**Лекция № 15**

**Тема: «Круговорот веществ в природе»**

***Биосфера — открытая система. Ее существование невозможно без посту­пления энергии извне. Основная доля приходится на энергию Солнца.***

В отличие от количества солнечной энергии количество атомов веще­ства на Земле ограничено.

***Круговорот веществ —*** ***многократное участие веществ в процессах, протекающих в атмосфере, гидросфере и литосфе­ре, в том числе в тех слоях, которые входят в состав биосферы Земли — обеспечивает неисчерпаемость отдельных атомов химических элемен­тов.***

*При отсутствии круговорота, например, за короткое время был бы исчерпан основной «строительный материал» живого — углерод.*

Биосфера Земли характеризуется определенным образом сложив­шимся круговоротом веществ и потоком энергии. Круговорот веществ осуществляется при непрерывном потоке солнечной энергии.

В зависимости от движущей силы, с определенной долей условно­сти, внутри круговорота веществ можно выделить геологический, био­логический и антропогенный круговороты. До возникновения челове­ка на Земле осуществлялись только первые два.

***Геологический круговорот*** — круговорот веществ, движущей силой которого являются экзогенные и эндогенные геологические процес­сы. Геологический круговорот веществ осуществляется без участия живых организмов.

***Биологический круговорот*** — круговорот веществ, движущей силой которого является деятельность живых организмов С появлением че­ловека возник антропогенный круговорот или обмен веществ.

***Антропогенный круговорот (обмен)*** — круговорот (обмен) веществ, движущей силой которого является деятельность человека. В нем мож­но выделить две составляющие: *биологическую.,* связанную с функцио­нированием человека как живого организма, и *техническую,* связанную с хозяйственной деятельностью людей (*техногенный круговорот, обмен).*

**Рассмотрим круговороты наиболее значимых для живых организ­мов веществ и элементов.**

**1 вопрос: Круговорот воды в природе**

Круговорот воды в природе – сложный процесс, сопровождающийся изменением агрегатного состояния воды, перемещением ее между экосистемами. Каждый год с поверхности планеты испаряется объем воды, составляющий 500×10 в 3 степени км3. Этот же объем в виде жидких и твердых осадков возвращается на Землю. Такая непрерывная циркуляция обеспечивает существование жизни на планете.

Круговорот воды на Земле – природный процесс, представляющий собой беспрерывный водный обмен между атмосферой, литосферой и Мировым океаном. В процессе этого обмена водная масса меняет агрегатное состояние: из жидкой или твердой превращается в газообразную, и обратно. Она в ходе своего перемещения забирает и переносит огромное количество органических соединений и минеральных элементов, необходимых для поддержания жизни на планете.



Наибольший объем водной массы сосредоточен в океанах (97,5%), поэтому большая часть природной жидкости имеет в составе соли. Остальные 2,5% – пресные источники, из них:

* ледники и вечные снега – 68,9%;
* грунтовые воды (включая влагу в почвах болотистых местностей и зон вечной мерзлоты) – 30,8%;
* реки и озера – 0,3%.

Вода пребывает в беспрерывном движении, причем ее объем на планете – величина постоянная. Однако нахождение ее в различных агрегатных состояниях меняется в течение истории Земли. Много веков назад водных источников на планете было гораздо меньше, поскольку основная водная масса была сосредоточена в ледниках. Еще 20 тысячелетий назад по ледниковому покрову, разделявшему Берингов пролив, из Аляски можно было свободно перебраться в Азию.

Как происходит круговорот воды?

Процесс сложный, состоит из нескольких этапов. Движущий фактор – солнечное излучение.

В теплый сезон нагретая Солнцем вода принимает газообразное состояние – становится паром. Из испаряющейся водной массы отфильтровываются соли. То есть накапливающийся в атмосфере пар является пресным. По мере поднятия в атмосферные слои пар сталкивается с холодными воздушными потоками, в результате формируются [облака](https://tainaprirody.ru/atmosfera/oblaka). Выпадающие из них осадки наполняют океан.

То есть этапы круговорота воды, если говорить упрощенно, следующие:

* испарение;
* концентрирование в атмосфере;
* выпадение в виде осадков.

Такой процесс наблюдается обычно над океанической поверхностью. Но он сложнее, если облака скапливаются над сушей, и осадки проливаются не в океан, а на земную поверхность. Сточные воды, наполняющие поверхностные и подземные источники, проходят длительный путь к океану. В процессе движения происходит процесс, обратный опреснению пара в атмосфере: реки и подземные водотоки забирают с грунта минеральные частицы, выносят их в моря и океаны. Там вода испаряется, а соли остаются. Так реки поддерживают соленость Мирового океана.

Планетарная циркуляция воды включает несколько процессов, являющихся ее звеньями. Следует подробнее рассмотреть схему мирового круговорота воды:

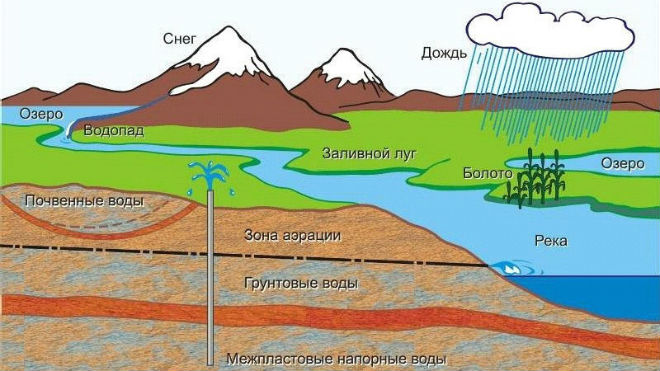
1. Испарение – начальное звено круговорота. Нагреваемая солнечным излучением вода переходит из жидкого состояния в газообразное. Пар поднимается в атмосферные слои. Этот процесс происходит на планете непрерывно в разных масштабах: пар образуется над реками, озерами, морями, над всеми водными источниками, даже в результате выделения пота живыми организмами.
2. Конденсация – 2 этап. Происходит в высоких атмосферных слоях, в результате пар снова обретает жидкое состояние. Частицы пара, столкнувшись с холодными воздушными потоками, рассеивают тепло, формируют водяные капли. Так образуются облака, а также [туман](https://tainaprirody.ru/atmosfera/tuman).
3. Осадки – 3 этап. Водяные капли, формирующие облака, постепенно сливаются друг с другом, тяжелеют. Когда достигают определенного размера, выпадают на землю твердыми или жидкими осадками. Из-за высокой скорости падения осадки, приближаясь к земной поверхности, не успевают испаряться. В результате становятся возможными [снег](https://tainaprirody.ru/atmosfera/sneg), [дождь](https://tainaprirody.ru/atmosfera/dozhd), [град](https://tainaprirody.ru/atmosfera/grad).
4. Стоки в океан – 4 этап. Выпавшие на землю осадки распределяются. Часть впитывается в почву, становится питанием для растительных организмов. Другая часть попадает реки и прочие природные стоки, устремляется обратно в океан.

Основными элементами круговорота воды являются:

* осадки – выпадение атмосферной влаги на земную поверхность;
* перехват осадков растительностью – испарение выпавшей влаги с растений, без насыщения почвы и пополнения водных источников;
* стоки – объекты перемещения воды по земной поверхности;
* инфильтрация – просачивание воды в почву с сопутствующей фильтрацией;
* подземные стоки – потоки под землей, находящиеся в аэрационной зоне;
* испарение – переход воды из жидкого в газообразное состояние;
* сублимация – переход из твердого в газообразное состояние;
* отложение – переход из газообразного в твердое состояние;
* адвекция – горизонтальное движение молекул в любом агрегатном состоянии в атмосферных слоях;
* конденсация – формирование облачности;
* испарение – образование пара под влиянием солнечного тепла, движение его с земной поверхности в атмосферу;
* просачивание – опускание влаги в почву под гравитационным воздействием.

Жидкость, постоянно меняясь, выделяет и поглощает энергию. Живые организмы, в том числе люди, тоже участвуют в круговороте воды, употребляя и выделяя ее, используя для своих нужд. Влияние человека на процесс усиливается, причем имеет преимущественно негативный характер. Круговорот нарушается промышленным использованием воды, сооружением водохранилищ и плотин, осушением болот, введением оросительных систем.

В верхних грунтовых слоях корневая система растений всасывает часть воды, необходимой для метаболизма. Незначительное количество накопившейся в растительных тканях жидкости переходит в организм растительноядных животных и человека. Но большая часть жидкости участвует в процессе транспирации: поступает из почвы в корни, перемещается по каналам в тканях растения, испаряется через листья.

Часть воды, не поглощенная растениями, поступает дальше в почвенные слои, становится частью системы грунтовых вод, протекающих сквозь песок, гравий и прочие слагающие породы. На грунтовые источники приходится значимая часть запасов пресных вод на планете. Грунтовый источник рано или поздно соединяется с реками, озерами, другими поверхностными водными объектами. Незначительная часть грунтовых вод опускается в глубоко лежащие минеральные породы, где замуровывается на тысячи лет.

Движется природная вода с неодинаковой скоростью. Поверхностные водные массы перемещаются быстро, а подземные, находящиеся в зоне вечной мерзлоты и в глубинных океанических слоях – медленно. Период полной смены воды в разных природных объектах следующий:

* в живых организмах – около недели;
* в атмосфере – полторы недели;
* в реках – 2 недели;
* в грунтовых слоях – от месяца до года;
* в болотах – от года до 10 лет;
* в озерах и прочих водоемах – около 10 лет;
* в морях и океанах – 4 тысячи лет;
* в пещерах и прочих подземных резервуарах – до 10 тысяч лет;
* в ледниках и зонах вечной мерзлоты – несколько тысяч лет.

**Виды круговорота воды**

Различают следующие типы процесса:

* Большой круговорот воды в природе. Испаряющаяся с океанической поверхности влага устремляется в атмосферу, с [ветрами](https://tainaprirody.ru/atmosfera/veter) переносится к суше, выпадает осадками. Накопившаяся в реках и грунтовых слоях жидкость отправляется обратно в океаны.
* Малый. Пар, поднимающийся над океаном, не переносится к суше, выпадает осадками над океанической поверхностью.
* Внутриконтинентальный. Все звенья происходят над сушей. Испарившаяся с земной поверхности влага выпадает осадками на землю.
* Геологический. Подразумевает беспрерывный взаимный обмен водами между океанами, сушей и литосферой. Отмечается обычно в области тектонических трещин, находящихся на стыке литосферных плит.
* Глобальный круговорот воды – незамкнутый процесс. Через тектонические трещины из глубин планеты идет приток жидкости в гидросферу. Ежегодное прибавление составляет 0,25 км3. В то же время часть молекул водяного пара, скапливающегося в атмосфере, под влиянием солнечного излучения устремляется в космос, расщепившись на кислород и водород.



**Значение круговорота воды в природе**

Круговорот воды – один из самых значимых природных процессов, он связывает все планетарные оболочки, позволяет им полноценно функционировать. Без распределения воды по земному шару невозможно было бы существование жизни. Благодаря круговороту воды в биосфере переносятся важные для живых организмов минеральные элементы и органические вещества, формируются оптимальные климатические условия.

Роль циркуляции воды на планете заключается в:

* объединении в единую систему гидросферы, литосферы, биосферы, атмосферы;
* делении объектов гидросферы на пресные и соленые, подходящие для жизнедеятельности разных видов живых организмов;
* переносе на значительные расстояния большого объема веществ, необходимых для поддержания жизни;
* очищении Мирового океана;
* формировании определенных климатических условий в разных частях планеты;
* обеспечении водой практически всех территорий земного шара;
* регулировании уровня речного стока при климатических и погодных изменениях;
* обеспечении через почву растительных организмов минеральными и органическими элементами.

Научные исследования показывают, что скорость круговорота с каждым годом увеличивается. Это ускорение отрицательно влияет на климатические условия на всей планете. Территории, находящиеся в жарком и сухом климате, становятся еще более засушливыми, а в регионах с влажным климатом растет количество осадков.

**2 вопрос: Круговорот углерода**

В процессе ***круговорота углерода*** продуценты улавливают углекис­лый газ из атмосферы и переводят его в органические вещества, консументы поглощают углерод в виде органических веществ с телами про­дуцентов и консументов низших порядков, редуценты минерализуют органические вещества и возвращают углерод в атмосферу в виде угле­кислого газа (С02). В Мировом океане круговорот углерода усложнен тем, что часть углерода, содержащегося в мертвых организмах, опуска­ется на дно и накапливается в осадочных породах. Эта часть углерода выключается из биологического круговорота и поступает в геологиче­ский круговорот веществ.

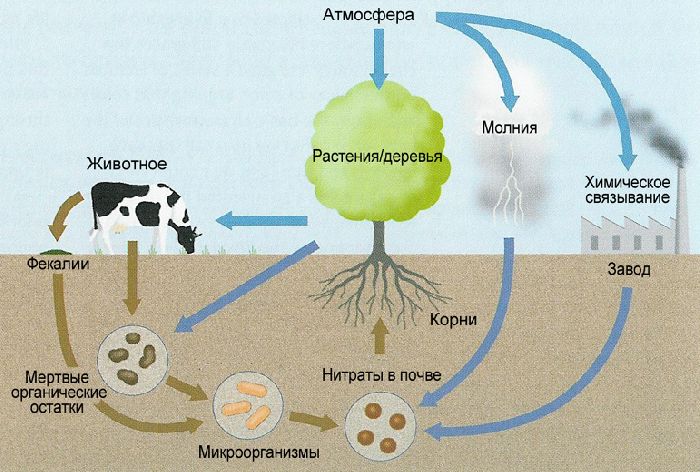
Главным резервуаром биологически связанного углерода служат леса, они содержат до 500 млрд т этого элемента, что составляет 2/з его запаса в атмосфере. Вмешательство человека в круговорот углерода (сжигание угля, нефти, газа, дегумификация) приводит к возрастанию содержания С02 в атмосфере и развитию парникового эффекта. Скорость круговорота С02, т.е. время, за которое весь углекис­лый газ атмосферы проходит через живое вещество, составляет около 300 лет.

**3 вопрос: Круговорот азота**

Азот – один из жизненно важных элементов. Азот не фиксируется в организме в свободном виде. Поэтому в круговороте азота в природе помогают бактерии.

***Круговорот азота*** — сложный процесс. Запас азота (N2) в атмосфе­ре огромен (78% от ее объема). Однако растения поглощать свободный азот не могут, а только в связанной форме, в основном в виде NH4+ или N03 . Свободный азот из атмосферы связывают азотфиксирующие бактерии и переводят его в доступные растениям формы. В расте­ниях азот закрепляется в органическом веществе (в белках, нуклеино­вых кислотах и пр.) и передается по цепям питания. После отмирания живых организмов редуценты минерализуют органические вещества и превращают их в аммонийные соединения, нитраты, нитриты, а так­же в свободный азот, который возвращается в атмосферу.

Нитраты и нитриты хорошо растворимы в воде и могут мигрировать в подземные воды и растения и передаваться по пищевым цепям. Если их количество излишне велико, что часто наблюдается при неправиль­ном применении азотных удобрений, то происходит загрязнение вод и продуктов питания, что вызывает заболевания человека.



**4 вопрос: Круговорот серы**

Содержание серы в живых организмах незначительно, но она входит в состав белка и тем самым играет существенную роль в протекании биохимических процессов

Основная часть серы зафиксирована в [литосфере](https://oblasti-ekologii.ru/ecology/ponyatie-o-biosfere/biosfera-kak-odna-iz-obolochek) в виде различных соединений. Источником серы в геологическом прошлом служили продукты извержения вулканов, содержащие SO2 и H2S. Растения усваивают раствор сульфатов в воде, и, таким образом, сера попадает в состав белков.

Животные получают серу, входящую в состав готовых органических соединений, с пищей. В [наземных экосистемах](https://oblasti-ekologii.ru/ecology/ekosistema) сера возвращается в почву при отмирании растений, захватывается микроорганизмами, которые восстанавливают ее до H2S.

Другие организмы и воздействие кислорода приводят к окислению этих продуктов. Круговорот серы также находится под влиянием антропогенной деятельности. В органическом топливе всегда, хотя и в малых количествах, содержится сера, при сжигании которого она переходит в диоксид серы – токсичное для живых организмов вещество.

Диоксид серы может подавлять процесс фотосинтеза, а при взаимодействии с водой атмосферы, образовывать сернистую кислоту, [увеличивая кислотность осадков](https://oblasti-ekologii.ru/ecology/zagryaznenie-atmosfery/kislotnye-dozhdi)

**5 вопрос: Круговорот фосфора**

Фосфор входит число важных элементов и соединений биосферы, поскольку является составляющей частью нуклеиновых кислот и других веществ, участвующих в энергетических обменных процессах. Дефицит фосфор приводит к снижению продуктивности организма. При круговороте этого элемента в окружающей среде все вещества с его содержанием или мало растворяются, или практически не растворяются. Наиболее устойчивыми компонентами считаются ортофосфаты магния и кальция. В некоторых растворах они преобразуются в дигидрофосфаты, которые усваиваются флорой. В результат из неорганических фосфатов появляются органические фосфорсодержащие соединения.

В окружающей среде фосфор содержится в некоторых горных породах, залегающих в недрах Земли. Круговорот этого элемент в природе можно разделить на два этапа:

наземный – начинается, когда породы, содержащие Р, выходят на поверхность, где происходит их выветривание;

водный – элемент попадает в море, часть поглощается представителями фитопланктона, который, в свою очередь, поедается морскими птицами и выводится наружу вместе с их продуктами жизнедеятельности.

Часть экскрементов птиц, в которых содержится Р, попадают на сушу, и они могут смыться обратно в море, где все дальше пойдет по тому же кругу. Также в водную среду фосфор попадает посредством разложения тел морских животных. Некоторая часть скелетов рыб оседает на дне морей, накапливается и превращается в осадочные породы.

Чрезмерное насыщение водоемов фосфором приводит к таким последствиям:

увеличение количества растений в акваториях;

цветение рек, морей и других водоемов;

эвтрофикация.

Те вещества, которые содержат фосфор и находятся на суше, поступают в почву. Корни растений поглощают Р вместе с другими элементами. Когда травы, деревья и кусты отмирают, фосфор вместе с ними возвращается в грунт. Он теряется из земли, когда происходит водная эрозия. В тех почвах, где есть высокое содержание Р, под воздействием различных факторов, образуются апатиты и фосфориты. В круговорот Р отдельный вклад делают люди, которые используют фосфорные удобрения и бытовая химия с Р.

Таким образом, круговорот фосфора в среде – это довольно длительный процесс. В ходе его протекания элемент попадает в воду и землю, насыщает животных и растения, обитающих, как на земле, так и в воде, а также в некотором количестве попадает в организм человека.

**6 вопрос: Круговорот кислорода**

***Круговорот кислорода*** главным образом происходит между атмос­ферой и живыми организмами. В основном свободный кислород (02) поступает в атмосферу в результате фотосинтеза зеленых растений, а потребляется в процессе дыхания животными, растениями, микроор­ганизмами и при минерализации органических остатков. Незначитель­ное количество кислорода образуется из воды и озона под воздействием ультрафиолетовой радиации. Большое количество кислорода расходует­ся на окислительные процессы в земной коре, при извержении вулканов

и т.д. Основная доля кислорода продуцируется растениями суши — поч­ти остальная часть — фотосинтезирующими организмами Мирово­го океана. Скорость круговорота — около 2 тыс. лет. Установлено, что на промышленные и бытовые нужды ежегодно расходуется 23% кислорода, который образуется в процессе фотосин­теза, и эта цифра постоянно возрастает.

**ТЕСТ**

**КРУГОВОРОТ ВЕЩЕСТВ В ПРИРОДЕ**

### 1. Как называется циркуляция химических веществ в биосфере?

А. Биохимический цикл Б. Геохимический цикл В. Биогеохимический цикл

### 2. Как называются вещества, необходимые для жизни?

А. Биогенными Б. Антропогенными В. Геогенными

### 3. Что из перечисленного относится к макротрофным веществам?

А. Углерод Б. Торф В. Золото

### 4. Как называются вещества, содержащиеся в живых организмах в крайне малых количествах?

А.Микроэлементы Б. Макроэлементы В. Элементы

### 5. Чем обычно сопровождается циркуляция химических веществ?

А. Стабильностью Б. Превращениями В. Выделением тепла

### 6. Какой из перечисленных циклов является простым?

А. Цикл фосфора Б. Цикл кислорода В. Цикл углерода

### 7. Как называются экскременты морских птиц?

А. Гуано Б. Гонно В. Ганоа

### 8. Зависит ли ценность вида от его количества?

А. Да Б. Нет В. Не всегда

### 9. Как может проявляться ценность вида?

А. Прямо Б. Косвенно В. Неизвестным науке путем

### 10. Существуют ли в атмосфере запасы углерода?

А. Да Б. Нет В. Неизвестно