

? Проверим знания

Ключевые вопросы. 1. Какие функции выполняет живое вещество в биосфере? 2. Благодаря какой функции живого вещества образовались залежи горючих полезных ископаемых, известняков, руд? 3. Каково значение газовой функции живого вещества для биосферы?

Сложные вопросы. 1. Какие физиологические процессы лежат в основе энергетической и окислительно-восстановительной функций? Ответ обоснуйте. 2. Докажите, что биосфера является динамической системой.



§ 53. Круговорот веществ в биосфере

- **Вспомните** из курсов химии и физики основополагающий закон сохранения массы вещества и энергии.
- **Как вы думаете?** Как закон сохранения массы вещества может быть связан с биосферой?
- **Вы узнаете** о круговороте веществ и значении в биосфере воды, кислорода и углерода.

Основой жизни на Земле являются круговороты веществ в биосфере и постоянный приток солнечной энергии.

Круговорот веществ — циклический, многократно повторяющийся процесс перемещения и перехода химических элементов из живых тел в соединения неживой природы и обратно. С использованием солнечной энергии на планете протекают два взаимосвязанных круговорота веществ: большой — геологический и малый — биологический.

Геологический (большой) круговорот веществ — процесс миграции веществ и природных вод, происходящий в результате воздействия абиотических факторов (факторов неживой природы). При большом геологическом круговороте, протекающем миллионы лет, горные породы разрушаются, выветриваются, вещества растворяются и попадают в Мировой океан. Именно большой круговорот поставляет живым организмам элементы питания и во многом определяет условия их существования.

Биологический (малый) круговорот веществ (рис. 87) — процесс циркуляции веществ между растениями, животными, грибами, микроорганизмами, атмосферой и почвой. Все химические элементы, используемые в процессе жизнедеятельности организмов, постоянно перемещаются, переходя из живых тел в соединения неживой природы и обратно. Так, в природе из неорганических веществ автотрофами синтезируются органические вещества. Выделенные в процессе жизнедеятельности или после гибели организмов (как автотрофов, так и гетеротрофов) органи-





Рис. 87. Биологический круговорот веществ в природе

ческие вещества подвергаются минерализации, то есть превращению в неорганические вещества. Эти неорганические вещества могут быть вновь использованы автотрофами для синтеза органических веществ. Таким образом, сущность биологического круговорота заключается в образовании живого вещества из неорганических соединений и в превращении органического вещества при разложении в неорганические соединения. Возможность многократного использования веществ делает жизнь на Земле практически вечной при условии постоянного притока нужного количества энергии Солнца.

Геологический и биологический круговороты в совокупности формируют общий биогеохимический круговорот веществ, основу которого составляют циклы азота, воды, углерода и кислорода.

Круговорот воды. Вода — самое распространенное вещество на Земле и основной компонент биосферы. Она является средой для растворения практически всех элементов. Большая часть биосферной воды представлена водами Мирового океана и водой вечных льдов. Более 99 % всех запасов воды в биосфере находится в твердом состоянии. Незначительная часть воды находится в газообразном состоянии — это атмосферные водяные пары. На испарение воды с поверхности океанов и суши затрачивается около половины всей поступающей на Землю солнечной энергии. После испарения вода потоками воздуха переносится на различные



Рис. 88. Круговорот воды в природе

расстояния (рис. 88). Большая ее часть в виде осадков выпадает в океан, откуда интенсивно испаряется, меньшая — на сушу. Излишки стекают в реки, озера, а из них — в Мировой океан. Выпавшая на поверхность суши вода способствует разрушению горных пород, размывает верхний слой почвы и возвращается вместе с растворенными и взвешенными в ней веществами в реки, моря и океаны. Таким образом, вода переносит огромное количество неорганических и органических соединений.

В круговороте воды важную роль играют живые организмы, состоящие на $\frac{2}{3}$ из воды. Растения извлекают воду из почвы и испаряют ее в атмосферу. Масса испаряемой при этом воды может быть весьма значительна. Так, с 1 га леса испаряется 20—50 т воды в сутки. В крупных лесных зонах основное количество осадков образуется из водяного пара, поступающего в атмосферу благодаря испарению с этих же зон.

► **Это интересно.** Чтобы произвести 10 кг биомассы, большинство растений потребляют примерно 1000 л воды. Из этой, пропущенной через корни, воды примерно 991 л идет на испарение с поверхности листьев, что необходимо растению в первую очередь для охлаждения. Из оставшихся 9 л воды 7,5 л сохраняется в тканях растений в виде химически свободной воды и только 1,5 л используется в процессе фотосинтеза.

Животные организмы также активно участвуют в круговороте воды. Они потребляют воду для поддержания процессов жизнедеятельности

и выделяют ее с продуктами обмена веществ. Вода как важнейший компонент среды обитания оказывает значительное влияние на организм животного начиная с периода эмбрионального развития. Недостаток воды животные ощущают чрезвычайно остро. Так, потеря 10 % воды сопровождается ослаблением сердечной деятельности, повышением температуры тела, снижением аппетита и секреции желудочного сока, возбуждением нервной системы, мышечной дрожью, сухостью и желтушностью слизистых оболочек. При потере животным 20 % воды наступает смерть.

Круговорот воды в целом играет основную роль в формировании природных условий на нашей планете.

Круговорот кислорода. Превращение кислорода непосредственно связано с круговоротом воды и других веществ. Практически весь атмосферный кислород имеет биогенное происхождение и проходит через живое вещество за 2000 лет.

В функционировании биосферы кислород играет исключительно важную роль. Постоянная концентрация кислорода в атмосфере поддерживается благодаря процессу фотосинтеза. В ходе этого процесса зеленые растения под действием солнечного света превращают углекислый газ и воду в углеводы и кислород. Основная часть образовавшегося кислорода участвует в процессах дыхания аэробных организмов и в обмене веществ (рис. 89). Небольшая часть кислорода атмосферы участвует в процессах образования озонового экрана.



Рис. 89. Круговорот кислорода в природе

Уменьшение количества кислорода происходит в атмосфере в результате процессов дыхания, окисления горных пород, горения при лесных пожарах, сжигания человеком топлива. Это компенсируется в процессе фотосинтеза. Таким образом, в природе непрерывно совершается круговорот кислорода и поддерживается постоянство состава атмосферного воздуха.

Однако в последние десятилетия деятельность человека, связанная с вырубкой лесов, осушением болот, уменьшает продукцию фотосинтеза. А это, в свою очередь, нарушает естественный ход круговорота кислорода на значительных территориях Земли.

Круговорот углерода. Углерод в атмосфере содержится в основном в составе углекислого газа. Первичный источник углекислого газа — вулканическая деятельность.

Биосферный цикл углерода (рис. 90) начинается с процесса фотосинтеза. Ежегодно в него вовлекается до 50 млрд т углерода. Растения поглощают углерод в составе углекислого газа. Продуцируемые ими органические вещества содержат значительное количество углерода (более 50 % углерода биосферы заключено в целлюлозе растений). Эти вещества используют сами растения и животные (консументы) для получения энергии. Кроме того, соединения углерода используются морскими организмами

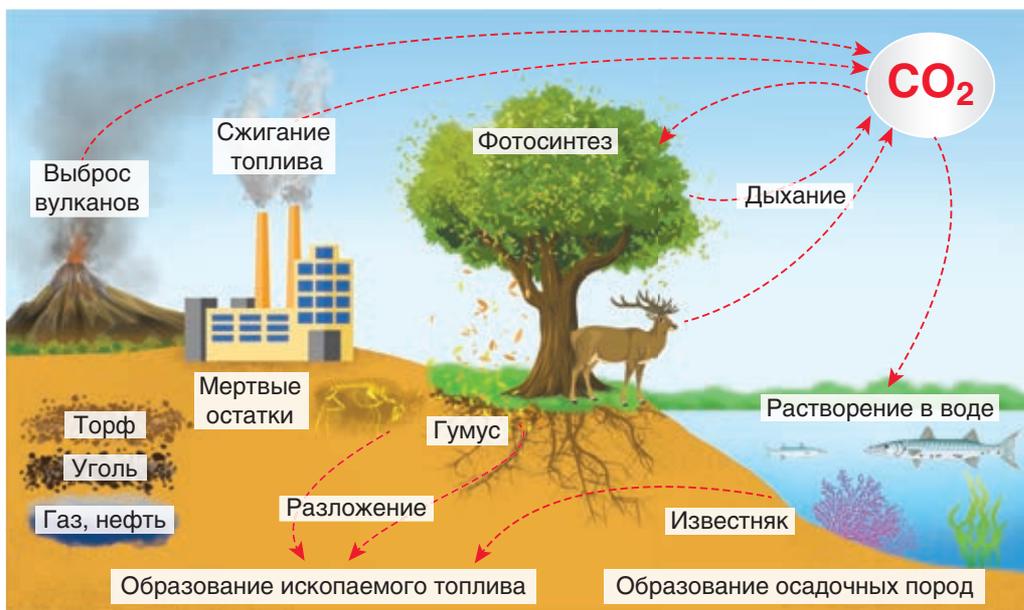


Рис. 90. Круговорот углерода в природе

для построения раковин и скелетных образований. Одновременно с этим происходит обратный процесс. Углерод возвращается в среду, замыкая цикл, двумя путями. Первый путь — в виде углекислого газа, который образуется в процессе дыхания живых организмов. Второй путь — разложение (минерализация) экскрементов, отмерших растений и животных микроорганизмами (редуцентами). Живые организмы пропускают через себя весь углерод атмосферы в течение 6—8 лет. Один цикл круговорота углекислого газа проходит за 300 лет.

Однако цикл круговорота углерода замкнут не полностью. Часть углерода, как уже отмечалось, на продолжительное время выводится из круговорота, концентрируясь в залежах торфа, каменного угля, нефти и горючих сланцев, образующихся при разложении мертвых организмов без доступа кислорода. Углерод также формирует мощные отложения известняков на дне морей и океанов, образовавшиеся из остатков раковин и скелетов отмерших морских организмов.

При сжигании ископаемого топлива, используемого человеком для получения энергии, образуется углекислый газ, который возвращается в атмосферу. За счет этого за последние сто лет его содержание в атмосфере возросло на 25 %, что нарушает отрегулированный веками круговорот углерода. Это может привести к усилению парникового эффекта и, как результат, к затоплению обширных прибрежных территорий по всему миру.



■ **Повторим главное.** Главными условиями устойчивого существования биосферы являются постоянно протекающий круговорот веществ и поток энергии. С использованием солнечной энергии на планете протекают два взаимосвязанных круговорота веществ: большой — геологический и малый — биологический. В круговоротах углерода и кислорода основная роль принадлежит живым организмам. Основу же глобального круговорота воды в биосфере обеспечивают физические процессы.



? Проверим знания

Ключевые вопросы. 1. Что представляет собой круговорот веществ в биосфере? 2. Каким образом живые организмы участвуют в круговороте веществ? 3. Какова роль фотосинтеза в круговороте веществ?

Сложные вопросы. 1. Какие условия являются необходимыми для поддержания непрерывности круговорота веществ? 2. Укажите возможные последствия чрезмерного поступления углекислого газа в атмосферу.

