

Лекция 2.

Биохимия почвообразования.

Кора выветривания.

Круговорот веществ в природе.

Гранулометрический состав почвы.

1. Выветривание горных пород как ландшафтообразующий процесс

Экзогенные процессы включают три этапа:

- **выветривание;**
- **денудация;**
- **аккумуляция.**

1. Выветривание горных пород как ландшафтообразующий процесс

Выветривание – совокупность сложных и разнообразных процессов качественного и количественного изменения состава и свойств горных пород и слагающих их минералов под воздействием агентов атмосферы, гидросферы, биосферы, ведущих к трансформации вещественного состава поверхностных слоев литосферы и превращение ее в кору выветривания.

Факторы выветривания разделяются на две группы:

- группа **внутренних** факторов, обусловленных происхождением минералов и свойствами элементов (потенциальной устойчивостью минералов);
- группа **внешних** факторов.

1. Выветривание горных пород как ландшафтообразующий процесс

Группа внутренних факторов связана со строением минералов, их устойчивостью выветриванию

Наименее устойчивы силикаты **с изолированными кремнекислородными тетраэдрами** (оливин). Из них более устойчивы минералы, имеющие **одинарную цепочечную структуру** (пироксены), затем **двойную цепочечную** (роговая обманка), далее **ленточную структуру** (слюды).

Наиболее устойчив кварц, структура которого состоит исключительно из кремнекислородных тетраэдров.

1. Выветривание горных пород как ландшафтообразующий процесс

Важнейшими внешними факторами выветривания являются:

- **температура;**
- **атмосферная вода**, воздействие которой увеличивается с увеличением степени дисперсности минералов;
- **кислород;**
- **углекислый газ;**
- **гуминовые кислоты,**
- **газы** (проявляется в районах активной вулканической деятельности) - хлор (Cl), фтор (F), серный ангидрит (SO_3), сернистый ангидрит (SO_2) и др. Они вступают в реакцию с водяными парами и образуют минеральные кислоты, способные разлагать минералы и горные породы.

1. Выветривание горных пород как ландшафтообразующий процесс

По преобладающему действию тех или других факторов выделяют три формы выветривания:

- *Физическое*
- *Химическое*
- *Биологическое*

1. Выветривание горных пород как ландшафтообразующий процесс

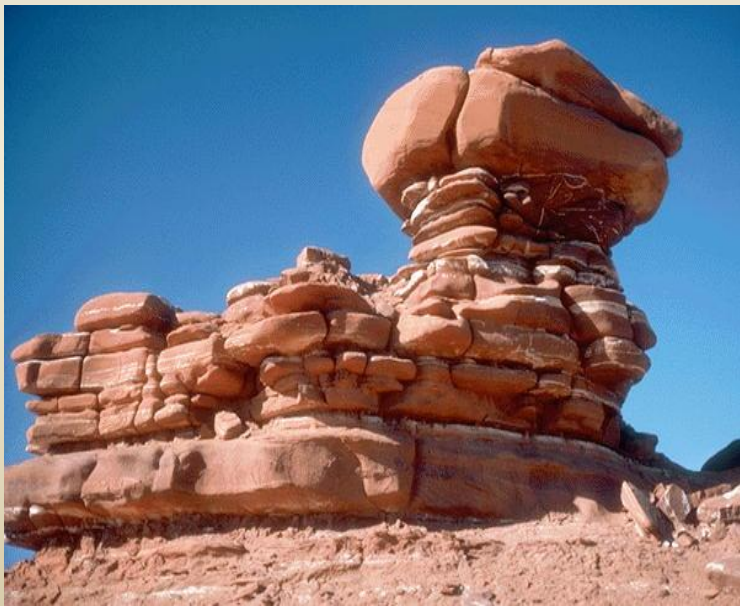
Физическое выветривание выражается в механическом разрушении минералов и горных пород при изменении температуры, ударах и истирании.

- изменение температуры;
- механическое воздействие растений и животных;
- тектонические силы;
- ударное действие воды (**абразия**) и воздействие текучих вод (эрозия), оба процесса можно назвать воздействием движущихся водных масс;
- ударное действие ветра (**корразия**);
- эрозионная деятельность льда (**экзарация**).

1. Выветривание горных пород как ландшафтообразующий процесс



Абразия



Корразия



Экваразия

1. Выветривание горных пород как ландшафтообразующий процесс

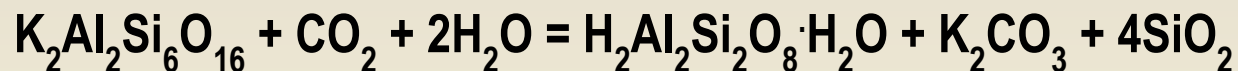
Химическое выветривание – это процесс химического изменения и разрушения горных пород и минералов с образованием новых минералов и соединений (вторичных минералов), стойких в физико-химических и биохимических условиях земной поверхности.

- **гидролиз** (взаимодействие с водой и углекислотой);
- **растворение** (взаимодействие с водой);
- **гидратация** (присоединение воды);
- **дегидратация** (химическая реакция с отщеплением молекул воды),
- **окисление** (присоединение кислорода);
- **восстановление** (это противоположный окислению процесс и заключается в потере веществом части или всего содержащегося в нём химически связанного кислорода);
- **карбонизация** (с растворением минералов и переходом элементов в карбонаты).

1. Выветривание горных пород как ландшафтообразующий процесс

Гидролиз (химическая реакция присоединение молекул воды к молекулам или ионам).

Суть реакции сводится к взаимодействию иона водорода воды с минералом, с последующим вытеснением катиона, который поглощается растениями, последующим образованием каолинита и выносом группы OH.

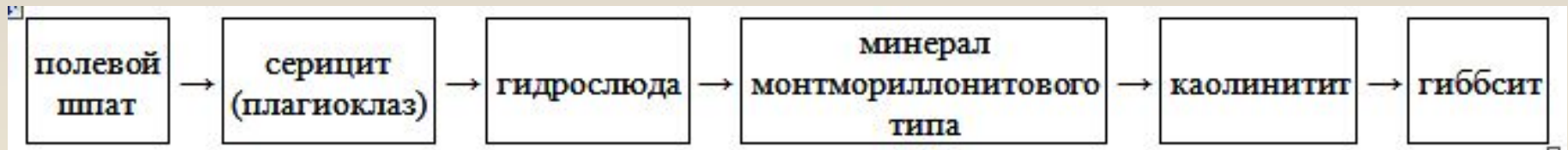


Гидролиз является основной реакцией преобразования полевых шпатов, слюд, амфибол и пироксенов.

Характерным для гидролиза является полное вытеснение K^+ , Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} и части кремнезема, которые при взаимодействии с углекислотой образуют растворы в виде карбонатов, бикарбонатов и других солей, которые уносятся поверхностными водами от места их образования.

1. Выветривание горных пород как ландшафтообразующий процесс

Полевой шпат изменяется по схеме:



Сходным образом разрушаются плагиоклазы, слюды, амфиболы и пироксены.

Кварц после физического измельчения несколько растворяется в кислой среде, образуя **аморфный кремнезем**.

1. Выветривание горных пород как ландшафтообразующий процесс

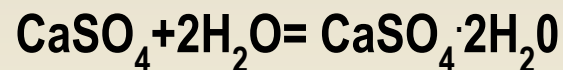
Условия образования глинистых минералов

Вторичные минералы	Условия образования
Гидрослюды	Образуются в кислой и слабокислой среде. В кислой среде (pH 3-4) трансформируются до каолинита, в слабокислой среде (pH 4-5) трансформация останавливается на стадии группы вермикулита.
Монтмориллонит	В щелочной среде, с высоким содержанием Са и Mg, в условиях пониженной влажности, практическом прекращении выщелачивания и появлении сезонов засух, при выветривании основных горных пород
Каолинит	В кислых условиях, при избыточном увлажнении, отсутствии засушливых периодов и хорошем дренаже, при выветривании кислых горных пород
Вермикулит	В слабокислой среде, с хорошим дренажем
Оксиды и гидрооксиды	В нейтральной среде
Хлориты	Образуются в песчаных почвах, где pH (4,5-6,5), а также при избыточном увлажнении в кислых почвах бореального пояса. В условиях слабокислой реакции, в суглинистых почвах не образуются (в серых лесных почвах)

1. Выветривание горных пород как ландшафтообразующий процесс

Гидратация (присоединение молекул воды к безводным минералам и образованию на поверхности частиц сплошной гидратной пленки связанной воды присоединением к минералам гидроксильной группы $(OH)^-$).

В результате гидратации образуются гидраты.



При гидратации поверхность минерала разрыхляется, увеличивается в объеме, что в последствии обеспечивает более легкое взаимодействие их с окружающим водным раствором, газами и другими агентами выветривания.

1. Выветривание горных пород как ландшафтообразующий процесс

Окисление - это химический процесс передачи электронов веществом, который сопровождается повышением степени окисления элемента. Важным окислителем является содержащий в воде кислород.

Окисление влечёт за собой потерю электронов элементами или ионами и приводит к увеличению их положительного заряда или к уменьшению отрицательного. При восстановлении наблюдается обратная картина.



Железо, марганец, медь, сера, кобальт, ванадий и др. – переменновалентные элементы в магматических породах. Процессы окисления могут протекать почти во всех железо-магнезиальных минералах (авгит, роговая обманка, оливин и др.).

Сильно окисленные породы приобретают землистое пористое строение.

1. Выветривание горных пород как ландшафтообразующий процесс

Образование минералов при **дегидратации**.

При дегидратации гидрооксиды кремния, железа ($\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$), марганца ($\text{Mn}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$), образующиеся при выветривании первичных минералов, образуют минералы группы оксидов этих элементов: Fe_2O_3 ; Mn_2O_3 .

Например, гидрооксид кремния на месте образования выпадает в осадок в виде геля – водного аморфного кремнезема (**опал**), затем, теряя воду – переходит в кристаллические формы **халцедона и кварца**.

Наглядным примером дегидратации является и обезвоживание гипса. В результате потери гипсом воды образуется **ангидрит**.

1. Выветривание горных пород как ландшафтообразующий процесс

Биологическое выветривание – это процесс изменения горных пород под влиянием организмов, продуктов их жизнедеятельности и продуктов разложения органических остатков.

лишайники

микроорганизмы

насекомые

растения

животные

1. Выветривание горных пород как ландшафтообразующий процесс

В результате **выветривания** происходит изменение физического состояния и разрушение кристаллической решетки минералов.

А результате **физического выветривания** монолитная порода превращается в рухляк. При этом возрастает общая степень дисперсности и резко растет его удельная поверхность.

При **химическом выветривании** образуются легко растворимые в воде минералы; глины, песок.

Проникающие в продукты выветривания дождевая вода или талый снег растворяют их и выносят в более глубокие слои или в понижения.

Порода обогащается новыми (вторичными минералами) и приобретает связность, влагоемкость, поглотительную способность и др. свойства.

В результате выветривания образуются продукты выветривания - **рыхлые отложения осадочных пород.**

1. Выветривание горных пород как ландшафтообразующий процесс

Стадийность выветривания (по Б.Б.Полынову).

- **Обломочная стадия**, в которой сводится к дроблению, механическому разрушению породы до обломочного материала (обломочный элювий);
- **сиаллитная обызвестковая стадия**, когда происходит извлечение щелочных и щелочноземельных элементов, главным образом Ca^{2+} и Na^{+} (при гидролизе первичных минералов);
- **кислая сиаллитная стадия**, в которой происходят глубокие изменения кристаллохимической структуры силикатов с образованием глинистых минералов (**монтмориillonита, нонтронита, каолинита**);
- **Аллитная стадия**, когда кора выветривания обогащается окислами железа, а при наличии определенного состава исходных пород - окислами алюминия.

1. Выветривание горных пород как ландшафтообразующий процесс

По климатическому признаку Н.М. Страхов выделил следующие типы выветривания (гипергенеза):

- **гумидный** – с климатом влажных зон, с положительными температурами большую часть года, с превышением количества осадков над испарением. Преобладает химическое выветривание при условии не сильно расчлененного рельефа. Материал из области сноса в область осадконакопления переносится в виде твердых частиц, коллоидного материала, истинного раствора.
- **аридный** – с климатом пустынь и полупустынь, с дефицитом влаги. преобладает физическое выветривание. Перенос материала осуществляется преимущественно ветром в виде твердых частиц.
- **нивальный**, или ледовый – с климатом полярных и высокогорных областей. Преобладает физическое выветривание – экзарация (ледниковое выпахивание). Механическое разрушение пород и перенос материала осуществляется движущимися льдами.
- **азональный** (вулканогенно-осадочный).

2. Денудация продуктов выветривания.

Денудация – совокупность процесса сноса продуктов разрушения горных пород, создаваемых в основном выветриванием.

Денудация проявляется главным образом в пределах суши и сводится к перемещению раздробленного или химически растворенного материала с возвышенностей в депрессии рельефа – **долины, котловины, озерные и морские бассейны.**

Об **интенсивности денудации**, выражающей суммарную работу экзогенных сил, судят по количеству разрушенного материала, сносимого реками с суши, и по интенсивности срезания ею поверхности континентов. Процессы денудации прекращаются при **угле 2-3°.**

Процессы денудации, удаляя продукты выветривания, способствуют дальнейшему выветриванию горных пород. Под влиянием совместного действия процессов выветривания и денудации постепенно разрушаются целые горные системы и на их месте возникают равнинные участки земной поверхности.

2. Денудация продуктов выветривания.

Главными **агентами денудации** являются:

- **сила тяжести горных пород;**
- **вода** (в гумидных областях);.
- **ветер** (в аридных областях);
- **движущиеся льды** (высоких широтах и областях высокогорий) .

Перенос продуктов выветривания может осуществляться **в трех формах:**

- **твердые частицы;**
- **коллоидный раствор;**
- **истинный раствор.**

2. Денудация продуктов выветривания.

Схема денудационного баланса (млн. т/год)

Общий снос вещества суши		52990
А	Вынос в океан	27080
	поток твердого вещества речного стока	17444
	поток растворенных веществ речного стока	3403
	поток моренного материала	2393
	поток продуктов абразии	700
	поток эолового материала	2000
	поток растворимых веществ подземного стока	1000
	Сбрасывание с кораблей	140
Б	Улавливание во внутренних водоемах	18210
	аккумуляция в озерах	4830
	Аккумуляция в водохранилищах	13380
В	Высвобождение компонентов атмо- и гидросферы	7700
	окисление почвенного гумуса	1000
	окисление органики стратосферы при денудации	200
	высвобождение воды из минералов и мерзлых пород	100
	Высвобождение при сжигании топлива	6400
Общий привнос вещества на сушу (без учета областей современного материкового оледенения)		4043
	поток циклических солей	580
	поток космического вещества	1
	связывание компонентов атмо- и гидросферы в минералах	1862
	Аккумуляция в торфяниках	100
	Возобновление почвенного гумуса	1500
Денудационный баланс суши		- 48947

2. Денудация продуктов выветривания.

К числу наземных форм денудационного рельефа относятся:

- **собственно денудационные** (в узком значении денудации) — поверхности, обнажившиеся вследствие гравитационных движений (перемещений) и плоскостного смыва (напр., столбы, ниши, карнизы, навесы и пр.),
- **денудационные** в широком значении — поверхности, возникшие вследствие совокупного действия всего комплекса денудационных процессов (напр., пенеплен или разл. структурно-денудационные формы);
- **эрозионные** — поверхности, выработанные проточной водой (долины, эрозионные террасы, уступы и пр.);
- **абразионные** — выработанные морской и озерной абразией (абразионные террасы, уступы, бенчи, ниши и пр.);
- **экзарационные** — выработанные ледниками (равнины, трог, бараньи лбы и пр.);
- **нивальные** — выработанные у снеговой границы (линии) вследствие морозного выветривания (ниши нивационные, кары, цирки и пр.);
- **дефляционные** — возникшие под действием ветра (ниши, ячеи, соты, грибы эоловые, сорово-дефляционные впадины и пр.);
- **карстовые** — возникшие в результате растворения (поноры, воронки, котловины, пещеры и пр.);
- **техногенные** — выработанные в процессе производственной деятельности человека (разл. выемки, каналы, шахты, штольни и пр.).

Среди подводных форм денудационного рельефа (помимо затопленных наземных) различают:

- **гравитационные (оползни);**
- **эрозионные (подводные долины, каньоны и др.).**

3. Аккумуляция продуктов выветривания.

Аккумуляция продуктов выветривания – это сумма всех процессов накопления осадков, возникающих в понижениях рельефа Земли за счет принесенных денудацией продуктов выветривания. Она является первой стадией образования новых осадочных горных пород.

Продукты выветривания по отношению к коренным породам делятся на остаточные – оставшиеся на месте разрушения, и перемещенные – унесенные с мест разрушения в результате действия силы тяжести, атмосферных осадков и др.

3. Аккумуляция продуктов выветривания

Горная порода, подвергшаяся процессам выветривания и оставшаяся на месте своего первоначального залегания, называется **элювием**.



Элювий и является формой остаточной корой выветривания. Можно сказать, что элювий и остаточный тип коры выветривания в данном случае являются синонимами.

3. Аккумуляция продуктов выветривания

Перемещенные продукты выветривания (рыхлые осадочные отложения) – унесенные с мест разрушения.

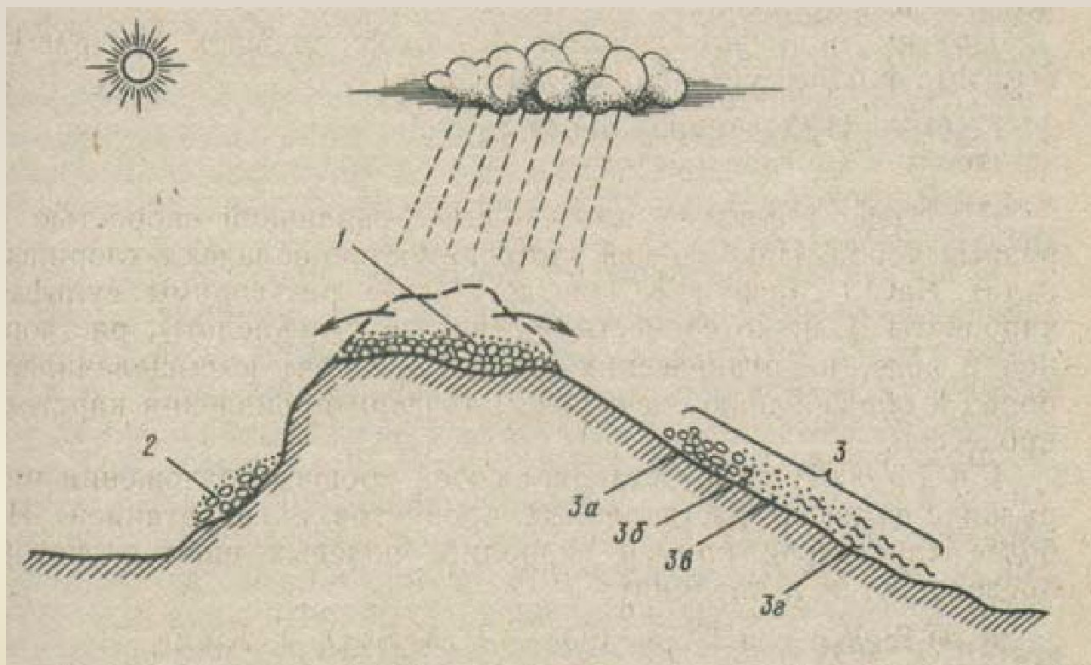


Схема образования элювия (1), коллювия (2) и делювия (3) (по В.С. Мильничуку и М.С. Арабаджи, 1989 [35]): 3а – щебень; 3б – дресва; 3в – супесь; 3г – суглинок.

3. Аккумуляция продуктов выветривания

Отложенные продукты выветривания в зависимости от агента перемещения делятся на:

- **ледниковые** (ледниковые, водно-ледниковые и озерно-ледниковые);
- **эоловые** (лесс, лессовидные суглинки, песчаные отложения);
- **морские** (илы и глины);
- **постоянных и временных водных потоков** (пойменный, старичный и русловый аллювий; делювий, пролювий).

3. Аккумуляция продуктов выветривания

В анализе рельефа особое значение имеет разделение на группы денудационных и аккумулятивных форм. Господство той или другой группы форм характеризует самые существенные черты развития рельефа.

Денудационные поверхности в рельефе Земли — это участки преобладания сноса, денудации. Их господство характерно для районов поднятия земной коры.

Преобладание аккумулятивных поверхностей типично для областей прогибания или нейтральных. На площадях стабильных, в условиях очень слабых медленных поднятий происходит срезание денудацией возвышенностей и заполнение впадин продуктами разрушения с образованием поверхностей выравнивания.

Вторичное возникновение денудации на площадях аккумулятивного рельефа приводит к образованию сложных денудационно-аккумулятивных форм (например, сильно расчлененных эрозией конусов выноса).

3. Аккумуляция продуктов выветривания

К аккумуляционным формам рельефа относятся:

по генезису (ведущему рельефообразующему процессу) подразделяются на аллювиальные, пролювиальные, гляциальные, флювиогляциальные, эоловые, моренные, вулканические и равнины смешанного происхождения.

4. Кора выветривания.

Поскольку процесс выветривания процесс длительный и протекает стадийно, то и образующие рыхлые осадочные отложения отличаются между собой по глубине.

Рыхлые осадочные отложения имеют характерную закономерность послойного залегания по глубине. Образующийся под действием факторов выветривания поверхностный профиль рыхлых выветрелых осадочных горных пород и носит название **коры выветривания**.

Кора выветривания представляет собой, сложную дисперсную систему, в которой твердая фаза занимает в среднем около 70% всего пространства, остальное же приходится на долю жидкой и газообразной фазы. Между этими фазами существует тесная взаимосвязь.

4. Кора выветривания. Профиль кор выветривания.

В полном профиле с хорошо выраженной вертикальной зональностью выделяют следующие зоны (слои):

- 1 - коренные породы;
- 2 - зона дезинтеграции (зона разрушения);
- 3 - зона выщелачивания;
- 4 - зона глинистых минералов;
- 5 - зона оксидов и гидрооксидов;
- 6 – почва.

Полный профиль - элювиальный профиль, в котором все вышеперечисленные стадии выветривания могут идти только **во влажном тропическом климате**, на равнинной территории и под воздействием длительного непрерывного процесса.

В результате этого формируются сокращенные и неполные профили коры выветривания. В связи с этим образуются различные **типы коры выветривания**.

4. Кора выветривания. Классификация кор выветривания.

Полынова Б.Б., основателя геохимии ландшафта. Он выделяет следующие **типы коры выветривания**:

- **остаточный (элювиальный);**
- **аккумулятивный**

Остаточный (элювиальный) тип коры выветривания образуется при неравнинном рельефе где большая часть образующихся продуктов выветривания уносится из сферы разрушения. Для элювиальной коры выветривания характерны остаточные продукты (**элювий**), накопившиеся на месте их образования.

Аккумулятивный тип коры выветривания характерен для малодренированных и бессточных низменностей, депрессий, низких и пойменных террас, дельтовых равнин, высыхающих озер. Здесь накапливаются продукты выветривания, поступающие со стороны элювиальной коры выветривания. Представлен в виде делювия, пролювия, аллювия, озерных, прибрежно-донных отложений эстуариев, маршей.

4. Кора выветривания.

Мощность коры выветривания составляет от единиц до нескольких десятков метров. В зонах выветривания, где воды проникают на большую глубину, мощность коры выветривания может достигать нескольких сотен метров. Максимальные по мощности и разнообразию состава коры выветривания образуются в условиях жаркого влажного климата. Минимальную мощность и минеральное разнообразие имеют коры выветривания в аридном климате.

5. Большой геологический круговорот веществ в природе.

Геологический круговорот (большой круговорот веществ в природе) – круговорот веществ, движущей силой которого являются экзогенные и эндогенные геологические процессы.

Большой геологический круговорот веществ включает **следующие циклы:**

- **Появление изверженных пород** на земной поверхности.
- **Выветривание.**
- **Почвообразование.**
- **Эрозия и денудация.**
- **Накопление континентальных и океанических осадков.**
- **Метаморфизм осадков.**
- **Выход на поверхность осадочных пород** с новым циклом выветривания, почвообразования, денудации и осадконакопления либо их опускание в геосинклинальных областях в новом цикле вулканизма.

5. Большой геологический круговорот веществ в природе.



Большой геологический круговорот веществ складывается из комплекса элементарных циклов, например, круговорота азота, фосфора, серы, углерода, воды и т.д.

5. Большой геологический круговорот веществ в природе.

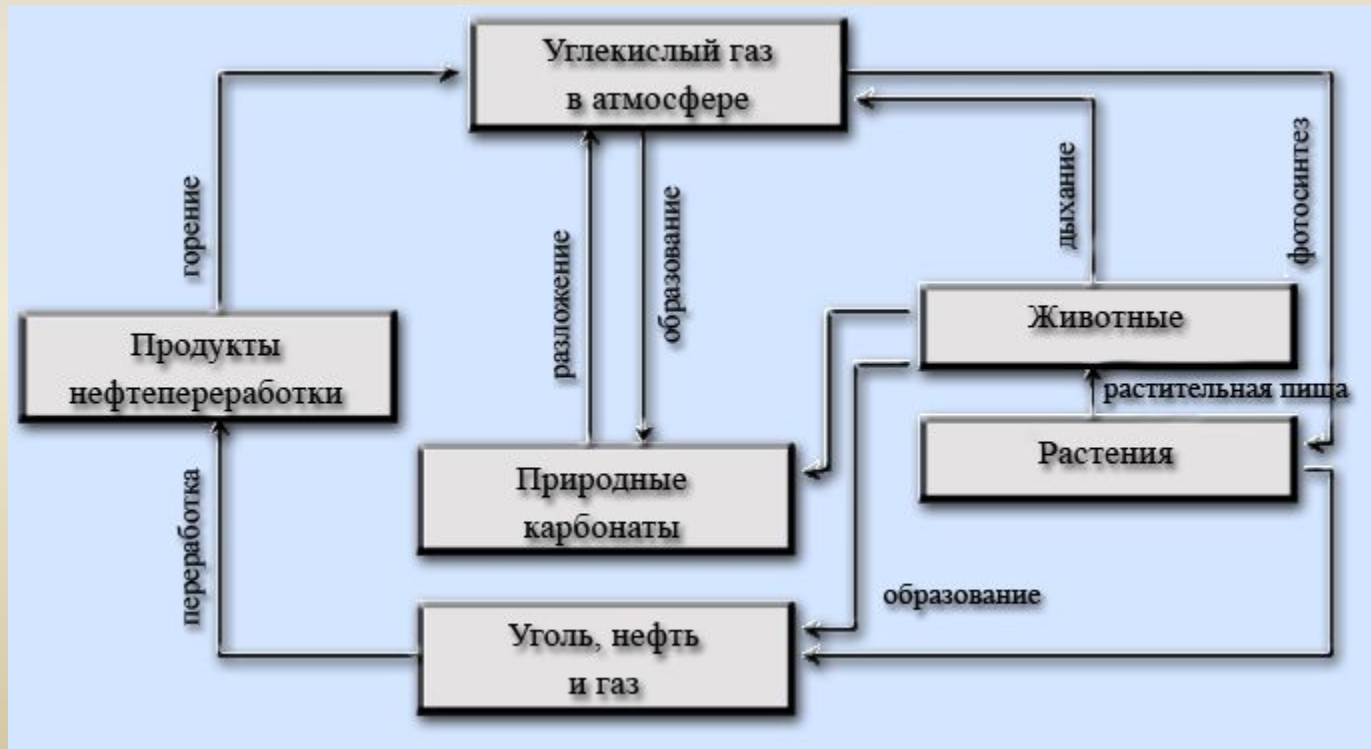
Круговорот воды в природе – это непрерывное перемещение воды под воздействием солнечной энергии и силы тяжести.



Значение круговорота воды велико, так как он не только объединяет все части гидросферы, но и связывает между собой все оболочки Земли (атмосферу, литосферу, биосферу и гидросферу).

5. Большой геологический круговорот веществ в природе.

Круговорот углерода. В атмосфере, воде и почве есть неорганические соединения, которые поглощаются живыми организмами. Чаще всего это растения, простейшие животные и грибы. Они образуют новые органические соединения, которые поглощаются высшими животными. После их смерти микроорганизмы снова перерабатывают соединения с углеродом в неорганические.



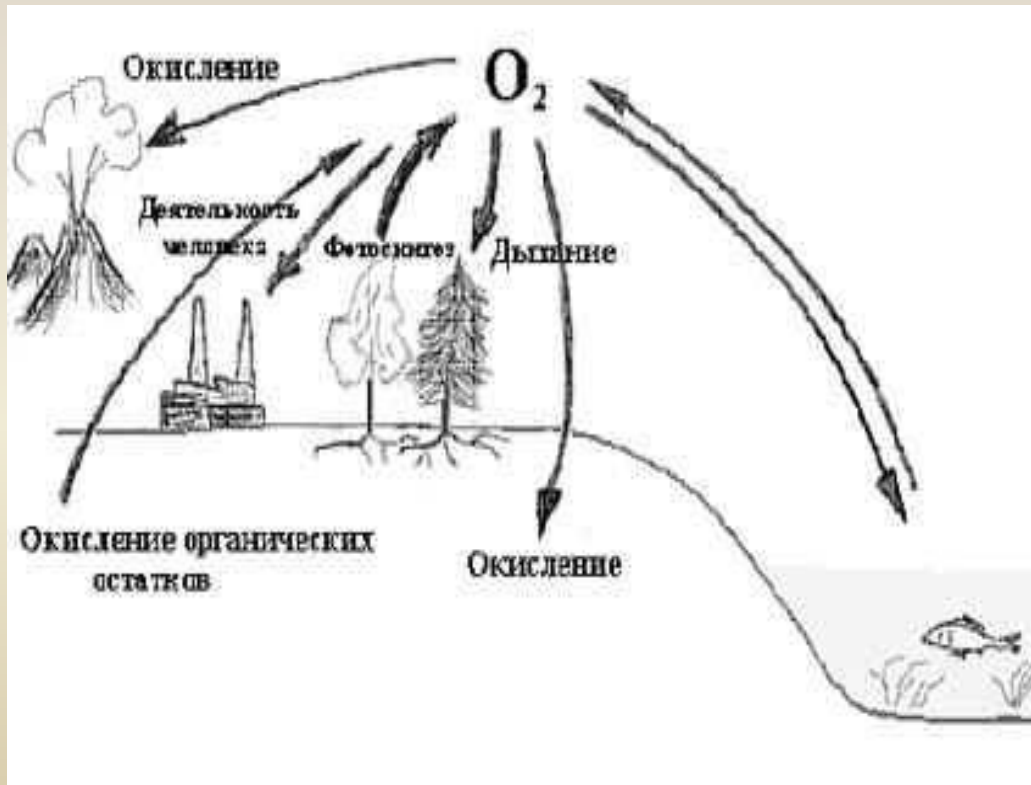
5. Большой геологический круговорот веществ в природе.

Круговорот азота



5. Большой геологический круговорот веществ в природе.

Круговорот кислорода. Кислород играет исключительно важную роль в природе. При участии кислорода совершается один из важнейших жизненных процессов — дыхание.



Важное значение имеет и другой процесс, в котором участвует кислород, — тление и гниение погибших животных и растений при этом сложные органические вещества превращаются в более простые (в конечном результате в CO_2 , воду и азот), а последние вновь вступают в общий круговорот веществ в природе.

6. Большой биологический круговорот веществ в природе.

Малый (биогеохимический) круговорот веществ в биосфере, в отличие от большого, совершается лишь в пределах биосферы. Сущность его в образовании живого вещества из неорганических соединений в процессе фотосинтеза и в превращении органического вещества при разложении. На базе большого, геологического круговорота возник круговорот органических веществ — малый, в основе которого лежат процессы синтеза и превращения органических соединений при разложении вновь в неорганические соединения. Эти два процесса обеспечивают жизнь на Земле, то есть этот круговорот для жизни биосферы — главный, и он сам является порождением жизни. Изменяясь, рождаясь и умирая, живое вещество поддерживает жизнь на нашей планете, обеспечивая биогеохимический круговорот веществ. Главным источником энергии круговорота является солнечная радиация, которая порождает фотосинтез. Эта энергия довольно неравномерно распределяется по поверхности земного шара. Например, на экваторе количество тепла, приходящееся на единицу площади, в три раза больше, чем на архипелаге Шпицберген (80° с. ш.). Кроме того, она теряется путем отражения, поглощается почвой, расходуется на транспирацию воды и т. д. Энергия биологического круговорота составляет всего 1–3% уловленной Землей солнечной энергии, но именно она совершает громадную работу по созиданию живого вещества. Замкнутые пути движения химических элементов называются биогеохимическими циклами. Из 100 химических элементов 30–40 являются биогенными, т. е. необходимыми организмам.

7. Классификация гранулометрических элементов.

Механические элементы, близкие по размерам, объединяют во фракции.

НАЗВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ	Размер механических элементов в мм
Камни	> 3
Гравий	$3 - 1$
Песок крупный	$1 - 0,5$
Песок средний	$0,5 - 0,25$
Песок мелкий	$0,25 - 0,05$
Пыль крупная	$0,05 - 0,01$
Пыль средняя	$0,01 - 0,005$
Пыль мелкая	$0,005 - 0,001$
Ил грубый	$0,001 - 0,0005$
Ил тонкий	$0,0005 - 0,0001$
Коллоиды	$< 0,0001$
Физическая глина	$< 0,01$
Физический песок	$> 0,01$

8. Классификация почв по гранулометрическому составу.

Механический состав почв — это относительное содержание механических элементов, выраженное в процентах.

Классификация почв по гранулометрическому составу
(по Н. А. Качинскому)

	Содержание физической глины (частицы <0,01 мм) в почвах, %		
	подзолистый тип почвообразования	степной тип почвообразования, краснозёмы, желтозёмы	солонцы и силь- носолонцеватые почвы
Песок рыхлый	0—5	0—5	0—5
Песок связный	5—10	5—10	5—10
Супесь	10—20	10—20	10—15
Суглинок лёгкий	20—30	20—30	15—20
Суглинок средний	30—40	30—45	20—30
Суглинок тяжёлый	40—50	45—60	30—40
Глина лёгкая	50—65	60—75	40—50
Глина средняя	65—80	75—85	50—65
Глина тяжёлая	>80	>85	>65