



Решения задач для 8–9 классов

8.1. Раздельный сбор мусора

Во дворе установлены два контейнера:

- синий – для чистых отходов (пластик, стекло, металл, бумага);
- серый – для смешанных отходов (пищевые остатки, грязная упаковка).

Житель хочет выбросить:

- пластиковую бутылку из-под воды (пустую, чистую);
- пищевые отходы в полиэтиленовом мешке;
- старые газеты;
- пальчиковую батарейку.

Вопрос 1: В какой контейнер нужно положить каждый предмет?

Вопрос 2: Куда нельзя выбрасывать батарейку и почему?

Решение.

Пластиковая бутылка из-под воды (пустая, чистая) — в синий контейнер. Она относится к чистым перерабатываемым отходам и может быть отправлена на вторичную переработку.

Пищевые отходы в полиэтиленовом мешке — в серый контейнер. Пищевые остатки являются органическими отходами, а упаковка загрязнена, поэтому переработке не подлежит.

Старые газеты — в синий контейнер. Бумага — ценное вторсырьё, из которого получают макулатуру.

Пальчиковая батарейка — ни в синий, ни в серый контейнер! Её нужно сдавать в специальные пункты приёма батареек (в магазинах, школах, экоцентрах). Почему батарейку нельзя выбрасывать в обычный мусор: батарейки содержат тяжёлые металлы (ртуть, кадмий, свинец, никель) и электролиты. При попадании на свалку их корпус со временем разрушается, и ядовитые вещества проникают в почву и грунтовые воды, загрязняя их. Одна батарейка способна отравить около 20 м² почвы или 400 л воды. Эти металлы накапливаются в живых организмах и опасны для здоровья человека.

8.2. Глобальная экология лесов

Как деревья, так и травы поглощают углекислый газ (CO_2) и выделяют кислород. Но деревья живут десятки и сотни лет, а травы отмирают каждый год.

Вопрос 1: В чём основное отличие деревьев от трав в круговороте углерода?

Вопрос 2: Если вырубить лес и оставить древесину гнить, что произойдёт с накопленным углеродом? Как это повлияет на содержание CO_2 в атмосфере?

Решение.

1. Основное отличие деревьев от трав в круговороте углерода:

Деревья являются долговременными хранилищами углерода. Поглощённый CO_2 превращается в органические вещества (целлюлозу, лигнин) и надолго «запирается» в древесине (ствол и корни) — на десятки и сотни лет. Травы же ежегодно отмирают, их остатки быстро разлагаются микроорганизмами, и углерод почти сразу возвращается в атмосферу в виде CO_2 . Таким образом, леса — это долгосрочный резервуар углерода, а травы лишь временно удерживают его.

2. Если вырубить лес и оставить древесину гнить:

При гниении древесины грибы и бактерии разлагают органические вещества, окисляя углерод до углекислого газа. Весь углерод, который дерево накапливало десятилетиями, сравнительно быстро (за годы) вернётся в атмосферу в виде CO_2 . В результате содержание углекислого газа в атмосфере возрастёт, что усилит парниковый эффект и будет способствовать глобальному потеплению. К тому же исчезнет сам «поглотитель» CO_2 — живой лес, который продолжал бы связывать углерод.

8.3. Экологический успех цветковых

Цветковые (покрытосеменные) растения появились на Земле значительно позже папоротников и хвойных, однако за короткий по геологическим меркам срок они стали самой многочисленной и

распространенной группой растений.

Вопрос: Назовите две ключевые особенности (адаптации), которые позволили цветковым растениям эффективнее захватывать новые территории и выживать в самых разных экологических условиях?

Решение.

Две ключевые особенности (адаптации), обеспечившие покрытосеменным эволюционный успех:

1. Цветок и опыление животными (в первую очередь насекомыми)

Появление цветка — специализированного органа полового размножения — позволило перейти от случайного ветрового опыления к направленному опылению с помощью животных. Яркие лепестки, нектар, аромат привлекают опылителей, которые целенаправленно переносят пыльцу с одного растения на другое того же вида. Это резко повысило эффективность оплодотворения: нужно гораздо меньше пыльцы, опыление происходит надёжнее даже при низкой плотности растений, а коэволюция с насекомыми привела к взаимной специализации и быстрому видообразованию. Кроме того, двойное оплодотворение (уникальное для покрытосеменных) обеспечивает формирование питательного эндосперма только после успешного оплодотворения — энергия не тратится зря.

2. Плод, защищающий семя и обеспечивающий его распространение

Семязачатки у цветковых заключены внутри завязи, которая после оплодотворения превращается в плод. Плод выполняет сразу две важнейшие функции:

— Защищает развивающееся семя от высыхания, механических повреждений и поедания до созревания;

— Обеспечивает расселение — сочные плоды поедаются животными и семена разносятся с экскрементами на большие расстояния; крылатки и парашютики разносятся ветром; цепкие плоды прикрепляются к шерсти; некоторые плоды приспособлены к распространению водой.

Благодаря этому семена попадают далеко от материнского растения, в новые местообитания, что резко расширяет ареал вида и снижает внутривидовую конкуренцию.

Дополнительно можно упомянуть: разнообразие жизненных форм (от крошечной ряски до огромных деревьев, включая травы — чего почти нет у голосеменных), совершенную проводящую систему (настоящие сосуды в древесине вместо трахеид), короткий жизненный цикл у однолетников — всё это тоже работало на успех, но главными «визитными карточками» покрытосеменных остаются именно цветок и плод.

8.4. Нефтяная плёнка на воде

При попадании нефтепродуктов в водоём на поверхности воды образуется тонкая радужная плёнка.

Вопрос 1: Почему нефть не смешивается с основным объёмом воды и всегда остаётся на её поверхности?

Вопрос 2: Как такая плёнка вредит обитателям водоёма? Назовите два негативных последствия.

Вопрос 3: При каких природных условиях тонкая плёнка может исчезнуть самостоятельно за 1–3 недели? В каких случаях плёнка сохраняется долго и требуется вмешательство человека.

Решение.

1. Почему нефть не смешивается с водой и остаётся на поверхности:

Нефть не смешивается с водой и не растворяется в ней. Кроме того, плотность нефти (около $0,8\text{--}0,9\text{ г/см}^3$) меньше плотности воды (1 г/см^3), поэтому нефть всплывает и растекается тонкой плёнкой по поверхности.

2. Два негативных последствия для обитателей водоёма:

Нарушение газообмена: плёнка перекрывает поверхность воды, затрудняя растворение кислорода из атмосферы. В результате рыбы, моллюски и другие водные организмы задыхаются, а анаэробные процессы гниения усиливаются.

Гибель птиц и животных: нефть склеивает перья водоплавающих птиц и шерсть млекопитающих, лишая их теплоизоляции и способности плавать — животные гибнут от переохлаждения. Кроме того, нефть ядовита: она отравляет икру, мальков, планктон и зообентос, а также блокирует свет, необходимый фитопланктону и водным растениям для фотосинтеза.

3. Когда плёнка исчезает сама, а когда нужна помощь человека:

Плёнка может исчезнуть за 1–3 недели при небольшом количестве лёгких фракций нефти (бензин, керосин), тёплой солнечной погоде (ультрафиолет разрушает углеводороды), сильном ветре и волнении, которые способствуют испарению и эмульгированию, а также при активной работе природных нефтеокисляющих бактерий в тёплой воде.

Плёнка сохраняется долго и требует уборки при большом объёме разлива, тяжёлых сортах нефти (мазут), низких температурах (в холодной воде и подо льдом испарение и биоразложение почти останавливаются), в стоячих водоёмах без ветра и волн, а также если нефть прибило к берегу, камням или растительности. В этих случаях применяют боновые заграждения, сорбенты, диспергенты и механический сбор.

8.5. Закон сохранения энергии в экосистеме

В экосистеме энергия передаётся по цепям питания и при каждом переходе частично рассеивается.

Вопрос 1: Сформулируйте своими словами закон сохранения энергии применительно к экосистемам.

Вопрос 2: Какой главный источник энергии используют растения для фотосинтеза? Откуда эта энергия поступает?

Вопрос 3: Почему в природе пищевые цепи обычно не бывают очень длинными, например из 10–20 звеньев? Что происходит с энергией при переходе от одного звена к следующему?

Решение.

1. В экосистеме энергия не возникает из ничего и не исчезает бесследно — она лишь переходит из одной формы в другую и передаётся от одних организмов к другим по цепям питания. При этом на каждом переходе часть энергии рассеивается в виде тепла, но общее её количество сохраняется.

2. Главный источник энергии для растений при фотосинтезе — солнечный свет. Эта энергия поступает на Землю от Солнца в виде электромагнитного излучения. Зелёные растения с помощью хлорофилла улавливают её и преобразуют в химическую энергию связей в молекулах органических веществ (глюкозы), которые затем используются всеми остальными организмами экосистемы.

3. Почему пищевые цепи короткие:

При переходе с одного трофического уровня на следующий большая часть энергии теряется. Это описывает правило экологической пирамиды (правило 10% Линдемана): на следующий уровень переходит лишь около 10% энергии, а примерно 90% рассеивается в виде тепла при дыхании, расходуется на движение, поддержание температуры тела, теряется с неперевавшими остатками пищи.

Поэтому если на уровне растений, например, запасено 10 000 единиц энергии, то травоядным достанется около 1 000, хищникам первого порядка — 100, а хищникам второго порядка — всего 10. Уже через 4–5 звеньев энергии остаётся так мало, что её не хватает для существования следующего уровня потребителей. Именно поэтому в природе пищевые цепи обычно состоят из 3–5 звеньев и не бывают длинной в 10–20 звеньев.



Решения задач для 10–11 классов

10.1. Раздельный сбор мусора

Во дворе установлены четыре контейнера:

- жёлтый – для пластика и металла;
- серый – для макулатуры;
- чёрный – для стекла;
- серый – для смешанных отходов.

Отдельного контейнера для опасных отходов нет.

Житель хочет выбросить:

- стеклянную банку с металлической крышкой;
- грязную пластиковую упаковку из-под мяса;
- старый карманный радиоприёмник;
- люминесцентную лампу.

Вопрос 1: Как правильно поступить с каждым из этих предметов? В какие контейнеры их можно положить, а что необходимо сдать в специализированные пункты приёма?

Вопрос 2: Какие опасные для окружающей среды компоненты могут содержаться в радиоприёмнике и лампе? Почему их нельзя выбрасывать в обычные контейнеры?

Решение.

1. Что с чем делать:

— Стеклянная банка с металлической крышкой — крышку снять и бросить в жёлтый контейнер (металл), банку вымыть и бросить в чёрный (стекло). Если крышка сильно загрязнена остатками пищи и отмыть её невозможно — в серый.

— Грязная пластиковая упаковка из-под мяса — в серый контейнер (смешанные отходы). Пищевые загрязнения (жир, белок, кровь) делают пластик непригодным для переработки: он загрязняет всю партию сырья. Если упаковку удалось тщательно вымыть и высушить — можно в жёлтый.

— Старый карманный радиоприёмник — это электронные отходы. Ни в один из контейнеров площадки его бросать нельзя. Нужно сдать в специализированный пункт приёма электроники (часто есть в крупных магазинах бытовой техники, экоцентрах, пунктах РЭО). Если в нём стоят батарейки — их вынуть и сдать отдельно в контейнер для батареек.

— Люминесцентная лампа — это опасный отход I–II класса опасности. Выбрасывать категорически нельзя, в том числе в чёрный (стеклянный) контейнер. Сдать в специальный пункт приёма ртутьсодержащих ламп (ДЕЗ, ЖЭК, экомобили, крупные строительные магазины).

2. Опасные компоненты:

В радиоприёмнике: свинец (припой), кадмий и никель (аккумуляторы), литий (если есть батарейка), ртуть (в некоторых индикаторах), бромированные антипирены в пластике корпуса, медь, сурьма, а также редкоземельные элементы. На свалке под действием осадков и воздуха тяжёлые металлы вымываются в почву и грунтовые воды.

В люминесцентной лампе: пары ртути (2–5 мг на лампу) и её соединения, люминофор. Разбитая в мусоровозе лампа выпускает ртуть в воздух, а затем — в почву и воду. Ртуть — высокотоксичный нейротоксин. Выбрасывать их в обычный контейнер нельзя, потому что опасные вещества попадут на полигон, станут источником загрязнения и их уже нельзя будет извлечь и обезвредить.

10.2. Леса и углеродный цикл

Лес связывает углекислый газ (CO_2) и накапливает углерод в древесине, подстилке и почве. Молодые леса обычно растут быстрее, а старые леса содержат большие запасы уже накопленного углерода.

Вопрос 1: Почему для снижения содержания CO_2 в атмосфере важно не только сажать новые леса, но и сохранять уже существующие, а также ответственно использовать древесину?

Вопрос 2: Приведите примеры использования древесины, при которых углерод надолго остаётся

связанным, и примеры, при которых он быстро возвращается в атмосферу.

Вопрос 3: Почему разложение древесины, даже без сжигания, может увеличивать содержание парниковых газов в атмосфере?

Решение.

1. Молодой лес активно поглощает CO_2 (высокий прирост биомассы), но запасы углерода в нём пока маленькие. Старый лес поглощает медленнее, но в нём уже связаны огромные количества углерода — в стволах, подстилке, почве, корнях (почвенный углерод в старых лесах часто превышает надземный). Если такой лес вырубить или он сгорит, весь этот углерод одновременно вернётся в атмосферу, и никакие посадки молодых деревьев не компенсируют эту потерю за десятилетия. Поэтому стратегия должна быть комплексной: сохранять старые леса (чтобы не высвободить накопленный углерод), сажать новые (чтобы поглощать текущие выбросы) и ответственно использовать древесину (чтобы углерод оставался связанным как можно дольше).

2. Долгое удержание углерода: строительство деревянных домов, мебель, паркет, древесно-плитные материалы, книги, музыкальные инструменты, деревянные корабли, бумажные архивы — углерод «законсервирован» на десятки и сотни лет. Быстрый возврат в атмосферу: сжигание дров, топливные пеллеты, бумага одноразового использования (салфетки, упаковка), щепы для отопления, сжигание порубочных остатков.

3. При разложении древесины грибами и бактериями углерод всё равно окисляется до CO_2 . Более того, в анаэробных условиях (заболоченная почва, свалка под слоем мусора) разложение идёт с выделением метана (CH_4), парниковая активность которого примерно в 28 раз выше, чем у CO_2 . Поэтому гниющая древесина в неподходящих условиях может усиливать парниковый эффект даже без сжигания.

10.3. Эволюционный успех цветковых растений

В меловом периоде цветковые растения быстро распространились и стали преобладать во многих экосистемах Земли.

Вопрос 1: Какие три ключевые особенности позволили цветковым растениям добиться такого успеха?

Вопрос 2: Назовите одну группу растений, уступившую им по распространённости, и объясните, в чём заключалось её эволюционное ограничение.

Решение.

1. Три ключевые особенности:

— Цветок — орган полового размножения, обеспечивший эффективное опыление, в том числе с помощью животных (коэволюция с насекомыми). Это резко повысило точность переноса пыльцы и дало громадное разнообразие репродуктивных стратегий.

— Плод — защищает семена и обеспечивает их распространение: сочные плоды поедаются животными и семена разносятся с экскрементами на большие расстояния; крылатки и парашютики разносятся ветром; цепкие плоды прикрепляются к шерсти; некоторые плоды приспособлены к распространению водой. Благодаря этому семена попадают далеко от материнского растения, в новые местообитания, что резко расширяет ареал вида и снижает внутривидовую конкуренцию.

— Двойное оплодотворение и образование триплоидного эндосперма — питательной ткани, формирующейся только после оплодотворения. Растение не тратит ресурсы «заранее»: если оплодотворения не произошло, питательная ткань не закладывается. Это экономнее, чем у голосеменных, где запас формируется независимо от успеха опыления.

Дополнительно: разнообразие жизненных форм (от ряски до деревьев, включая травы — чего почти нет у голосеменных), совершенные сосуды древесины вместо трахеид, короткий цикл у однолетников.

2. Уступили голосеменные (хвойные, гинкговые, саговниковые). Их ограничения: опыление преимущественно ветром (неточное, огромные затраты пыльцы), отсутствие плода (семена защищены хуже и распространяются менее эффективно), медленное развитие семян, менее совершенная проводящая система (трахеиды вместо настоящих сосудов), бедность жизненных форм (почти нет трав и однолетников). Поэтому в большинстве экосистем мела-палеогена покрытосеменные их потеснили, и голосеменные сохранили доминирование в основном в суровых условиях (тайга,

высокогорья).

10.4. Нефтяная плёнка на воде

После аварии на поверхности моря образовалась нефтяная плёнка.

Вопрос 1: Почему нефть растекается и не тонет?

Вопрос 2: Назовите три основных процесса, которые приводят к самоочищению воды от нефти.

Вопрос 3: От каких трёх факторов зависит скорость разрушения плёнки?

Вопрос 4: Может ли нефтяная плёнка сохраняться годами? Поясните.

Вопрос 5: Какие основные методы используются для удаления пленки?

Решение.

1. Нефть легче воды (плотность $\tilde{0},8-0,9$ г/см³), поэтому не тонет. Она не смешивается с водой (гидрофобна) и обладает низким поверхностным натяжением на границе с водой, благодаря чему растекается тончайшим слоем по огромной площади — килограмм нефти способен покрыть сотни квадратных метров.

2. Три процесса самоочищения:

— Испарение лёгких фракций (бензиновых, керосиновых) в атмосферу;

— Фотоокисление под действием УФ-излучения солнца (нефть окисляется кислородом, распадается);

— Биоразложение — нефтеокисляющие бактерии (*Pseudomonas*, *Alcanivorax* и др.) и грибы используют углеводороды как источник углерода.

Дополнительно: растворение лёгких компонентов, эмульгирование волнами, седиментация тяжёлых смолисто-асфальтеновых остатков на дно.

3. Скорость разрушения плёнки зависит от:

— Температуры воды и воздуха (выше — быстрее испарение и активнее микроорганизмы);

— Составы нефти (лёгкие сорта разрушаются быстрее, тяжёлые мазуты — годами);

— Гидрометеословий — волнение, ветер, солнечная радиация, наличие кислорода в воде.

4. Да, может. В холодных водах (Арктика), в тихих заливах без волнения, при сильном загрязнении тяжёлыми фракциями образуются вязкие «шоколадные» эмульсии и гудроноподобные комки, которые оседают в прибрежном грунте, прячутся под галькой и между корнями мангров.

Основные методы удаления:

— Механические — боновые заграждения, скиммеры (нефтесборщики), откачка насосами;

— Сорбционные — рассыпание сорбентов (торф, вспученный перлит, синтетические материалы), поглощающих нефть;

— Физико-химические — диспергенты (ПАВ, разбивающие плёнку на капли);

— Термические — контролируемое выжигание плёнки;

— Биологические — внесение нефтеокисляющих микроорганизмов и биогенных удобрений (азот, фосфор) для стимуляции их роста.

10.5. Закон сохранения энергии в экосистемах

Экосистема является открытой системой, через которую постоянно проходит поток энергии.

Вопрос 1: Сформулируйте закон сохранения энергии применительно к экосистемам. Объясните, как этот закон проявляется в трофических цепях (цепях питания). Оцените примерное количество энергии, которое может остаться на четвёртом трофическом уровне (у консументов третьего порядка), если на первый трофический уровень (продуценты) поступает 100% энергии.

Вопрос 2: Назовите главный источник энергии для большинства экосистем Земли. Какие известны исключения (другие первичные источники энергии)? Приведите конкретные примеры таких экосистем.

Решение.

1. Применительно к экосистемам закон сохранения энергии (первое начало термодинамики) звучит так: энергия в экосистеме не возникает и не исчезает, а лишь переходит из одной формы в другую и рассеивается в виде тепла. Экосистема — открытая система: солнечная энергия поступает извне, в системе она запасается в химических связях органики и по мере прохождения по трофическим цепям постепенно рассеивается как тепло (второе начало).

Правило Линдемана («правило 10%»): при переходе с одного трофического уровня на следующий усваивается в среднем около 10% энергии, остальные 90% тратятся на дыхание, движение, теплопродукцию и уходят с неперевавленными остатками.

Расчёт для 4 уровней, начиная со 100% на продуцентах:

- I уровень (продуценты): 100%
- II уровень (растительноядные): 10%
- III уровень (хищники 1-го порядка): 1%
- IV уровень (хищники 2-го порядка, консументы III порядка): 0,1%

То есть до консументов третьего порядка доходит лишь около одной тысячной исходной энергии. Именно поэтому пищевые цепи редко насчитывают больше 4–5 звеньев — дальше энергии просто не хватает на поддержание популяции.

2. Главный источник энергии для большинства экосистем — солнечное излучение, которое улавливается фотосинтезирующими продуцентами (растения, водоросли, цианобактерии).

Исключения — хемосинтезирующие экосистемы, где первичные продуценты используют энергию химических реакций окисления неорганических веществ:

— Глубоководные гидротермальные источники («чёрные курильщики») на дне океанов: серобактерии окисляют сероводород, выходящий из недр, и служат основой сообществ из вестиментифер (погонофор *Riftia*), двустворчатых моллюсков, крабов. Солнечный свет туда не проникает вообще.

— «Холодные просачивания» метана на океанском дне — сообщества на основе метанокисляющих архей.

— Пещерные экосистемы (пещера Мовиле в Румынии) — автономная экосистема на основе хемосинтеза хемоавтотрофных бактерий, окисляющих H_2S и NH_3 .

— Глубинная подземная биосфера — бактерии в породах на глубине километров, живущие за счёт окисления водорода и минеральных соединений.

Во всех этих случаях источник энергии — геохимический, а не солнечный.