из нее осаждаются рудные минералы).

Примерно 20% человечества использует в своей деятельности преимущественно грунтовые воды.

Подземные воды просачиваются из области инфильтрации в область разгрузки, где они выходят на поверхность.

Движение воды контролируется **пористостью** и **проницаемостью** горных пород. **Поры** - это пустоты между отдельными минералами или их зернами пород (трещины, разломы, образовавшиеся в том числе под влиянием растворения минералов). **Пористость** – это отношение объема порового пространства к общему объему материала, включая поры. Песок имеет 30% пористости, гранит – до 1%. **Проницаемость** способность тела пропускать через себя жидкость. Зависит от размера пор. Вулканическая пемза имеет высокую пористость, но низкую проницаемость. Влияет трение воды о минералы, так в крупнозернистых породах трение ниже, чем в дисперсных.

Пласты пористых и проницаемых пород, содержащие воду, образуют *водоносные горизонты*. Существует 2 зоны подземных вод: *зона аэрации* и *насыщения*. В зоне аэрации находится вода в подвешенном состоянии и воздух, в зоне насыщения все поры горных пород заполнены водой. Верхняя граница насыщения – **зеркало грунтовых вод**. Он имеет тенденцию в

сглаженном виде повторять рельеф местности. Глубина зеркала регулируется климатом – при сухом климате оно расположено глубоко и наоборот. Иногда масса воды может находиться в подвешенном состоянии из-за наличия линз водоупора, когда он выше уровня грунтовых вод.

**Инфильтрация** – просачивание воды через зону аэрации к зеркалу грунтовых вод. Зависит от осадков и характера их выпадения, наличия склона и его крутизны, ибо он регулирует время инфильтрации, от водопроницаемости почв и др.

**Фильтрация** – медленное течение вод по сообщающимся порам. Зависит от *гидростатического давления* – давления жидкости в какой – либо точке, обусловленное весом вышележащей жидкости. Грунтовые воды движутся по пути наименьшего сопротивления от области с высоким гидростатическим давлением в зону низкого давления.

На уровень грунтовых вод влияет климат и погода. Разница в высоте стояния зеркала грунтовых вод между влажным и сухим годами больше под возвышенностями, поэтому получение воды из неглубоких колодцев на водоразделе менее надежно, чем из колодцев, расположенных в низких.

Большая часть рек питается грунтовыми водами как из источника в устье, так и за счет просачивания в русле. Такие реки называются **эфлюентными**. Они приурочены к низинам расположены на зеркале грунтовых вод и грунтовые воды стекают в реки. Там, где зеркало грунтовых вод располагается ниже уровня реки, вода из рек уходит под землю и такие реки носят название **инфлюентные**. Каждый инфлюентный поток вызывает гребень в нижележащем зеркале грунтовых вод. Встречаются совмещенные типы рек.

**Родники** – выход на поверхность земли грунтовых вод через естественные отверстия земли.

**Колодцы** - искусственные отверстия в поверхности земли до уровня грунтовых вод. При удалении воды из колодцев образуется депрессионные

воронки, когда отбор воды опережает ее приток. **Артезианские колодцы** – те колодцы или скважины, где грунтовые воды поднимаются выше отметки, на которой они были встречены впервые (вода не обязательно должна изливаться). Водоносный горизонт в области питания грунтовых вод должен располагаться гипсометрически выше, чем в месте расположения артезианского колодца. Часто область питания находится на расстоянии сотен километров от артезианских колодцев.

**Деятельность грунтовых вод.** *Пещеры* – продукт растворения подземными водами растворимых пород либо на уровне зеркала грунтовых вод, либо несколько ниже этого уровня; при понижении уровня грунтовых вод пещеры выходят на поверхность. *Карст* – или воронки с крутыми склонами, по сути это явление близкое в образованию пещер. Происходит растворение минералов с образованием пустот и проседанием над ними поверхностного слоя почв и горных пород (рисунок 7).



Рисунок 7 – Карстовая воронка

**Горячие источники** – источники, температура которых выше среднегодовых температур. Формируются вблизи от мест вулканической

деятельности. **Гейзеры** – горячие источники, из которых периодически выбрасывается сильная струя воды и пара. Также связано с залеганием грунтовых вод вблизи с горячей магмой, температура которой очень высокая и происходит превращение воды в пар. После того, как очередная порция пара вышла наружу температура пара и воды падает и образуется водяная пробка с температурой ниже 100 гр. Она обеспечивает накопление очередной порции пара, который, скапливаясь, образует давление, сила которого выталкивает пробку и цикл повторяется. Гейзеры – источники геотермальной энергии (Рисунок 8).



Рисунок 8 - Гейзер

**Ледник** – это масса природного наземного льда преимущественно атмосферного происхождения, обладающая самостоятельным движением. Оледенений в истории Земли было много. Наиболее изучено плейстоценовое оледенение. Плейстоценовая эпоха четвертичного периода кайнозойской эры

сменила плиоценовую эпоху и началась по разным подсчетам 1,1 или 2,6 млн. лет назад и закончилась 10 – 12 тыс. лет назад, когда начался современный период – голоцен. С плейстоцена началась антропогенная эпоха в истории земли.

Причины оледенения:

а) Солнечная система проходит время от времени через туманности или скопления мелких астероидов – обобщенное название космических тел – и при этом снижается количество тепла;

б) Тектоническая активность перераспределяет площади суши и моря и вызывает изменения в циркуляции атмосферы;

в) Снижение в воздухе содержания углекислого газа из-за снижения вулканической активности – парниковый эффект снижается и наступает похолодание;

г) Перемещение полюсов: в четвертичном периоде Северный полюс прошел путь от Баффиновой земли (между Канадой и Гренландией) и через Гренландию переместился в то место, где ныне находится;

д) гипотеза Миланковича – изменение наклона эклиптики планеты.

Образованию ледников способствует замерзание грунтовых вод, когда в трещинах горных пород замерзшая вода приводит к дезинтеграции пород, что способствует движению ледников, и формирование многолетней мерзлоты, которая располагается у полярных льдов и в высокогорных областях. Это никогда не тающий лед почв и коренных пород. Максимальная глубина промерзания достигает 600 метров.

Вода при замерзании превращается в лед, а водяные пары в снег. Снежинки имеют большую площадь поверхности и поэтому снег легко обменивается влагой с атмосферой посредством испарения и сублимации, когда пар, минуя жидкое состояние, он превращается в твердый мелкодисперсный лед. В результате снег уплотняется и образуется *зернистый снег* или *фирн*. Плотность фирна достигает 0,9 г/см. куб. Там, где

снега выпадает больше, чем его тает, образуются *снежные поля*, которые постепенно превращаются в ледяные поля. Именно фирн является основой для образования ледяных полей и ледников. Нижняя граница вечных снегов – *снеговая линия*. Отличия ледниковых полей от ледников заключается в том, что ледники обладают течением, они движутся.

Ледники подразделяются на три типа. *Ледники альпийские* или долинные, *ледники предгорий* или сливающиеся между собой ледники долин и *покровные материковые ледники*. Покровные ледники представляют собой наибольший интерес и имеют наибольшее значение. Они включают в себя как снежные поля, так и ледники. Мощность таких ледников достигает 4300 м в Антарктиде, 3000 м в Гренландии, а их площадь составляет соответственно 15 и 2 млн. км<sup>2</sup>. Во многих местах ледниковый покров соединяется с шельфовым льдом – это лед, вытолкнутый ледниками в море. Такой лед является источником айсбергов.

Вопрос о механизмах движения ледников остается дискуссионным. Причины движения ледников до конца не установлены. На этот счет было выдвинуто много теорий, но ни одна из них не принята гляциологами как единственно верная, и, вероятно, существует несколько взаимосвязанных причин. Сила тяжести является важным фактором, но отнюдь не единственным. В противном случае ледники быстрее двигались бы зимой, когда они несут дополнительную нагрузку в виде снега. Однако на самом деле они быстрее движутся летом. При движении происходит перекристаллизация льда. Движение ледника происходит под путем скольжения по плоскостям внутри самого ледника, и посредством скольжения по поверхности земли. Таяние и повторное замерзание кристаллов льда в леднике, возможно, тоже способствуют движению благодаря силам расширения, возникающим в результате этих процессов. Талые воды, попадая глубоко в трещины и замерзая там, расширяются, что может ускорить движение ледника летом. Кроме того, талые воды у ложа и

бортов ледника уменьшают трение и таким образом способствуют движению. По мнению большинства гляциологов, в фронтальной зоне поверхность ледника всегда имеет уклон по направлению движения льда, т.е форма ледника способствует передвижению льда в перечисленных факторов. Скорость также зависит от количества воды во льду, от количества обломочного материала, от климата. Чистый лед движется быстрее. Разные части ледника имеют разную скорость движения. Самая высокая скорость в центре ледника, по бокам скорость замедляется из-за сил трения. В центре ледника под влиянием высокого давления, связанного с весом льда, лед обладает пластичностью, что исключает его раскалывание и тем самым скорость движения этой части ледника имеет максимальные значения. Средняя скорость ледника составляет 1 км/год. Ледники могут наступать - когда скорость передвижения или скорость питания от ледникового плато превосходит скорость таяния. Ледник отступает, в случае если скорость их таяния выше скорости питания.

Ледник переносит различный материал, прежде всего горные породы, как на своей поверхности, внутри тела ледника и выпахивая поверхность, по которой перемещается. Переносимый ледниками материал откладывается у его краев либо за его пределами, если происходит дальнейшее перемещение материала ветром или водой. Отложения у края ледника называются **ледниковыми отложениями**. Переносимые ледниками материалы – **флювиогляциальные**. Ледники образуют морены.

**Морены** – это обломочный материал, перемещенный или отложенный ледником. Морены бывают **донными, конечными** (образуют конгломерат с материалами ледниковых отложений у края ледника) и **боковыми**. Самые большие по площади донные морены, которые образуют чехол из переотложенных пород с многочисленными впадинами, болотами, озерами. Вода тающих ледников течет через конечную морену. Она уносит тонкодисперсный материал от границы ледника и откладывает его в виде

аллювиального конуса, образуя зандровые равнины. Диаметр откладываемого материала постепенно уменьшается. Формируются слоистые отложения. На зандровых равнинах много бессточных впадин – озер [1].

## 11 Тектоника плит и орогенез

Существующее сегодня материки не всегда имели привычные для нас очертания и площадь. Они постоянно находились и продолжают находиться в движении. 750 мил лет назад существовал суперконтинент Родинга; позже, 540 мил лет назад, из распавшейся на несколько фрагментов Родинги вновь образовался суперконтинент Паннония, также со временем распавшимся на ряд континентов и субконтинентов, Последнее объединение воедино все континентов произошло 355 мил лет назад с образованием единого континента Пангеи (др.-греч. Πανυαῖ α — «всеземля») (Рисунок 9). Название суперконтиненту предложил Альфред Вегенер.

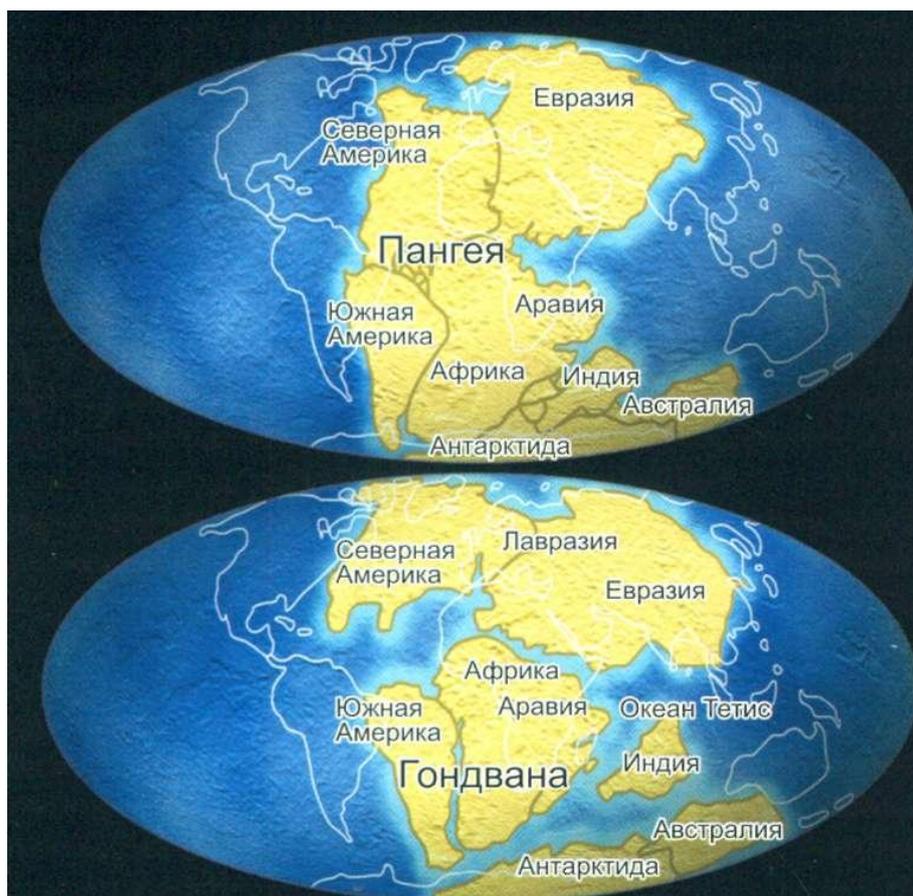


Рисунок 9 – Схема расположения древних континентов

Пангея образовалась в пермском периоде и раскололась в юрский период на два континента. Северный континент Лавразия позже раскололся на Евразию и Северную Америку, в то время как из южного континента, Гондвана, позже образовались Африка, Южная Америка, Индия, Австралия и Антарктида. В процессе формирования Пангеи из более древних континентов на местах их столкновения возникли горные системы. Некоторые из них просуществовали до нашего времени. К примеру, Урал и Аппалачи. Эти горы гораздо древнее таких молодых горных систем, как Альпы в Европе, Кордильеры в Северной Америке, Анды в Южной Америке или Гималаи в Азии. Из-за дрящейся миллионы лет эрозии Урал и Аппалачи сильно разрушены и потому невысоки. Гигантский океан, омывавший Пангею, носит название Панталасса.

По некоторым прогнозам, в далеком будущем все континенты соберутся в суперконтинент с названием Пангея Ультима.

**Тектоника плит** — современная геологическая теория о движении литосферы утверждает, что земная кора состоит из относительно целостных блоков — плит, которые находятся в постоянном движении друг относительно друга. При этом в зонах расширения срединно-океанических хребтах и континентальных рифтах в результате спрединга из образовавшихся трещин образуется новая океаническая кора, а старая поглощается на своей обратной стороне в зонах субдукции. Эта теория объясняет землетрясения, вулканическую деятельность и горообразование, большая часть которых приурочена к границам плит.

Впервые идея о движении блоков коры была высказана в теории дрейфа континентов, предложенной Альфредом Вегенером в 1920-х годах. Эта теория была первоначально отвергнута. Возрождение идеи о движениях в твёрдой оболочке Земли произошло в 1960-х годах, когда в результате исследований рельефа и геологии океанического дна были получены данные,

свидетельствующие о процессах спрединга и субдукции. Объединение этих представлений со старой теорией дрейфа материков породило современную теорию тектоники плит, которая является общепринятой концепцией в науках о Земле.

### **Современное состояние тектоники плит.**

За прошедшие десятилетия тектоника плит значительно изменила свои основные положения. Ныне их можно сформулировать следующим образом:

- Верхняя часть твёрдой Земли делится на хрупкую литосферу и пластичную астеносферу. Конвекция в астеносфере — главная причина движения плит.

- Литосфера делится на 8 крупных плит (Австралийская плита, Антарктическая плита, Африканская плита, Евразийская плита, Индостанская плита, Тихоокеанская плита, Северо-Американская плита, Южно-Американская плита), на них приходится 90 % площади земли, и десятки средних плит и множество мелких. Мелкие плиты расположены в поясах между крупными плитами. Сейсмическая, тектоническая и магматическая активность сосредоточена на границах плит.

Существует три основных типа относительных перемещений плит:

1. Расхождение (дивергенция), выраженное рифтингом (рифт – разлом коры) и спредингом (расширением океанической коры).

2. Схождение (конвергенция) выраженное субдукцией и коллизией. При столкновении континентальных плит, кора которых более лёгкая, чем вещество мантии, и вследствие этого не способна в неё погрузиться, протекает процесс коллизии. В ходе коллизии края сталкивающихся континентальных плит дробятся, сминаются, формируются системы крупных надвигов, что приводит к росту горных сооружений со сложным складчато-надвиговым строением. Классическим примером такого процесса служит столкновение Индостанской плиты с Евразийской, сопровождающееся ростом грандиозных горных систем Гималаев и Тибета.

### 3. Сдвиговые перемещения по трансформным разломам.

Спрединг в океанах компенсируется субдукцией и коллизией по их периферии, причём радиус и объём Земли постоянны (это утверждение постоянно обсуждается, но оно так достоверно и не опровергнуто).

Существует два принципиально разных вида земной коры — кора континентальная и кора океаническая. Некоторые литосферные плиты сложены исключительно океанической корой (пример — крупнейшая тихоокеанская плита), другие состоят из блока континентальной коры, впаянного в кору океаническую.

Сейчас уже нет сомнений, что движение плит происходит за счёт мантийных теплогравитационных течений — конвекции (это вид теплопередачи, при котором внутренняя энергия передается струями и потоками). Источником энергии для этих течений служит перенос тепла из центральных частей Земли, которые имеют очень высокую температуру (по оценкам, температура ядра составляет порядка 5000 °С). Нагретые породы расширяются, плотность их уменьшается, и они всплывают, уступая место более холодным породам. Таким образом, движение плит — следствие остывания Земли, при котором часть тепловой энергии превращается в механическую работу, и наша планета в некотором смысле представляет собой тепловой двигатель [12].

Относительно причины высокой температуры недр Земли существует несколько гипотез. В начале XX века была популярна гипотеза радиоактивной природы этой энергии. Казалось, она подтверждалась оценками состава верхней коры, которые показали весьма значительные концентрации урана, калия и других радиоактивных элементов, но впоследствии выяснилось, что с глубиной содержание радиоактивных элементов резко падает. Другая модель объясняет нагрев химической дифференциацией Земли. Первоначально планета была смесью силикатного и металлического веществ. Но одновременно с образованием планеты

началась её дифференциация на отдельные оболочки. Более плотная металлическая часть устремилась к центру планеты, а силикаты концентрировались в верхних оболочках. При этом потенциальная энергия системы уменьшалась и превращалась в тепловую энергию. Некоторые исследователи полагают, что разогрев планеты произошёл в результате удара метеоритов о поверхность тела.

**Дивергентные границы** или границы раздвижения плит - это границы между плитами,двигающимися в противоположные стороны. В рельефе Земли эти границы выражены рифтами, в них преобладают деформации растяжения, мощность коры пониженная, тепловой поток максимален, и происходит активный вулканизм. Если такая граница образуется на континенте, то формируется континентальный рифт, который в дальнейшем может превратиться в океанический бассейн с океаническим рифтом в центре. В океанических рифтах в результате спрединга формируется новая океаническая кора.

На океанической коре рифты приурочены к центральным частям срединно-океанических хребтов. В них происходит образование новой океанической коры. Общая их протяжённость более 60 тысяч километров. К ним приурочено множество гидротермальных источников, которые выносят в океан значительную часть глубинного тепла, и растворённых элементов. Высокотемпературные источники называются чёрными курильщиками, с ними связаны значительные запасы цветных металлов.

**Континентальные рифты.** Раскол континента на части начинается с образования рифта. Кора утончается и раздвигается, начинается магматизм, или процесс подъема магматических расплавов и их затвердевания на разных глубинах или извержения на поверхности Земли. Формируется протяжённая линейная впадина глубиной порядка сотен метров, которая ограничена серией сбросов. После этого возможно два варианта развития событий: либо расширение рифта прекращается и он заполняется

осадочными породами, превращаясь в так называемый авлакоген, либо континенты продолжают раздвигаться и между ними, уже в типично океанических рифтах, начинает формироваться океаническая кора.

**Конвергентные границы** - это границы на которых происходит столкновение плит. Возможно три варианта:

1. Континентальная плита с океанической. Океаническая кора плотнее, чем континентальная и погружается под континент в зоне субдукции.

2. Океаническая плита с океанической. В таком случае одна из плит заползает под другую и также формируется зона субдукции, над которой образуется островная дуга.

3. Континентальная плита с континентальной. Происходит коллизия, возникает мощная складчатая область. Классический пример — Гималаи.

В зонах субдукции поглощается океаническая кора, и тем самым компенсируется её появление в срединно - океанических хребтах. Большинство современных зон субдукции расположены по периферии Тихого океана, образуя тихоокеанское огненное кольцо. Процессы, идущие в зоне конвергенции плит, по праву считаются одними из самых сложных в геологии. В ней смешиваются блоки разного происхождения, образуя новую континентальную кору.

**Активные континентальные окраины.** Активная континентальная окраина возникает там, где под континент погружается океаническая кора. Эталоном этой геодинамической обстановки считается западное побережье Южной Америки, её часто называют *андийским* типом континентальной окраины. Для активной континентальной окраины характерны многочисленные вулканы и мощные проявления других видов магматизма.

Под континентальной окраиной происходит активное механическое взаимодействие океанической и континентальной плит. В зависимости от

скорости, возраста и мощности океанической коры возможны несколько сценариев равновесия. Если плита движется медленно и имеет относительно малую мощность, то континент соскабливает с неё осадочный чехол. Осадочные породы сминаются в интенсивные складки, метаморфизуются и становятся частью континентальной коры. Образующая при этом структура называется *аккреционным клином*. Если скорость погружающейся плиты высока, а осадочный чехол тонок, то океаническая кора стирает низ континента и вовлекает его в мантию.

**Островные дуги** - это цепочки вулканических остров над зоной субдукции, возникающие там, где океаническая плита погружается под океаническую. В качестве типичных современных островных дуг можно назвать Алеутские, Курильские, Марианские острова, и многие другие архипелаги. Японские острова также часто называют островной дугой, но их фундамент очень древний и на самом деле они образованы несколькими разновременными комплексами островных дуг, так что Японские острова являются микроконтинентом.

Островные дуги образуются при столкновении двух океанических плит. При этом одна из плит оказывается снизу и поглощается в мантию. На верхней же плите образуются вулканы островной дуги. Выгнутая сторона островной дуги направлена в сторону поглощаемой плиты. С этой стороны находятся глубоководный желоб и преддуговой прогиб.

За островной дугой расположен задуговой бассейн (типичные примеры: Охотское море, Южно-Китайское море и т.д.) в котором также может происходить спрединг.

**Коллизия** или столкновение континентальных плит приводит к смятию коры и образованию горных цепей. Примером коллизии является Альпийско-Гималайский горный пояс, образовавшийся в результате закрытия океана Тетис и столкновения с Евразийской плитой Индостана и Африки. В результате мощность коры значительно увеличивается, под

Гималаями она составляет 70 км. Это неустойчивая структура, она интенсивно разрушается поверхностной и тектонической эрозией. В коре с резко увеличенной мощностью идёт выплавка гранитов из метаморфизованных осадочных и магматических пород. Так образовались крупнейшие батолиты, напр., Ангаро-Витимский и Зерендинский.

**Трансформные границы.** Там, где плиты двигаются параллельным курсом, но с разной скоростью, возникают трансформные разломы — грандиозные сдвиговые нарушения, широко распространённые в океанах и редкие на континентах. В океанах трансформные разломы идут перпендикулярно срединно-океаническим хребтам (СОХ) и разбивают их на сегменты шириной в среднем 400 км. Между сегментами хребта находится активная часть трансформного разлома. На этом участке постоянно происходят землетрясения и горообразование, вокруг разлома формируются многочисленные оперяющие структуры — надвиги, складки и грабены. В результате, в зоне разлома нередко обнажаются мантийные породы.

По обе стороны от сегментов СОХ находятся неактивные части трансформных разломов. Активных движений в них не происходит, но они чётко выражены в рельефе дна океанов линейными поднятиями с центральной депрессией.

Трансформные разломы формируют закономерную сетку и, очевидно, возникают не случайно, а в силу объективных физических причин. Совокупность данных численного моделирования, теплофизических экспериментов и геофизических наблюдений позволила выяснить, что мантийная конвекция имеет трёхмерную структуру. Кроме основного течения от СОХ, в конвективной ячейке за счёт остывания верхней части потока, возникают продольные течения. Это остывшее вещество устремляется вниз вдоль основного направления течения мантии. В зонах этого второстепенного опускающегося потока и находятся трансформные

разломы. Такая модель хорошо согласуется с данными о тепловом потоке: над трансформными разломами наблюдается его понижение.

***Сдвиги на континентах.*** Сдвиговые границы плит на континентах встречаются относительно редко. Пожалуй, единственным ныне активным примером границы такого типа является разлом, отделяющий Северо-Американскую плиту от Тихоокеанской. 800-мильный разлом — один из самых сейсмоактивных районов планеты: в год плиты смещаются относительно друг друга на 0,6 см, землетрясения с магнитудой более 6 единиц происходят в среднем раз в 22 года. Город Сан-Франциско и большая часть района бухты Сан-Франциско построены в непосредственной близости от этого разлома.

***Начало тектоники плит на Земле.*** Первые блоки континентальной коры, *кратоны*, возникли на Земле в архее.

Расположение больших континентальных массивов в приполярных областях способствует общему понижению температуры планеты, так как на континентах могут образовываться покровные оледенения. В целом же существуют доказательства, что перемещения плит не играют определяющей роли в климатических изменениях, но могут быть важным дополнительным фактором, «подталкивающим» их.

Исследования о тектоники плит сыграла в науках о Земле роль, сравнимую с гелиоцентрической концепцией в астрономии, или открытием ДНК в генетике. Тектоника плит воедино связала различные науки о Земле и дала им предсказательную силу [18, 21].

## 12 Возникновение и развитие жизни на Земле

Географическая оболочка прошла долгий и сложный путь развития. В развитии выделяют три качественно различных этапа: добиогенный, биогенный, антропогенный.

**Добиогенный этап** (4 миллиардов — 570 миллионов лет) — наиболее продолжительный промежуток. В этот период происходила процедура повышения мощности и усложнения состава земной коры. К окончанию архея (2,6 миллиардов лет назад) на обширных пространствах сложилась континентальная кора мощностью приблизительно 30 километров, а в раннем протерозое произошло отделение протоплатформ и протогеосинклиналией. В данный период гидросфера уже была, однако количества воды в ней было меньше, чем в настоящее время. Из всех океанов (и то только к окончанию раннего протерозоя) оформился один. Вода в нем была соленой и уровень солености был почти таким как в настоящее время. Однако, по-видимому, в водах древнего океана превосходство натрия над калием было ещё значительным, чем в настоящее время, больше было и ионов магния, это сопряжено с составом основной земной коры, продукты выветривания которой разрушались в море.

Атмосфера Земли на первых этапах своего развития содержала мало кислорода, в связи с чем защитный озоновый экран отсутствовал.

Жизнь, вероятно, существовала с самого начала этого этапа. По имеющимся данным, микроорганизмы обитали на Земле 3,8-3,9 млрд лет назад. Остатки простейших микроорганизмов имеют возраст до 3,5- 3,6 млрд лет. Однако органическая жизнь от момента зарождения и до конца протерозоя не играла ведущей роли в развитии географической оболочки планеты. К тому же некоторые ученые отрицают наличие органической жизни на суше на этом этапе эволюции Земли.

На первых этапах эволюции органической жизни на планете протекала медленно, однако 650-570 млн лет назад жизнь в океанах была уже достаточно богатой.

**Биогенный этап** эволюции жизни на Земле (570 млн — 40 тыс. лет) продолжался в течение палеозоя, мезозоя и всего кайнозоя, за исключением последних 40 тыс. лет.

Содержание кислорода в атмосфере достигало той величины, которая привела к резкому качественному и количественному скачку в развитии животного мира. Уже к девону над планетой сформировался озоновый экран.

Эволюция жизни на планете не была плавной. Периоды относительно спокойной эволюции сменялись этапами быстрых и глубоких преобразований, когда погибали одни формы животных и растений, и получали распространение другие. С появлением флоры и фауны стали формироваться почвы в их современном представлении.

**Антропогенный этап** начался 40 тыс. лет назад и продолжается в наши дни. Хотя как биологический род человек появился около 3 млн лет назад, его влияние на окружающий мир долго оставалось весьма ограниченным. Постепенно, с увеличением численности представителей человека разумного (*Homo sapiens*) - вида, соединяющий в себе биологическую и социальную сущность - это воздействие усиливалось. Отсюда и берет отсчет антропогенный этап в развитии географической оболочки планеты.

#### **Возникновение жизни.**

Согласно современной концепции мира, рибонуклеиновая кислота (РНК), была первой молекулой, которая была способной к самовоспроизведению. Прошли миллионы лет, прежде чем на Земле появилась первая такая молекула. С ее появлением на планете появилась возможность возникновения жизни. РНК может одновременно работать и как фермент, соединяя свободные нуклеотиды в комплементарную последовательность. Таким образом происходит репликация РНК. Но это

химическое соединение ещё нельзя было назвать живым организмом, так как оно не имело границ тела. Любой организм имеет такие границы. Только в условиях изолированного от внешнего движения многочисленных частиц и соединений в организме могут происходить сложнейшие химические реакции, позволяющие существу размножаться, питаться, двигаться, и так далее. Необходимы были условия для образования первичных простейших организмов. Условиями для образования таких организмов были созданы в океане, где образуют жирные алифатические кислоты, попавшие в воду. Один конец такой молекулы гидрофильный, другой — гидрофобный. Попавшие в воду они образуют сферы таким образом, что гидрофобные концы молекул находятся внутри сферы. Существует вероятность, что молекулы РНК могли попадать в такие сферы с образованием первичных организмов.

**Первый обмен веществ.** Наличие границ тела и его способность к самовоспроизведению — это не все признаки, отличающие живое от неживого. Для воспроизведения внутри сферы, состоящей из жирных кислот, молекуле РНК необходимо отрегулировать процесс обмена веществ. **Метаболизм** (обмен веществ) — это набор химических реакций, которые необходимы организму для поддержания его жизни. Они позволяют организмам расти и размножаться, сохранять свою структуру и отвечать на влияние окружающей среды. Метаболизм делят на две стадии: **катаболизм** и **анаболизм**. В ходе катаболизма сложные органические вещества разлагаются до более простых, как правило с выделением энергии. А в процессах анаболизма происходит синтезируются более сложные вещества из простых с одновременными затратами энергии. Серии различных реакций обмена веществ называют метаболическими путями. При участии **ферментов** в них одни биологические молекулы превращаются в другие.

**Первое деление клетки.** Как и когда начали делиться первые клетки, состоящие из РНК и мембраны из жирных кислот, в настоящее время

неизвестно. Гипотетически можно представить, что построенная внутри клетки новая молекула РНК начинала отталкиваться от первой, ранее образовавшую клетку. В результате одна из них прорывала мембрану и уходила и частью молекул жирной кислоты, которые образовывали вокруг вышедшей из первой клетки РНК новую клетку.

### **Геохронология Земли.**

**Докембрий (Криптозой)** – первый в истории Земли период, который длился около 4 млрд лет; таким образом на него приходится большая часть истории планеты. За это время на ней произошли значительные изменения: земная кора остыла, возникли океаны и, что самое важное, появились первые формы жизни. Следы этой жизни в палеонтологической летописи Земли редко встречаются, так как первые появившиеся на планете организмы были небольших размеров и не имели твёрдых оболочек.

Период делится на два эона. Первым эоном докембрия был **Архейский эон**, который продолжался около 2 млрд лет (**4,6 — 2,5 млрд лет назад**). Он берет свое начало с момента окончательного формирования планеты. До этого времени вокруг Солнца существовал размытый диск, состоящий из газа и космической пыли. Под действием гравитационных сил пыль постепенно стала собираться в тела разного размера, которые в итоге превратились в планеты. На протяжении сотен миллионов лет на поверхности Земли формировались плотные слои литосферы. На смену этого периода пришел геологический эпизод, когда из-за перегрева мантии вся первозданная земная твердая оболочка погрузилась в расплавы верхней мантии. Первичная атмосфера в те времена не была плотной. Она состояла из аммиака ( $\text{NH}_3$ ), метана ( $\text{CH}_4$ ), водорода ( $\text{H}_2$ ), хлора ( $\text{Cl}_2$ ), серы ( $\text{S}$ ) и представляла собой скопление ядовитых газов. Температура такой атмосферы достигала  $80^\circ\text{C}$ . Естественная радиоактивность была много выше нынешней. Такие условия исключали возможность возникновения жизни на Земле.

Вероятно, что 4 млрд. лет назад Земля столкнулась с небесным телом (малая планета, комета) размером с Марс. Образовавшиеся при этом обломки были выброшены в космос из которых образовалась Луна, ставшая естественным спутником нашей планеты. Луна способствовала появлению жизни на Земле: она, ее притяжение, стало причиной приливов и отливов, которые, в свою очередь, вызывали движение атмосферы и аэрацию древних морей, одновременно стабилизировалась ось вращения Земли. В связи с тем, что Луна в тот период находилась близко от Земли (всего в 17 тысяч км), сутки на планете длились всего 6 часов. По мере отдаления Луны их продолжительность увеличивалась.

Долгое время наша планета имела на своей поверхности очень высокую температуру из-за экстремального вулканизма и столкновений с другими небесными телами. Однако постепенно Земля стала остывать. Сменился состав атмосферы. Вместе с газами в ней появились пары воды, которые появились от столкновения Земли с астероидами и, как следствие, от повышения температуры.

Первые химические следы жизни в виде органического углерода появились примерно 4,1 млрд лет назад и были обнаружены в вулканических породах Австралии. Возможно, жизнь в виде прокариот зародилась в горячих источниках, где было много питательных веществ, в том числе и стихийно образовавшихся нуклеотидов.

Жизнь в архейском эоне развилась до бактерий и цианобактерий. Они устилали дно моря слоем слизи, т.к. вели придонный образ жизни. Первые строматолиты появились 3,2—2,8 млрд лет назад. В этом периоде активно развиваются бактерии и водоросли. Это было время неоархея, которым завершался эон. Несколько позже, 2,8-2,5 млрд лет назад, появился процесс кислородного фотосинтеза, который позднее явился причиной кислородной катастрофы, произошедшей в палеопротерозое. **Протерозойский эон (2,5 млрд — 543 млн лет назад)** ознаменован возникновением сложно

устроенных растений, грибов и примитивных животных (губки). Жизнь в этот период, как и прежде, была сосредоточена в морях, так как условия на суше не были благоприятными: атмосфера состояла преимущественно из сероводорода, CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, и совсем малого количества O<sub>2</sub>. Жившие в те времена в морях бактерии стали вырабатывать O<sub>2</sub> в качестве побочного продукта, и 2 млрд лет назад количество этого газа достигло устойчивого уровня. Увеличение кислорода в атмосфере за относительно короткий промежуток времени привело к кислородной катастрофе, которая вызвала изменение органов дыхания у организмов, населявших в то время океаны (анаэробные сменились аэробными) и изменению состава атмосферы (образования озонового слоя). До значительного повышения содержания кислорода в атмосфере почти все существующие формы жизни были анаэробами, то есть обмен веществ в живых формах зависел от форм клеточного дыхания, которые не требовали кислорода. Доступ кислорода в больших количествах оказался губительным для большинства анаэробных бактерий, поэтому в это время большая часть живых организмов на Земле исчезла. Оставшиеся формы жизни были либо невосприимчивы к окислению и губительному воздействию кислорода, либо проводили свой жизненный цикл в среде, лишенной кислорода [16]. За менее чем 200 млн лет концентрация кислорода в атмосфере выросла в 15 раз. За тот период характер атмосферы изменился с восстановительного на окислительный. С биологической точки зрения необходимым уровнем концентрации свободного кислорода в атмосфере считается точка Пастера, которая равна одной сотой от количества кислорода в современной атмосфере. При таком содержании кислорода в атмосфере живые организмы могут перейти от использования результатов ферментативного брожения к энергетически значительно более эффективному окислению во время дыхания. В протерозойскую эру сначала была достигнута точка Пастера, а затем значительно преодолен этот своеобразный биологический барьер, что

способствовало настоящему эволюционному взрыву – массовому развитию и распространению практически всех типов живых существ на нашей планете.

Вследствие уменьшения парникового эффекта на Земле наступило длительное Гуронское оледенение: температура опускалась до  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Дальнейшие ископаемые останки первых многоклеточных встречаются уже после оледенения. В то время океаны населяли такие животные как сприггина — червеобразные животные, имевшие головной и задний концы. Такие животные, вероятно, стали предками современных животных.

В палеопротерозое, в геологический период, который начался 2,5 миллиарда лет назад и окончился 1,6 миллиарда лет назад, наступает первая стабилизация континентов. В это время получили распространение цианобактерии; они использовали биохимический процесс фотосинтеза для производства энергии и кислорода.

Завершает эон неопротерозойная геохронологическая эра. Она стала последней эрой протерозоя, начавшаяся 1000 млн лет и завершившаяся 542 млн лет назад. Эра характеризуется распадом древнего суперконтинента Родиния как минимум на 8 фрагментов, в связи с чем прекращает существование древний суперокеан Мировия. В этот же период наступает самое масштабное оледенение Земли — льды достигали центра поверхности Земли, экватора. К позднему неопротерозою (Эдиакарий) относятся древнейшие ископаемые останки живых беспозвоночных организмов. В это время у живых организмов начинает вырабатываться то, что позднее превратилось в твёрдую оболочку или в скелета.

**Фанерозойский эон** (др.-греч. φαυερός ζωή — «явная жизнь») начался примерно 543 млн лет назад и продолжается до наших дней. В фанерозое появлялись и вымирали самые причудливые живые создания, в том числе гигантские насекомые и динозавры.

Первой эрой фанерозоя получила название **палеозойская**. Она делится на ряд периодов. В этот отрезок времени появились животные с твёрдым

наружным скелетом. В ископаемых отложениях того периода встречается большое число окаменевших останков таких животных.

В первый период фанерозоя, или в **кембрийский период (543—490 млн лет назад)** появляется большое разнообразие живых организмов — предков современных представителей большинства подразделений животного царства. Это внезапное в геологическом масштабе событие, но в действительности длившееся миллионы лет, известно в современной науке как кембрийский взрыв. У некоторых групп животных появляется сложно устроенный орган зрения - глаз. Его появление стало значительным по последствиям эволюционным событием — теперь животные могли видеть окружающий их мир. В частности жертвы теперь могли видеть охотившихся на них, а охотники — своих жертв.

На суше в этом периоде жизнь не существовала. Но моря и океаны были густо населены беспозвоночными, в первую очередь губками, трилобитами, анмалокарами. Периодически подводные оползни погребали сообщества морских существ под тоннами ила и обломков горных пород. Благодаря оползням специалисты могут наглядно представить каким многообразным был животный мир кембрийского периода, так как в иле сохранились в виде окаменелостей не только скелеты животных, но и останки их тканей. В морях позднего кембрийского периода основными группами животных были членистоногие, иглокожие и моллюски. Однако важнейшим с точки зрения эволюции жизни на Земле обитателем морей того времени было бесчелюстное существо хайкоуихтис, у которого кроме глаз развилась хорда.

В период **ордовика (490—443 млн лет назад)** на суше появились лишайники, которые первыми из растений стали ее обитателями. Основная же жизнь активно продолжала развиваться в морских глубинах..

Многочисленными обитателями ордовикских морей были членистоногие. Они уже могли ненадолго выходить на сушу для того, чтобы

отложить икру. Были и другие обитатели водных пространств, в том числе представители класса головоногих. Позвоночные животные в ордовике еще не завершили свое формирование. В морях продолжали обитать потомки хайкоуихтиса, у которых появились признаки образования позвоночника. Кроме перечисленных представителей животного мира в морях этого периода жили представители кишечнополостных, кораллов, иглокожих, губок и других беспозвоночных.

**Силурийский период (443—417 млн лет назад)** ознаменован выходом на сушу целой группы растения, к примеру, куксония (*Coocsonia*), которая достигала в высоту не более 10 см, продолжали формироваться новые виды лишайников. У некоторой части членистоногих развились примитивные лёгкие, позволявшие им дышать атмосферным воздухом, что явилось вехой в эволюции жизни на Земле. В морях формируются большие по размерам коралловые рифы, в которых находили убежище многочисленные ракообразные и плеченогие. В этом периоде членистоногие увеличили свои размеры. Так, например, ракоскорпион птеригот мог достигать 2,5 метров в длину, но, он оказался слишком крупным, чтобы выползать на сушу [19].

В морях появляются животные с окончательно сформировавшимся позвоночником. У позвоночных, в отличие от членистоногих, имелся костный хребет, который давал им возможность лучше маневрировать под водой. У позвоночного цефаласписа, к примеру, кроме позвоночника развились сенсорные органы и примитивный мозг, позволявший ему запоминать некоторые события.

**В девоне (417—354 млн лет назад)** на суше появляются первые леса, состоящие из древнейших примитивных древовидных папоротников археоптерисов (*Archaeopteris*), которые произрастали как правило по берегам внутри материковых водоемов. Жизнь в раннем девоне была представлена в большинстве своем членистоногими и многоножками, которые могли

дышать всей поверхностью тела и жили в очень влажных местах. К концу периода у древних артроподов завершило свое образование хитиновый панцирь, у них сокращается число сегментов тела, у некоторых представителей развились крылья. Так впервые появилась новая эволюционная ветвь — насекомые, которая смогла приспособиться и освоить самые разнообразные уголки планеты с разными условиями существования.

В середине девона на сушу вышли первые амфибии. На первых порах своего существования на суше они не могли жить вдали от воды, так как их кожа была тонкой и незащищенной от пересыхания. К тому же амфибии могли размножаться только икринками, нуждающимися во влаге, поэтому животные не могли существовать вдали от водных источников.

У рыб развились челюсти, что позволило им ловить быстро плавающих жертв. Рыбы стали быстро увеличиваться в размерах. К концу периода в морях появились первые костные рыбы, в том числе такие как хищная гигантская гинерия. Но самыми грозными обитателями девонских морей были представители группы плакодерм, среди них такие как дунклеостей и динихтис, достигавшие в длину десяти метров.

Климат в следующем периоде **каменноугольном (354—290 млн лет назад)** был влажным и жарким. В болотистых лесах в те времена росли преимущественно хвощи, древовидные папоротники и гигантские лепидодендроны, высота которых достигала от 10 до 35 метров, а диаметр их ствола одного метра. Фауна того периода была представлена большим количеством видов. Обилие тепла, влаги и кислорода в атмосфере способствовало увеличению размера членистоногих. Так, например, артроплевра могла достигать в длину 2,5 метров, а стрекоза меганевра имела размах крыльев до 75 см.

Сложившиеся условия способствовали процветанию животных класса амфибий, прямых потомков кистеперых рыб. Они расселялись в прибрежных областях, окончательно вытеснив из этих местностей

двоякодышащих и кистепёрых рыб. В этом же периоде амфибии дали начало рептилиям. Первые представители рептилии были весьма маленькими животными, похожими на современных ящериц. Они откладывали яйца на суше, что было важным эволюционным шагом. Следует отметить, что их кожа была покрыта плотной чешуёй, защищавшей ее от высыхания. Следовательно, они могли спокойно удаляться от водных источников. Наличие таких приспособлений определило дальнейший эволюционный успех рептилий в качестве наземных животных.

Кроме описанных в морях того периода было выявлено множество других форм жизни: костные рыбы (предки большинства современных рыб) и акулы преобладали в толще морских воды, а морское и океаническое дно были покрывали большим числом рифов, образовавшихся вдоль побережий древних материков и имеющих большую протяженность.

Конец карбона, как порой называют каменноугольный период, ознаменовался длительным оледенением. Ледники медленно подбиралась к экватору и с севера, и с юга. Многие животные и растения, ранее получивших распространение на значительных территориях, не смогли приспособиться к такому суровому климату и были обречены на исчезновение.

Из-за начавшегося ледникового периода в конце карбона в **пермском периоде (290—248 млн. лет назад)**, сменившим карбон, климат стал прохладнее и суше. На смену вечнозеленым тропическим лесам и болотам пришли бескрайние пустыни и засушливые равнины. Их растительный мир был представлен самыми стойкими растениями: папоротниками, примитивными хвойными и др. Вследствие исчезновения болот резко сократилась численность амфибий, так как они могли жить только рядом с водой. Место амфибий заняли рептилии, так как они были хорошо приспособлены к жизни в сухом климате. Они стали увеличиваться в размере и своей численности. Рептилиям в тот период удалось расселиться

почти по всей суше и дать начало таким крупным наземным животным, как пеликозавры. Климатические условия способствовали развитию у рептилий паруса, который выполнял функции регулятора температуры тела.

В эпоху поздней перми образовался единый суперконтинент — Пангея. На территориях с особенно сухим и жарким климатом стали образовываться большие по площади пустыни. Получившие ранее развитие пеликозавры дали начало формированию с последующим размножением звероподобным ящерам. Ящеры отличались от своих предшественников прежде всего строением зубов, а во-вторых эта группа животных имела гладкие кожные покровы (в процессе эволюции чешуя у них так и не получила развитие); в-третьих у некоторых представителей этой группы животных развились вибриссы, а несколько позже и шерстный покров. Отряд ящеров - терапсид включал в своем составе как кровожадных хищников, так и роющих и питающихся растительной пищей представителей. Кроме терапсид на суше обитали и представители семейства парейазавров, среди них покрытый толстой бронёй скутозавр.

К концу пермского периода климат стал сухим, что привело к сокращению площади прибрежных зон с густой растительностью и увеличению площади пустынь. В результате из-за недостатка жизненного пространства, корма и кислорода, вырабатываемого растениями, многие виды животных и растений вымерли очередной раз. Это эволюционное явление получило в науке название **массового пермского вымирания** в процессе которого на Земле исчезло 95 % всех живых существ. Учёные до сих пор спорят о причинах этого вымирания, и выдвигают целый ряд гипотез. Среди них:

1. Падение либо одного или нескольких метеоритов, либо столкновение планеты с астероидом диаметром в несколько десятков километров (доказательств тому служит наличие 500-километрового кратера в районе Земли Уилкса);

2. Значительное усиление вулканической активности;
3. Выброс в атмосферу большого объема метана со дна моря;
4. Излияние на поверхность земли базальтов. Результатами этих выбросов могли быть вулканическая зима и связанный с ней парниковый эффект, возникший из-за попадания в атмосферу большого количества вулканических газов. Кроме того, могли произойти и другие климатические изменения, повлиявшие на биосферу и, как следствие, на состав флоры и фауны.

Между тем эволюция жизни на Земле на этом этапе не прекратилась. Через некоторое время выжившие виды дали начало новым, ещё более сложным и в большей степени приспособленным к изменяющимся внешним условиям формам жизни.

**Мезозойская эра началась 248 млн лет назад.** Во время этого периода на Земле обитали самые разные по формам и размерам организмы. Наиболее известными из них являются известные всем динозавры. Они доминировали в течение не менее 160 млн лет на всех континентах, а так же в воздухе и в воде. Динозавры были самых разных размеров: от крошечного микрораптора, длина которого достигала всего 70 см, а веса составлял не более 0,5 кг, до гигантского амфицелия, длиной 50 метров и весом до 150 тонн. Помимо динозавров, в то время планету населяло множество не менее экзотичных существ. Это было время огромного разнообразия форм жизни, едва ли не каждая из которых продолжала эволюционировать и совершенствоваться.

В начале **триасового периода мезозоя (248—206 млн лет назад)** жизнь на Земле продолжала медленно восстанавливаться после массового вымирания видов по не до конца понятным причинам в конце пермского периода. Жаркий и сухой климат был характерным для большей части земного шара, но количество атмосферных осадков вполне обеспечивало довольно высокое биоразнообразие растений. Самыми распространёнными в

триасе среди растений были папоротники, примитивные хвойные и гинкговые. Ископаемые останки этих растений до сего времени встречаются по всему свету, включая приполярные и даже полярные области Земли.

Животные, пережившие пермское массовое вымирание видов, оказались в этот период истории Земли в очень выигрышном положении — в то время на планете почти не осталось ни их пищевых конкурентов, ни крупных хищников. Растительноядные рептилии стали быстро увеличиваться в численности и расширять ареалы своего обитания. То же самое произошло и с большинством хищников. В триасе значительная часть животных дала начало множеству новых и необычных по внешним признакам видов рептилий. Это связано с тем, что в раннем триасовом периоде некоторые рептилии, ранее вышедшие из воды, возвратились жить в воду. От них произошли нотозавры и другие полуводные существа.

В позднем триасовом периоде (227—206 млн лет назад) на Земле произошло важное событие, предопределившее развитие жизни на протяжении всей остальной части эры динозавров и имеющее более поздние последствия. В результате раскола гигантского суперконтинента Пангеи под влиянием дрейфа континентальных плит образовалось несколько материков, в разной степени разделенных морями.

Вплоть до позднего триаса на Земле господствовали звероподобные (терапсиды) рептилии и несколько других групп причудливых пресмыкающихся, среди которых заметное место занимали танистрофеи и протерозухи. Однако за относительно короткий период численность терапсид значительно уменьшилась. Их бывшие ареалы распространения заняли рептилии, в основном архозавры, три основные группы которых стали на несколько миллионов лет господствующими на Земле. Этими большими группами животных были динозавры, птерозавры и крокодилообразные рептилии. Одновременно быстро эволюционировали и увеличивались в числе морские рептилии, предки гигантских ихтиозавров.

Конец триасового периода ознаменовался новым массовым вымиранием видов, что сравнимо с аналогичным событием в конце перми. Его причины так же остаются загадкой. Одно время его связывали с падением на Землю астероида, чему свидетельствует огромный кратер Маникуаган (Канада) диаметром 100 км, но, как позже выяснилось, это событие произошло гораздо раньше.

В раннем **юрский период (206—180 млн лет назад)** на планете сформировался относительно теплый и влажный климат. В приполярных территориях большие пространства были покрыты хвойными лесами, а в тропиках получили распространения заросли хвойных растений, папоротников и саговников. По мере расхождения относительно друг друга континентов в некоторых уголках планеты формировался муссонный климат; образовались обширные речные бассейны. В этот период, благоприятный для существования рептилий, динозавры и птерозавры увеличиваются в размерах, становятся более многочисленными и разнообразными по форме и образу жизни; одновременно они начинают расселяться по всему земному шару. Не отстают от них и морские рептилии (ихтиозавры и плезиозавры), а также моллюски (например, аммониты).

В среднем и позднем юрском периоде (180—144 млн лет назад) климат в некоторых ранее тропических частях света стал более сухим. Вероятно, изменение климата явилось причиной того, что многие динозавры начали быстро превращаться в настоящих гигантов. Среди растительноядных динозавров — завропод — появляются диплодоки, брахиозавры и прочие тяжеловесные монстры, а среди хищников — теропод — громадные аллозавры и подобные им многотонные «киллеры». В отряде динозавров в те периоды присутствовали и представители других групп. К ним относятся стегозавры и отниелия. Крылатые динозавры – птерозавры, были представлены как рыбоядными видами, к которым относятся

рамфоринхомы, так и небольшими по размеру насекомоядными рептилиями (например, анурогнатом).

Тёплые юрские моря изобиловали планктоном, служившим кормом для крупных рыб.

**В меловом периоде (144-65 млн лет назад)** климат на планете не поменялся. Он по-прежнему оставался тёплым; благодаря обильным сезонным дождям и другим осадкам почти весь земной шар — от экватора до приполярных областей — был покрыт пышной растительностью. Ранее, в позднем юрском периоде, на свет появились столь обычные сегодня цветковые (покрытосеменные) растения, а в меловом периоде они стали уже одной из господствующих групп растений на планете. В конце мелового периода покрытосемянные вытеснили во многих регионах планеты хвойные, папоротники и саговники, заявив тем самым свои права на господствующее положение в мировой флоре, которое они займут в кайнозойскую эру.

В результате продолжавшегося дрейфа континентальных плит образовывались всё новые проливы, моря и океаны, затруднявшие свободное перемещение животных по планете. В этот период постепенно на разных континентах начали проявляться явления дивергенции видов, когда на разделенных морями и океаном материках стали появляться собственные виды растений и животных.

Меловой период считается эпохой гигантов. В те века в Южной Америке жили гигантозавры и аргентинозавры — самые крупные наземные животные, когда-либо обитавшие на планете, а в Северной Америке обитали исполинские хищные тираннозавры и рогатые торозавры. Среди динозавров появились и специализированные виды; среди них велоцираптор и протоцератопс приспособились к жизни среди пустынь и песчаных дюн Центральной Азии, а леллинозавр — в южной полярной области. Млекопитающие как и прежде не играли в жизни планеты сколько-нибудь значительной роли; они оставались небольшими животными, но их

численность, особенно к концу описываемого периода, начала постепенно возрастать.

Большие изменения за описываемое время произошли и в морях. Их бывшие обитатели, ихтиозавры и плиозавры, уступили свое главенствующее место стремительным рыбам - хищникам и мозазаврам — новой группе гигантских рептилий, включавшей, например, таких представителей как тилозавр.

У таких ящеров, как птерозавры, увеличились размеры крыльев. Поэтому крупные птерозавры, среди них орнитохейрус и птеранодон, могли преодолевать по воздуху огромные расстояния. По мнению некоторых исследователей, они, за счет развития приспособительных к изменяющейся внешней среды признаков, имели возможность перелетать с континента на континент.

Конец мелового периода (около 65 млн лет назад) был отмечен новым массовым вымиранием видов, которое привело к исчезновению с лица Земли около 40 % всех обитающих в то время на Земле семейств животных. Исчезли аммониты, птерозавры и мозазавры, а самыми знаменитыми жертвами этой очередной катастрофы были, в первую очередь, динозавры. Едва не исчезли после этого испытания и многочисленные другие группы животных.

До наших дней вызывает среди учёных горячие споры вопрос о причинах массового вымирания видов в конце мелового периода. Существует несколько версий, которые поддерживают наибольшее количество сторонников среди ученых разных специальностей:

- 1) Больше всего приверженцев и одновременно фактических подтверждений имеет гипотеза столкновения Земли с гигантским астероидом. Событие это произошло в мексиканском заливе, на территории полуострова Юкатан. Метеорит имел диаметр около 10 км. Размеры его была столь огромна, что когда при падении одна часть его коснулась воды в

заливе, то другая находилась ещё в пределах верхних слоях атмосферы. После его падения образовался кратер диаметром 160 км. Однако далеко не все учёные верят, что даже такое сильное по выделенной энергии столкновение могло стереть с лица планеты за короткий срок столько видов животных.

2) Некоторые учёные поддерживают теорию о миграции инфекционных болезней: из-за падения уровня океана 65 млн лет назад между континентами образовались сухопутные переправы. Животные стали перебираться с материка на материк, а вместе с ними и их вызывающие болезни паразиты. В связи с тем, что иммунитет животных, адаптированных к условиям жизни, болезням и паразитам одного материка отличаются от аналогичных характеристик обитателей другого континента, то даже не смертельная болезнь для животных, к примеру, из Азии, может оказаться смертельной для животного из, к примеру, Америки. Это и стало началом массовые эпидемии. Но, с другой стороны, возможность вымирания многих видов животных из-за миграции паразитов - возбудителей болезней - крайне мала. За короткий срок животные приспособились бы к переносчикам и возбудителям болезней за счет формирования у них адекватных иммунных реакций.

3) Вымирание могло быть связанным с повышенной вулканической активностью. В нескольких областях земного шара 65 млн лет назад отмечалась повышенная вулканическая активность. Потоки лавы уничтожали на своем пути всех животных и места их обитания. Ещё более опасными были выходящие на поверхность из вулканов ядовитые газы. От них умирали ещё не вылупившиеся детёныши живших в то время динозавров, а взрослые особи задыхались.

4) Существует теория, что Земля и Солнечная система, находясь в постоянном движении в космосе вместе с галактикой Млечный Путь, время от времени попадают в области космического пространства, где находилось

очень много мелких и крупных метеоритов. Возможно, именно 65 млн лет назад нечто подобное случилось с нашей галактикой, и тогда на Землю обрушились огромные метеоритные потоки. Однако большинство палеонтологов считают эту теорию маловероятной.

5) Некоторые учёные полагают, что 65 млн лет назад на расстоянии примерно в 200—300 световых лет от Земли взорвалась сверхновая звезда. Такие звёзды накапливают в себе огромное количество энергии и, не выдерживая собственного давления, взрываются. Энергия от взрыва может распространяться на сотни световых лет. Так вот, в момент взрыва произошёл такой выброс энергии, что сжёг озоновый слой в атмосфере Земли. После этого препятствий для солнечной радиации больше не было, и она начала поражать клетки растений и животных.

6) Многие палеонтологи также считают, что ни одна из вышеприведённых теорий не способна объяснить гибель стольких видов живых существ. Они считают, что только вместе все эти катастрофы способны набрать достаточную силу, чтобы вызвать массовое вымирание видов: сначала повысилась вулканическая активность на планете, что могло вызвать падение уровня океанов, которое привело к массовым эпидемиям, затем рядом с нашей галактикой взорвалась сверхновая, вследствие чего сгорел озоновый слой, и в наконец Земля попала в область с огромным количеством метеоритов и претерпела множество столкновений с мелкими и, наконец, с одним огромным, что привело к концу динозавров и многих других животных.

Есть и другие объяснения, касающиеся мел-палеогенового вымирания. Однако они поддерживаются немногими учёными.

Но как бы то ни было, 65 млн лет назад на смену завершившейся мезозойской эре — «веку рептилий», пришла новая эра, кайнозойская, которую ещё называют веком млекопитающих.

Вымирание видов в конце мелового периода ознаменовало собой начало новой, до сегодняшнего дня продолжающейся кайнозойской эры. В результате катастрофических событий тех далёких времён на планете исчезли все животные размером крупнее крокодила. Уцелевшие же относительно небольшие по размерам животные оказались с наступлением новой эры в совершенно новых для них условиях жизни. В кайнозое продолжался дрейф, дивергенция континентов. На каждом из них формировались новые уникальные по признакам сообщества растений и животных.

**Палеоген, Палеогенный период** - это геологический период, с которого начинается **кайнозойская эра**, которая продолжается по сей день. **Начались эра и период 65 млн лет назад, период закончился — 24,6 млн.** Таким образом он продолжался 40,4 млн лет. Климат в палеогене был ровным тропическим. Практически вся Европа была покрыта тропическими вечнозелёными лесами. Лишь в северных областях континента произрастали листопадные растения. Во второй половине периода произошло некоторое похолодание, климат становится более континентальным. На полюсах появляются ледяные шапки.

В этом периоде начался бурный расцвет млекопитающих. Вымирание динозавров позволило млекопитающим широко расселиться по планете и занять новые экологические ниши. Их начали занимать новые виды млекопитающих. Получили распространение яйцекладущие, сумчатые и плацентарные. На Земле появились предки многих современных групп зверей — копытных, слонов, грызунов, приматов, рукокрылых (например, летучих мышей), китов, сирен. Мало-помалу млекопитающие начинают покорять земной шар.

Среди птиц господствовали веерохвостые беззубые. Широкое распространение получили крупные бегающие хищные птицы, диатримы. Увеличивается разнообразие насекомых и цветковых растений. В конце

палеоцена (примерно 55 млн лет назад) их разнообразие резко увеличилось. В морях большинство обитателей были представлены костистыми рыбами. Появляются первые, а потому примитивные китообразные, новые группы морских ежей, кораллов, фораминифер. Вымирают последние белемниты. Начинается расцвет головоногих с редуцированной или вовсе исчезнувшей раковиной, прежде всего осьминогов, каракатиц и кальмаров, которые объединены в группу колеоидей.

Начало палеогену положила **палеоценовая эпоха (65-55 млн лет назад)**. С его наступлением опустевшая из-за вымирания многих животных планета начинает медленно восстанавливаться от последствий одной из крупнейших в прошлом экологической катастрофы. Первыми адаптировались к новым условиям обитания растения. Всего за несколько сотен тысяч лет значительная часть земной суши покрылась непроходимыми болотами и джунглями. Густые леса выросли даже в приполярных областях планеты. Большинство животных, пережившие опустошительное вымирание видов, оставались небольшими по размеру, но они научились ловко лавировать между деревьев и лазали по веткам. Однако встречались и крупные экземпляры фауны планеты. В джунглях Европы и Северной Америки, например, охотился свирепый хищник гасторнис, достигавший высоты 2,2 метра.

Однако крупнейшими животными планеты в то время были птицы.

В начале следующей эпохи – **эоцена (55-34 млн лет назад)** значительная часть материков оставалась покрытой непроходимыми джунглями. Климат оставался тёплым и влажным. По лесной травянистой подстилке бегали и прыгали примитивные млекопитающие. На деревьях жили древнейшие приматы, а в Азии обитал примитивный кит, умевший ходить по суше.

Примерно 43 млн лет назад климат на Земле стал более прохладным и сухим. На значительной части планеты густые джунгли уступили место

редколесью и пыльным из-за редкого травянистого покрова равнинам. Жизнь на открытой местности способствовала увеличению размеров млекопитающих.

Просторы Азии стала родиной гигантских бронтозавров, представителем которых является эмболотерия, и массивных плотоядных зверей, в том числе эндрюсарха, достигавшего в длину 5,5 метров. В водах тёплых морях плавали примитивные киты, а на всем побережье Африки жили меритерий и причудливый арсинойтерий.

Приблизительно 36 млн лет назад начала замерзать расположенная на южном полюсе Антарктика. Её поверхность стала покрываться громадными ледяными щитами, соединяющимися между собой. Климат на планете стал более прохладным, а уровень воды в океанах снизился. В различных частях света значительно изменился годовой и сезонный ритм дождей. Многие животные не смогли приспособиться к этим изменениям и всего через несколько миллионов лет примерно пятая часть всех обитавших на Земле видов живых существ вымерла.

Начало **олигоценовой эпохи (34-24 млн лет назад)** кайнозойской эры характеризуется сухим и прохладным климатом. Это обстоятельство способствовало образованию просторных равнин, полупустынь и кустарниковых зарослей. В результате изменения планетарного гидротермического режима в конце эоцена многие древние семейства млекопитающих вымерли. Их место заняли новые виды зверей, включая прямых предков некоторых современных млекопитающих — носорогов, лошадей, свиней, верблюдов, кроликов и человекообразных обезьян. Среди млекопитающих продолжают появляться гиганты, как вегетарианцы, так и хищники.

В результате продолжавшегося расхождения континентов Южная Америка и Австралия полностью обособились от остального мира. Со временем на этих «островных» континентах сформировалась уникальная

фауна, представленная сумчатыми млекопитающими и другими диковинными животными. На них появились и новые виды растений, в том числе из семейства злаковых.

Распространение злаков привело к тому, что около 25 млн лет назад в Азии образуются первые безбрежные равнины - степи. С тех пор злаки, которые ранее были несущественным элементом наземных ландшафтов, во многих частях света постепенно превращаются в доминирующий тип растительности, получившим распространение на пятой части поверхности суши.

**Неоген** — геологический период, второй период кайнозоя после палеогена. Неогеновый период начался около 25 миллионов лет назад и продолжался 23 миллиона лет. За это время млекопитающие освоили моря (киты) и воздух (рукокрылые). Плацентарные оттесняют на периферию остальных млекопитающих. Фауна этого периода приобретает черты, схожие с современной. При этом сохраняются и отличия — в тот период ещё существуют саблезубые тигры, мастодонты, гиппарионы. Крупные нелетающие птицы играют большую роль в фауне территорий, особенно в изолированных, островных экосистемах.

**Миоценовая эпоха неогена (24-5 млн лет назад)** характеризуется чередованием дождливых и засушливых. Это способствовало тому, что в миоцене значительная, а на некоторых материках большая часть суши покрылась бескрайними степями. Поскольку злаки и другие травы поедаются и перевариваются плохо, у травоядных млекопитающих сформировались новые типы зубов и изменились анатомия и физиология пищеварительного тракта, что позволило им извлекать из этого легкодоступного корма максимум питательных веществ, обеспечив тем самым процветание этой ставшей многочисленной группы животных.

Степи стали родиной быков, оленей и лошадей. Большая часть этих животных держались стадами и кочевали с места на место вслед за дождями,

важным условием роста и развития злаков. По пятам за стадами травоядных животных шли хищники.

Другие млекопитающие предпочитали ощипывать листья кустарников и деревьев. Приспосабливаясь к такому типу питания некоторые из них (например, динотерий и халикотерий) достигали очень больших размеров.

В миоцене образовались многие современные горные системы. Среди них такие крупные, как Альпы, Гималаи, Анды и Скалистые горы. Некоторые из них оказались настолько высокими, что изменили характер циркуляции воздуха в атмосфере и стали играть важную роль в формировании климата на континентах.

В следующую эпоху кайнозоя - **плиоценовую (5,0-2,6 млн лет назад)**, климат Земли стал ещё более разнообразным. Планета разделилась на множество климатических поясов и регионов — от территорий, покрытых полярными льдами до жарких тропиков. В середине плиоцена между Южной и Северной Америкой, в результате падения уровня мирового океана, образовался узкий перешеек. В злаковых степях каждого материка появлялись всё новые виды травоядных животных и охотившихся на них хищников. В восточной и южной частях Африки густые тропические леса уступили место открытым саваннам, что заставило первых гоминид (например, афарского австралопитека) спуститься с деревьев и добывать пропитание на земле. Афарский австралопитек получил своё имя по находкам в так называемом Северном Афарском треугольнике в Эфиопии. Но останки афарского австралопитека были позже обнаружены в Омо (Эфиопия), в Лаэтоли (Танзания), в Кении. Таким образом, в плиоцене, 4 млн лет назад, появились и, скорее всего, вымерли через миллион лет родственные современному человеку австралопитеки. После них появились другие предки первых людей (среди них род *Homo*).

Около 2,5 млн лет назад южноамериканский континент, который примерно в течение 30 млн лет находился в изоляции от остального мира,

столкнулся с Северной Америкой. С севера на территорию Южной Америки проникли многие хищники вместе с представителями североамериканской фауны и наоборот: южные виды переселились к северу. Это переселение животных получило название «Великий обмен». В конце плиоцена произошло вымирание морской мегафауны: морских млекопитающих, морских птиц, черепах и акул.

**Антропогеновый (Четвертичный) период** является самым коротким геологический период, но именно в четвертичном периоде сформировалось большинство современных форм рельефа и произошло с точки зрения современного человека множество существенных событий в истории Земли и в истории жизни на ней. Важнейшие из них — это ледниковая эпоха и появление человека. Продолжительность четвертичного периода настолько мала, что обычные палеонтологические методы определения относительного и изотопного возраста оказались недостаточно точны и чувствительны. На таком коротком интервале времени нашли свое применение, прежде всего, радиоуглеродный анализ и другие методы, основанные на распаде короткоживущих изотопов.

Специфика четвертичного периода по сравнению с другими геологическими отрезками времени связана с тем, что она вызвала к жизни особую ветвь геологии.

Четвертичный период подразделяется на две эпохи: плейстоцен и голоцен.

**Плейстоценовая эпоха (2,6 млн.-11,7 тыс. лет назад).** В начале плейстоцена на земле наступил длительный ледниковый период. В течение двух миллионов лет на планете многократно чередовались очень холодные и относительно теплые отрезки времени. В холодные промежутки, которые продолжались примерно по 40 тысяч лет каждый, материки подвергались оледенению. В межледниковых промежутках с более тёплым климатом льды отступали, а уровень воды в морях поднимался.

У многих животных холодных регионов планеты (среди них мамонт и шерстистый носорог) появился густой шерстный покров и толстый слой подкожного жира. На травянистых равнинах паслись стада оленей и лошадей, на которых охотились пещерные львы и другие хищники. А приблизительно 180 тысяч лет назад на них начали охотиться и люди. Сначала неандерталец, а затем и человек разумный.

Вместе с тем многие крупные животные не смогли приспособиться к резким колебаниям климата и вымерли. Около 10 тысяч лет назад последний ледниковый период окончился и климат на планете стал тёплым и влажным.

Эти изменения в климате способствовало быстрому увеличению численности человеческой популяции и расселению людей по всему земному шару. Они научились не только выживать в сложных условиях планеты, но постепенно освоили распашку землю и стали выращивать культурные растения. Маленькие поначалу (стихийные) сельскохозяйственные общины разрослись, немного позже появились города, а всего через несколько тысячелетий человечество превратилось в мировое общество с огромным потенциалом развития. Имманентное стремление человека к творчеству и познанию окружающего мира способствовали небывалому на Земле становлению науки и техники, которые, в итоге, выразились в разработке и использовании достижений сначала примитивных, а со временем высоких технологий и духовных ценностей, что позволило людям занять соответствующее место среди других представителей фауны. Между тем многие виды животных, с которыми люди испокон веков делили планету, оказались на грани исчезновения. Вот почему учёные часто говорят о том, что по вине человека на Земле разразилось новое массовое вымирание видов.

**Голоценовая эпоха (11,7 тыс. лет назад — современность).** Жизнь животных и растений незначительно изменялась в течение голоцена, но на этот период приходится их значительные перемещения. Множество больших животных, включая мамонтов и мастодонтов, саблезубых кошек (подобно

смилодонам и гомотериям) и гигантских ленивцев начали вымирать с позднего плейстоцена по ранний голоцен. В Северной Америке многие животные, процветавшие в других краях (включая лошадей и верблюдов), так же вымирали. Некоторые объясняют сокращение Американской мегафауны прибытием на континент предков американских индейцев, но все же большинство ученых утверждают, что большее влияние оказало изменение климата.

На основе совместных действий, начиная с собирательства, охоты, земледелия, войн и др., образуются более сложные общности людей вплоть до государств. Осваиваются новые территории. Появляются многочисленные ремесла. Возникают древние очаги культуры, которая непрерывно совершенствуется. Культура — это созданная самими людьми среда для своего существования и самореализации, источник регулирования социального взаимодействия и поведения. «Культура – это то, что делает человека человеком» – академик Лихачев Д.С.

**Эволюция жизни** началась с момента появления первого живого существа — около 3,7 миллиарда лет назад (а по некоторым данным — 4,1 млрд лет назад). Сходство между всеми организмами указывает на наличие общего предка, от которого произошли все другие живые существа.

Цианобактериальные маты и археи были доминирующей формой жизни в начале архейского периода. Их появление явилось огромным эволюционным шагом не только для того времени, но и для эволюции жизни на планете. Кислородный фотосинтез, появившийся около 2,5 млрд лет назад, в конечном итоге привёл к оксигенации атмосферы, которая началась примерно 2,4 млрд лет назад. Самые ранние свидетельства эукариот датируются 1,8 млрд лет назад, хотя, возможно, они появились ранее — диверсификация эукариот ускорилась, когда они начали использовать кислород в процессе собственного метаболизма. Позже, около 1,7 млрд лет назад, стали появляться многоклеточные организмы с

дифференцированными клетками для выполнения специализированных функций.

Примерно 1,2 млрд лет назад появляются первые водоросли, а уже примерно 450 млн лет назад — первые высшие растения. Беспозвоночные животные появились в неопротерозое, а позвоночные возникли около 525 миллионов лет назад во время кембрийского взрыва.

Во время пермского периода среди крупных позвоночных преобладали синапсиды — возможные предки млекопитающих, но события пермского вымирания (251 млн лет назад) уничтожили 96 % всех морских и 70 % наземных видов позвоночных, в том числе и синапсид. В время восстановления после этой катастрофы архозавры стали наиболее распространёнными наземными позвоночными, которые вытеснили терапсид в середине триаса. В конце триаса архозавры дали начало динозаврам, которые доминировали в течение юрского и мелового периодов. Предки млекопитающих в то время представляли собой небольших насекомоядных животных. После мел-палеогенового вымирания 65 миллионов лет назад все динозавры вымерли, оставив после себя произошедшую от них эволюционную ветвь — птиц. После этого события млекопитающие стали быстро увеличиваться в размерах и разнообразии, так как теперь им почти никто не составлял конкуренцию. Такие массовые вымирания, вероятно, ускоряли эволюцию путём появления у новых групп организмов возможностей для диверсификации.

Ископаемые останки показывают, что цветковые растения появились в раннем меловом периоде (130 миллионов лет назад) и, вероятно, помогли эволюционировать опыляющим насекомым. Социальные насекомые появились примерно в то же время, что и цветковые растения. Хотя они занимают в тот период эволюции жизни на Земле лишь небольшую часть «родословной» насекомых, в настоящее время они составляют более половины их общего количества.

Люди являются одними из приматов, которые 6-5 млн. лет назад (по некоторым данным 2,2 млн. лет назад) начали ходить вертикально. Хотя размер мозга их предков был сравним с размером мозга других гоминид, например, шимпанзе, он начал существенно увеличиваться и усложняться 3 миллиона лет назад [21, 23]. В результате, именно человеку, среди великого множества видов, населявших нашу планету за всю ее историю, суждено было стать носителем сознания (как высшей функции мозга, характерной лишь для людей, которая заключается в отражении действительности и в предварительном просчете результатов взаимодействия с ней) и разума (способности обрабатывать информацию, находящуюся в памяти, в соответствии с объективной реальностью для принятия адекватных решений).

Эволюция жизни на Земле продолжается по сей день. При этом она приобрела новые, никогда ранее не существовавшие признаки благодаря успехам человечества в развитии техники и технологий, прежде всего биотехнологии, его достижениям в таких отраслях знаний, как философия, медицина, генетика, психология и другая деятельность людей на Земле стала мощным фактором преобразования природы и, как следствие, эволюции жизни. В наше время сложились и развиваются такие ее формы как управляемая эволюция и самоэволюция человека.

## Список использованных источников

1. Вернадский, В.И. Биосфера и ноосфера. / В.И. Вернадский – Москва : Наука, 1989.– 250 с.
2. Владимирская, Е.В. Историческая геология с основами палеонтологии. / Е.В. Владимирская, А.Х. Кагарманов, Н.Я. Спасский – Ленинград : Недра, 1985. – 423 с.
3. Войткевич, Г.В. Основы теории происхождения Земли. / Г.В. Войткевич – Москва : Наука, 1988.–254 с.
4. Вронский, В. А. Основы палеогеографии: учебное пособие. / В.А. Вронский, Г.В. Войткевич – Ростов - на-Дону : Феникс, 1997. – 570 с.
5. Годовиков, А. А. Краткий очерк по истории минералогии. / А.А. Годовиков – Москва : Наука, 1998.– 432 с.
6. Григорьев, Д. П. Основы конституции минералов. / Д.П. Григорьев – Москва : Недра, 1966. –45с.
7. Гумерова, Н.В. Историческая геология: уч.-мет. пособие. / Н.В. Гумерова– Томск: Изд-во ТПУ, 2003. – 105 с.
8. Гумерова, Н.В. Экологические кризисы и катастрофы в геологическом прошлом Земли: учебное пособие. / Н.В. Гумерова, В.П. Удодов – Томск: ИПФ, ТПУ, 2000. – 23 с.
9. Добровольский, Г. В. Русский чернозем, его значение в науке и жизни России / Г. В. Добровольский // Русский чернозем : Материалы третьей Всеросс. научно-практ. конф. – Москва : Изд. Русский дом, 2009. – С. 5-16.
10. Добровольский, Г. В. Функции почв в биосфере и экосистемах / Г. В. Добровольский, Е. Д. Никитин. – Москва : Наука, 1990. – 259 с.
11. Добровольский, Г. В. Экологические функции почв / Г. В. Добровольский, Е. Д. Никитин. – Москва : Изд. Моск. ун-та, 1986. – 137 с.

12. Костов, И. Минералогия: Пер. с болгар. / И. Костов – Москва : Мир, 1971.–654 с.
13. Лазоренко, К. К. Курс минералогии. / К.К. Лазоренко – Москва : Высш. шк., 1971.–245 с.
14. Немков, Г. И. Историческая геология: учебник для вузов. / Г.И. Немков, Е.С. Левицкий, И.А. Гречишникова – Москва : Недра. 1986. – 352 с.
15. *Парфенова, М.Д.* Историческая геология с основами палеонтологии: учебное пособие. / М.Д. Парфенова – Томск: ИПФ ТПУ, 1998. – 547 с.
16. Подобина, В.М. Историческая геология: учебное пособие. / В.М. Подобина, С.А. Родыгин – Томск: Изд-во НТЛ, 2000. – 262 с.
17. Рингвуд, А.Е. Состав и происхождение Земли. / А.Е. Рингвуд – Москва: Наука, 19881.–284 с.
18. Савина, Н.И. Основы и методы стратиграфии. учебное пособие. / Н.И. Савина – Томск: Изд-во Томского госуниверситета, 2002. – 196 с.
19. Смольянинов, Н. А. Практическое руководство по минералогии. / Н.А. Смольянинов – Москва : Недра, 1999.– 432 с.
20. Сорохтин, О.Г. Глобальная эволюция Земли. /О.Г. Сорохтин, С.А. Ушаков – Москва: МГУ, 1991. – 445 с.
21. Хаин, В.Е. Историческая геология. / В.Е. Хаин, Н.В. Короновский, Н.А. Ясаманов – Москва: Наука, 1997.– 235 с.
22. Яковлев, А. С. Экологическая оценка, экологическое нормирование и рекультивация земель: основные термины и определения / А. С. Яковлев, О. А. Макаров // Использование и охрана природных ресурсов. - 2006. - № 3 (87). – С. 64-70.
23. Ясаманов, Н.А. Популярная палеогеография. / Н.А. Ясаманов – Москва : Недра, 1985. – 136 с.