С. С. Маглыш В. А. Кравченко Т. Я. Довгун

БИОЛОГИЯ

10

С. С. Маглыш В. А. Кравченко Т. Я. Довгун

БИОЛОГИЯ

Учебное пособие для 10 класса
учреждений общего среднего образования
с русским языком обучения
(с электронным приложением
для повышенного уровня)

Под редакцией *С. С. Маглыш*

Допущено
Министерством образования
Республики Беларусь

Минск «Народная асвета» 2020

Правообладатель Народная асвета

УДК 57(075.3=161.1)
ББК 28.0я721
М12

Авторы:

С. С. Маглыш — предисловие, как работать с учебным пособием, введение, гл. 1, 3—5, словарь основных терминов и понятий;
В. А. Кравченко — гл. 2, словарь основных терминов и понятий;
Т. Я. Довгун — гл. 6—7, словарь основных терминов и понятий

Рецензенты:

кафедра общей биологии, экологии и экологической генетики учреждения образования «Международный государственный экологический институт имени А. Д. Сахарова» Белорусского государственного университета (доктор биологических наук, профессор *А. П. Голубев*); учитель биологии высшей квалификационной категории государственного учреждения образования «Средняя школа № 165 г. Минска» *Н. К. Колян*

Электронное приложение для повышенного уровня размещено на ресурсе profil.adu.by

ISBN 978-985-03-3182-3

© Маглыш С. С., Кравченко В. А., Довгун Т. Я., 2020
© Оформление. УП «Народная асвета», 2020

Правообладатель Народная асвета

ПРЕДИСЛОВИЕ

Дорогие друзья! Вы приступаете к изучению завершающего раздела школьного курса биологии, посвященного общим биологическим закономерностям, характерным для живых систем разного уровня организации. Этот раздел биологии очень важен для формирования правильного и целостного представления о законах существования жизни на Земле.

В рамках данного курса вам предстоит получить основы экологических знаний, а также представление о размножении и развитии организмов. Это поможет понять законы существования живой природы на уровне отдельных организмов и надорганизменных биологических систем разного уровня организации.

Знания о влиянии факторов среды на организм человека, полученные в рамках курса «Биология, 10», помогут вам овладеть навыками здорового образа жизни. Используя эти знания в быту и в будущей профессиональной деятельности, вы сможете предотвращать или уменьшать неблагоприятные воздействия факторов среды на свой организм, сохраняя здоровье на долгие годы.

На конкретных примерах вы познакомитесь с экологическими последствиями хозяйственной деятельности человека в рамках биосферы. Многие из этих последствий могут стать глобальными экологическими проблемами. Одной из причин их появления в большинстве случаев является экологическая неграмотность человека. Решать эти проблемы предстоит нынешнему и будущим поколениям людей, а значит, и вам. Зная и соблюдая законы природы, человек сможет сохранить равновесие в биосфере и обеспечить будущее своим потомкам.

Авторы

Правообладатель Народная асвета

КАК РАБОТАТЬ С УЧЕБНЫМ ПОСОБИЕМ

Материал учебного пособия состоит из семи глав, которые разделены на параграфы. В начале каждой главы приводится краткое вступление, раскрывающее суть ее содержания, дается информация о том, что **Вы узнаете** и чему **Вы научитесь**. Заканчиваются главы рубрикой **Подведем итоги**, которая представляет собой краткое содержание главы.

Каждый параграф начинается тремя рубриками. Первая рубрика **Вспомните** поможет вам актуализировать ранее полученные знания и проверить готовность к освоению новой темы. Вторая рубрика **Как вы думаете?** содержит проблемный вопрос по теме, требующий вашего собственного суждения, которое можно проверить после изучения текста. В третьей рубрике **Вы узнаете** указана главная идея темы параграфа.

После основного текста параграфа приводится рубрика **Повторим главное**, содержащая краткие выводы по изучаемому материалу.

В конце каждого параграфа в рубрике **Проверим знания** даны ключевые и более сложные вопросы и задания. Ответы на них помогут выяснить, насколько полно вы усвоили изучаемый материал, сможете ли использовать его для решения каких-либо конкретных задач.

В тексте параграфов обязательные для усвоения термины и понятия выделены шрифтом — ***жирным курсивом***, а дополнительные понятия — *светлым курсивом* и р а з р я д к о й.

Текст параграфов снабжен рисунками, схемами и таблицами, которые дадут вам возможность соотносить изучаемый теоретический материал с конкретными объектами или явлениями природы. Дополнительный материал приведен в рубрике **Это интересно**. В него включена информация, содержащая факты и сведения, расширяющие представление об изучаемом объекте или имеющие практическое значение. В конце учебного пособия размещен **Словарь основных терминов и понятий**.

Материал для повышенного уровня обозначен специальным знаком-символом и размещен на национальном образовательном портале (http://profil.adu.by).

Надеемся, что данное учебное пособие окажет вам неоценимую помощь в изучении одной из интереснейших наук — биологии. А если в будущем вы выберете одну из специальностей, связанных с биологией, поможет хорошо подготовиться к централизованному тестированию.

Желаем успехов!

Правообладатель Народная асвета

Введение

Живая природа на Земле очень разнообразна и представляет собой сложноорганизованную соподчиненную (иерархичную) систему, состоящую из разных биологических систем (биосистем).

Биологическая система (биосистема) — биологический объект, состоящий из взаимосвязанных и взаимодействующих элементов и обладающий способностью к развитию, самовоспроизведению и приспособлению к среде. Примером биосистемы может служить любое покрытосеменное растение, состоящее из взаимосвязанных органов — корня, стебля, листьев, цветков и плодов. Благодаря этим структурным элементам растение может размножаться и приспосабливаться к жизни в наземно-воздушной среде. Лиственные, смешанные или хвойные леса также являются примерами биосистем. Любой лес состоит из групп организмов (популяций) разных видов растений, животных, грибов и микроорганизмов. Эти популяции взаимодействуют между собой и обеспечивают устойчивое существование в данной среде.

Современная биология рассматривает жизнь на планете Земля как совокупность соподчиненных биологических систем, различающихся особенностями строения и проявления свойств. Наименьшей биологической системой является клетка, состоящая из биомолекул. В зависимости от степени сложности строения живой материи выделяют: молекулярный, клеточный, организменный, популяционно-видовой, биоценотический, биогеоценотический и биосферный **уровни организации жизни**.

Первый уровень — ***молекулярный***. Элементарными единицами этого уровня являются *биомолекулы*: нуклеиновые кислоты, белки, жиры, углеводы и другие органические соединения, которые вступают во взаимодействие между собой и формируют более сложные системы — клетки. Биомолекулы не являются биосистемами, но они представляют молекулярный уровень организации жизни, на котором проявляются такие свойства живой материи, как единство химического состава и обмен веществ и энергии. Этот уровень организации жизни изучают молекулярная биология и биологическая химия.

Следующим уровнем организации жизни является ***клеточный уровень***. Элементарные единицы этого уровня — *клетки*. Их структурными компонентами выступают плазматическая мембрана, цитоплазма, органоиды, ядро (у бактерий — хромосома), состоящие из взаимосвязанных биомолекул. Клетку как структурную и функциональную единицу жизни изучает наука цитология.

Правообладатель Народная асвета

Организменный уровень организации жизни представляют организмы (особи). *Организм* — самый низкий уровень организации биологических систем, способных к автономному существованию и самовоспроизведению. Организмы бывают одноклеточными (бактерии, протисты) и многоклеточными (грибы, лишайники, водоросли, растения, животные). Растительные организмы изучает ботаника, животные организмы — зоология, микроорганизмы — микробиология. Взаимоотношения организмов разных видов между собой и со средой обитания изучает экология.

За организменным уровнем следует ***популяционно-видовой уровень***. Особи одного вида, обитающие на общей территории, формируют группу — *популяцию*, а все популяции родственных особей в совокупности составляют *вид*. Популяциями одного вида можно считать группы сосен, произрастающих в городском парке, сосновом лесу, смешанном лесу. Группы карасей, обитающих в разных водоемах или в прибрежной и глубинной зонах одного водоема, также будут являться примерами популяций одного вида.

Следующий уровень организации жизни — ***биоценотический***. Элементарными единицами этого уровня являются *биоценозы*. Они формируются из популяций разных видов, длительно обитающих в одной и той же среде, между которыми возникают межвидовые связи и взаимоотношения. Примером биоценоза может быть совокупность всех обитателей луга или дубравы, все население озера или пруда.

Биогеоценотический уровень организации жизни является еще более сложным. Его представляют биологические системы — *биогеоценозы*. Они возникают в результате взаимодействия биоценозов со средой обитания путем обмена веществом и энергией. В качестве примеров биогеоценозов можно назвать луг, болото, хвойный лес, березовую рощу, дубраву, которые представляют собой единые комплексы живых организмов разных видов и их среды обитания.

Самый высший уровень организации жизни — ***биосферный***. Совокупность всех биосистем на планете Земля, связанных непрерывным круговоротом веществ и потоком энергии, называют *биосферой*. Она представляет собой глобальную по масштабам и сложности биологическую систему.

Особое место в системе биологических наук, изучающих уровни организации жизни, занимает наука экология. Термин «экология» (от греч. *óikos* — дом, жилище, *lógos* — наука, учение) ввел немецкий зоолог-эволюционист Э. Геккель в 1866 г. Под экологией он понимал науку об отношениях организмов с окружающей средой. Современная экология — это наука, изучающая биологические системы разного уровня организации (от организма до биосферы) и закономерности их взаимодействия между собой и со средой.

Правообладатель Народная асвета

Глава 1

Организм и среда

Вы узнаете:

- *общие свойства живых организмов;*
- *о среде обитания организмов и разнообразии экологических факторов среды;*
- *общие закономерности воздействия экологических факторов на организм и о лимитирующих факторах;*
- *о роли света, температуры, влажности в жизни живых организмов;*
- *о средах жизни и разнообразии адаптаций организмов к ним.*

ГО-1

Вы научитесь:

- *проводить наблюдения за живыми организмами с целью выяснения их приспособленности к факторам среды обитания;*
- *распознавать типы адаптаций живых организмов к разным факторам среды обитания;*
- *характеризовать среды жизни и адаптации живых организмов к разным средам.*

В этой главе вы узнаете, что среда обитания состоит из разных экологических факторов, для которых характерны общие закономерности воздействия на организмы. Вы изучите характеристику свойств и особенности воздействия отдельных экологических факторов (света, температуры, влажности) на организмы, в результате чего у них выработались специфические адаптации. Завершается глава характеристикой экологических условий в средах жизни: водной, наземно-воздушной, почвенной и организме как среде жизни. Вы узнаете, что в каждой среде у разных организмов сформировались сходные адаптации.

§ 1. Общие свойства живых организмов

- **Вспомните,** по каким признакам можно отличить живой организм от объекта неживой природы. Как размножаются растения, животные?
- **Как вы думаете?** Какие свойства являются общими для всех организмов?
- **Вы узнаете** о разнообразии общих свойств живых организмов, по которым они отличаются от объектов неживой природы.

Правообладатель Народная асвета

Как вам уже известно, живая природа на Земле очень разнообразна и состоит из биологических систем разного уровня организации. Одним из уровней организации жизни является организменный уровень. С разнообразием организмов вы уже познакомились при изучении биологии в 7-м и 8-м классах и знаете, что они могут быть одноклеточные, колониальные или многоклеточные. Несмотря на разнообразие структурной организации, живым организмам присущи общие свойства.

Единство химического состава. В живых организмах содержатся те же химические элементы, что и в телах неживой природы, но их соотношение сильно различается. У всех живых организмов тело построено из одинаковых органических веществ: *белков, жиров, углеводов* и *нуклеиновых кислот*. Их молекулы состоят из четырех основных элементов — углерода, водорода, кислорода и азота, на долю которых приходится 98 % всех химических элементов организма. Из неорганических веществ обязательным компонентом является вода (30—80 % общей массы тела). Минеральные соли в водных растворах диссоциируют на катионы металлов (Na^+, K^+, Ca^{2+}, Mg^{2+}, Fe^{2+}, Cu^{2+}) и анионы кислотных остатков (I^-, F^-, Cl^-, HCO_3^-, $H_2PO_4^-$, HPO_4^{2-}), которые выполняют жизненно важные функции.

Клеточное строение. Клетка является структурно-функциональной единицей всего живого. Клетки разных организмов имеют сходное строение. Снаружи они покрыты цитоплазматической мембраной, поверх которой может быть клеточная стенка (растения, грибы, некоторые протисты, бактерии). Содержимое клеток представлено цитоплазмой, содержащей органоиды и ядро (у бактерий — хромосому). Клетки большинства многоклеточных организмов в зависимости от функции, строения и происхождения объединяются в ткани и органы.

Обмен веществ и энергии. Живой организм — открытая устойчивая система, через которую проходят потоки веществ и энергии. Определенные вещества и энергия поступают в организм из среды (*питание, дыхание*), другие — выделяются из организма в среду (*выделение*). В самом организме обмен веществ и энергии включает два противоположных, но взаимосвязанных процесса. Это синтез сложных веществ из простых с поглощением энергии и расщепление сложных веществ до более простых с выделением энергии. Оба эти процесса в организме сбалансированы между собой и обеспечивают относительное постоянство его химического состава.

Саморегуляция. Способность живых организмов поддерживать постоянство своего химического состава и физиологических процессов в непрерывно изменяющихся условиях внешней среды называется ***само-***

Правообладатель Народная асвета

регуляцией. У животных саморегуляция осуществляется благодаря деятельности нервной и гуморальной систем. Сигналом для включения той или иной регуляторной системы может быть изменение в организме показателей температуры, кровяного давления, количества воды, энергии, скорости обменных процессов. Только живые организмы могут сохранять постоянными показатели внутренней среды при изменении факторов внешней среды. Так, у теплокровных животных существуют многочисленные механизмы поддержания на постоянном уровне температуры тела вне зависимости от температуры окружающей среды. Гормоны инсулин и глюкагон обеспечивают постоянный уровень глюкозы в крови человека независимо от количества углеводов, поступающих с пищей.

У растений отсутствует нервная система, поэтому гормональная регуляция у них является важнейшим фактором саморегуляции и управления ростом и развитием. Она осуществляется с помощью фитогормонов — низкомолекулярных органических веществ с высокой физиологической активностью. Водный баланс у растений поддерживается путем транспирации.

Размножение. Любой вид в природе состоит из особей, существование каждой из которых ограничено во времени. Рано или поздно жизнь отдельно взятой особи прекратится, но вид не перестанет существовать. Выживание вида обеспечивается появлением потомства путем бесполого (рис. 1) или полового размножения существующих особей (родителей).

Рис.1. Разнообразие способов вегетативного размножения у растений

Правообладатель Народная асвета

Млекопитающие

Птицы

Насекомые

Рис. 2. Примеры роста и развития

Размножение — свойство организмов воспроизводить себе подобных с сохранением главных признаков вида. Благодаря размножению обеспечивается непрерывность и преемственность жизни на Земле. В основе размножения лежит самовоспроизведение новых молекул и структур, обусловленное наследственной информацией, которая находится в хромосомах родительских клеток. Самовоспроизведение тесно связано с явлением наследственности. Если новый организм развивается на основе набора хромосом, идентичного набору одной родительской особи (бесполое размножение), он будет ее полной копией — например, при вегетативном размножении у растений (см. рис. 1). У организма, содержащего хромосомы двух родителей разного пола (половое размножение), помимо признаков обоих родителей, могут появляться новые признаки как следствие образования новой комбинации наследственной информации. Например, у кареглазых родителей может родиться ребенок с голубыми глазами.

Рост и развитие — это свойства организмов, реализуемые в процессе их жизни (рис. 2). ***Рост*** — количественное увеличение размеров и массы тела путем деления клеток, сопровождающее развитие организма или его частей. ***Развитие*** — это качественные изменения в строении и функциональной активности организма. Следует различать индивидуальное и историческое развитие видов. В процессе *индивидуального развития* организмы данного вида постепенно и последовательно изменяются в течение своей жизни. Они приобретают новые признаки и свойства,

Правообладатель Народная асвета

а прежние могут быть утеряны. В результате индивидуального развития возникает новое качественное состояние организмов.

В отличие от индивидуального развития *историческое развитие* вида сопровождается образованием новых видов и усложнением жизненных форм. В результате исторического развития возникло все видовое многообразие жизни на Земле.

■ **Повторим главное.** Несмотря на разнообразие структурной организации живых организмов, им присущи общие свойства. Для всех организмов характерно единство химического состава — тело построено из белков, жиров, углеводов и нуклеиновых кислот. Клетка является структурно-функциональной единицей всего живого. Живой организм — открытая устойчивая система (в ней протекает обмен веществ и энергии), способная к саморегуляции, размножению, росту и развитию.

? Проверим знания

Ключевые вопросы. 1. Какие органические вещества являются основными компонентами тел живых организмов? **2.** Что является структурно-функциональной единицей живых организмов? **3.** Почему в одних случаях потомки полностью похожи на родителей, а в других — заметно отличаются? Ответ обоснуйте.

Сложные вопросы. 1. Какие свойства живых организмов позволят сохраниться жизни на Земле в случае резкого потепления климата? Ответ обоснуйте. **2.** Как вы думаете, может ли быть развитие организма без роста и наоборот? Ответ аргументируйте конкретными примерами.

§ 2. Понятие о среде обитания и об окружающей среде. Факторы среды и их классификация

- **Вспомните,** какие факторы живой и неживой природы окружают растительный или животный организм в их местообитаниях.
- **Как вы думаете?** По каким критериям можно разделить на группы факторы среды обитания организма?
- **Вы узнаете** о классификации факторов среды обитания по значимости для жизни организма и по природе их происхождения.

Понятие о среде обитания и об окружающей среде. Такие понятия, как «среда обитания» и «окружающая среда», с точки зрения экологов не являются равнозначными.

Правообладатель Народная асвета

Когда речь идет о среде в широком смысле слова, то употребляют понятие «окружающая среда». ***Окружающая среда*** — совокупность всех условий, в которых существует жизнь на планете Земля. Американский биолог П. Эрлих очень образно охарактеризовал окружающую среду. Он писал: «Наша окружающая среда — единственная в своем роде «кожа» из почвы, воды и газообразной атмосферы, минеральных питательных веществ и живых организмов, покрывающая ничем в остальном особо не примечательную планету».

Однако такое понятие не логично применять по отношению к отдельно взятому организму. В этом случае применяют термин «среда обитания». ***Среда обитания*** — часть природы, которая окружает организм и с которой он непосредственно взаимодействует в течение своего жизненного цикла.

Факторы среды и их классификация. Среда обитания каждого организма сложна и изменчива во времени и пространстве. Она включает множество элементов живой и неживой природы и элементов, привносимых человеком и его хозяйственной деятельностью. В экологии эти элементы среды называются *факторами*. Все факторы среды по отношению к организму неравнозначны. Одни из них влияют на его жизнедеятельность, а другие для него безразличны.

Экологические факторы — свойства и компоненты среды обитания, которые вызывают у организма приспособительные реакции — адаптации. ***Адаптация*** (от лат. *adaptatio* — прилаживание, приспособление) — признак или комплекс признаков, обеспечивающих выживание и размножение организмов в конкретной среде обитания. Например, обтекаемая форма тела рыб облегчает их передвижение в плотной водной среде. У некоторых видов растений засушливых мест вода может запасаться в листьях (алоэ) или стеблях (кактус).

В среде обитания экологические факторы различаются по значимости для каждого организма. Например, атмосферный углекислый газ не оказывает влияния на жизнедеятельность животных, так как не поглощается ими при дыхании из-за более низкого парциального давления в альвеолах легких, чем в крови. Но он обязателен для жизни растений, поскольку используется при фотосинтезе. Следовательно, для существования организмов любого вида требуются определенные экологические факторы.

Условия существования (жизни) — комплекс экологических факторов, без которых организм не может существовать в данной среде.

Отсутствие в среде обитания хотя бы одного из факторов этого комплекса приводит к гибели организма. Так, к обязательным условиям существования растительного организма относится наличие воды, опре-

Правообладатель Народная асвета

деленной температуры, света, углекислого газа, минеральных веществ. Тогда как для животного организма такими являются вода, определенная температура, кислород, органические вещества.

Все остальные экологические факторы не являются жизненно важными для организма, хотя и могут влиять на его существование. Их называют ***второстепенными факторами***. Например, для животных молекулярный азот не является жизненно необходимым, так как они не могут его поглощать. Для существования растений не обязательно наличие органических веществ, так как они являются автотрофами и способны синтезировать органические вещества из неорганических с поглощением солнечной энергии.

Экологические факторы многообразны. Они играют различную роль в жизни организмов, имеют неодинаковую природу и специфику действия. И хотя экологические факторы воздействуют на организм как единый комплекс, их классифицируют по разным критериям. Это облегчает изучение закономерностей взаимодействия организмов со средой обитания.

Разнообразие экологических факторов по природе происхождения в среде обитания позволяет разделить их на три большие группы: абиотические, биотические, антропогенные. В каждой из групп можно выделить несколько подгрупп факторов.

Абиотические факторы — элементы неживой природы, которые прямо или косвенно влияют на организм и вызывают у него ответную реакцию. Их разделяют на четыре подгруппы:

1) *климатические факторы* — все факторы, которые формируют климат в данной среде обитания (свет, газовый состав воздуха, осадки, температура, влажность воздуха, атмосферное давление, скорость ветра);

2) *эдафические (почвенные) факторы* (от греч. *édaphos* — почва) — свойства почвы, которые разделяются на физические (влажность, комковатость, воздухо- и влагопроницаемость, плотность) и химические (кислотность, минеральный состав, содержание органического вещества);

3) *орографические факторы (факторы рельефа)* — особенности характера и специфика рельефа местности. К ним относятся: высота над уровнем моря, широта, крутизна (угол наклона местности по отношению к горизонту), экспозиция (положение местности относительно сторон света);

4) *геофизические факторы* — физические явления природы (гравитация, магнитное поле Земли, ионизирующее и электромагнитное излучения).

Биотические факторы — элементы живой природы, то есть живые организмы, влияющие на данный организм и вызывающие у него ответные реакции. Они носят самый разнообразный характер и действуют не

Правообладатель Народная асвета

только непосредственно, но и косвенно через элементы неорганической природы. Биотические факторы разделяют на две подгруппы:

1) *внутривидовые факторы* — влияющим фактором является организм того же вида, что и данный организм (например, в лесу высокая береза затеняет маленькую березку, у земноводных при высокой численности крупные головастики выделяют вещества, замедляющие развитие более мелких головастиков);

2) *межвидовые факторы* — влияние на данный организм оказывают особи других видов (например, густая ель угнетает рост травянистых растений под ее кроной, клубеньковые бактерии дополнительно обеспечивают азотом бобовые растения). Более подробно действие этих факторов рассматривается в главе 5 «Экосистема — основная единица биосферы».

Антропогенные факторы — разнообразные виды деятельности человека, которая влияет как на сами организмы, так и на их местообитания. В зависимости от способа воздействия выделяют две подгруппы антропогенных факторов:

1) *прямые факторы* — непосредственное воздействие человека на организмы (вырубка деревьев, скашивание травы, посадка леса, отстрел зверей и птиц, разведение рыбы);

2) *косвенные факторы* — опосредованное влияние человека на среду обитания организмов самим фактом своего существования и через хозяйственную деятельность. Как биологическое существо человек поглощает кислород и выделяет углекислый газ, изымает пищевые ресурсы. Как социальное существо он оказывает влияние через сельское хозяйство, промышленность, транспорт, бытовую деятельность.

Последствия действия антропогенных факторов более подробно рассматриваются в главе 7 «Человек и биосфера».

■ **Повторим главное.** Окружающая среда — совокупность всех условий, в которых существует жизнь на планете Земля. Среда обитания — часть природы, с которой организм непосредственно взаимодействует в течение своей жизни. Экологические факторы — свойства и компоненты среды обитания, вызывающие у организма приспособительные реакции — адаптации. По значимости для организма экологические факторы разделяют на условия существования и второстепенные факторы. По природе происхождения факторы делят на три группы: абиотические (климатические, эдафические, орографические, геофизические), биотические (внутривидовые, межвидовые) и антропогенные (прямые, косвенные).

Правообладатель Народная асвета

? Проверим знания

Ключевые вопросы. 1. Дайте определение понятий «среда обитания» и «условия существования». **2.** Какие из перечисленных ниже факторов являются условиями существования для растений, а какие — для животных: вода, ветер, свет, углекислый газ, органические вещества, минеральные вещества? **3.** На какие группы и подгруппы разделяют экологические факторы по природе их происхождения? Приведите примеры факторов каждой подгруппы.

Сложные вопросы. 1. Составьте прогноз последствий прямого воздействия перечисленных антропогенных факторов на организмы: вырубка лесов, прямое истребление диких зверей и птиц, избыточный вылов рыбы. **2.** Используя текст параграфа, составьте схему разделения экологических факторов на группы и подгруппы по их происхождению. Для каждой подгруппы запишите примеры факторов, выбрав их из предложенного перечня: температура, высота местности, хищники, свет, транспорт, паразиты, электромагнитное излучение, вырубка деревьев, минеральный состав почвы, растительноядные животные, орошение засушливых земель.

§ 3. Закономерности воздействия факторов среды на организм. Пределы выносливости

- **Вспомните,** на какие группы классифицируют экологические факторы среды обитания по их значимости для организма и по происхождению.
- **Как вы думаете?** Почему одна и та же сила воздействия экологического фактора для одних организмов благоприятна, для других — неблагоприятна, а для третьих — губительна?
- **Вы узнаете** об общих закономерностях воздействия экологических факторов среды обитания на жизнедеятельность организмов, о пределах выносливости организмов.

Пределы выносливости и зоны воздействия экологического фактора. Человек, наблюдая за жизнью организмов в природе, долгое время не мог получить ответы на ряд интересующих его вопросов. Почему переселение из одной среды обитания в другую для одних видов завершается успешно, а для других — нет? Почему одни виды могут жить в сильно изменяющихся условиях среды, а другим для жизни требуется относительное постоянство этих условий?

Объяснить эти особенности взаимодействия организмов со средой обитания стало возможно после появления науки экологии. Экологические знания позволили установить зависимость жизнедеятельности организмов от силы воздействия экологических факторов. Любая ответная

Правообладатель Народная асвета

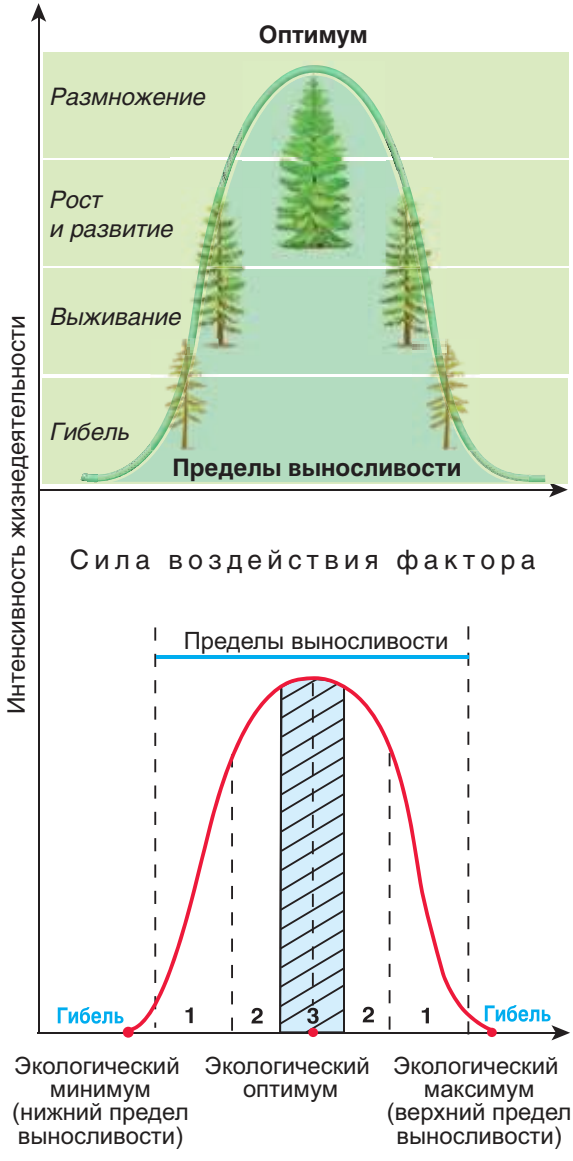


Рис. 3. Зависимость жизнедеятельности организма от силы воздействия экологического фактора:
1 — зона пессимума;
2 — зона нормальной жизнедеятельности;
3 — зона оптимума

реакция организма на действие фактора среды в конечном итоге отражается на его жизнедеятельности. Она зависит не только от природы фактора, но и от силы и продолжительности его воздействия на организм, то есть от дозы фактора.

Несмотря на разнообразие экологических факторов, был выявлен ряд общих закономерностей в ответных реакциях живых организмов. Теоретически зависимость жизнедеятельности организма (его ответной реакции) от силы воздействия фактора в общем виде можно выразить куполообразной кривой (рис. 3). В реальной ситуации эта кривая, как правило, не бывает идеально симметричной. Как видно из графика, организм проявляет жизнедеятельность не при любой силе воздействия фактора, а в определенном диапазоне. Этот диапазон ограничен минимальным и максимальным значениями силы воздействия фактора, переносимыми организмом. Минимальное значение силы воздействия фактора, при котором начинается проявление жизнедеятельности организма, называется ***экологическим минимумом*** или ***нижним пределом***

Правообладатель Народная асвета

выносливости. А максимальное значение, при котором жизнедеятельность организма прекращается, — ***экологическим максимумом*** или ***верхним пределом выносливости***. Разные виды могут существенно различаться по этим значениям. В зоне умеренного климата экологический минимум по температуре для древесных растений лежит в области отрицательных температур. Для травянистых растений (пырей ползучий, тимофеевка луговая, пастушья сумка) он немногим выше 0 °С, а для некоторых культурных растений (огурцы, томаты) не ниже +10 °С. Следовательно, для каждого вида характерны свои пределы выносливости.

Пределы выносливости — диапазон силы воздействия фактора, в котором возможна жизнедеятельность организма.

Если сила воздействия фактора выходит за эти пределы, то жизнь организма в данной среде становится невозможной, и он погибает. В пределах выносливости жизнедеятельность организма сильно варьирует в зависимости от степени выраженности фактора. Но можно выделить три зоны воздействия фактора, в которых организм проявляет характерную ответную реакцию (см. рис. 3):

1) ***зона пессимума*** (от лат. *pessimum* — причинять вред), или ***зона угнетения***, — это диапазоны (их два) силы воздействия фактора, в пределах которых жизнедеятельность организма снижена. При такой силе воздействия фактора невозможны его рост и развитие, но сохраняется возможность для существования;

2) ***зона нормальной жизнедеятельности***, или ***зона нормы***, — диапазоны (их два) силы воздействия фактора, в пределах которых наблюдаются рост и развитие организма. Однако данная сила воздействия фактора неблагоприятна для его размножения;

3) ***зона оптимума*** (от лат. *optimum* — наилучший) — диапазон силы воздействия фактора, в пределах которого организм проявляет максимальную жизнедеятельность. При такой силе воздействия фактора наблюдаются рост, развитие и размножение организма.

Для некоторых видов организмов в зоне оптимума можно выделить конкретное значение силы фактора, наиболее благоприятное для жизнедеятельности. Его называют *экологическим оптимумом*. Однако чаще всего наилучшие показатели жизнедеятельности наблюдаются в определенном диапазоне силы воздействия фактора, то есть в зоне оптимума.

Таким образом, закономерностями воздействия факторов среды на организм являются: экологический минимум, экологический максимум, пределы выносливости. В пределах выносливости можно выделить зоны пессимума, нормальной жизнедеятельности и оптимума.

Правообладатель Народная асвета

Понятие о стенобионтах и эврибионтах. У всех видов организмов в процессе эволюции выработалась способность воспринимать силу воздействия факторов среды в тех пределах, которые благоприятно влияют на их жизнедеятельность. Виды, долго жившие в относительно стабильных условиях среды, утратили способность выдерживать значительные отклонения факторов от их оптимальных значений. В то же время виды, которые были подвержены существенным колебаниям факторов, стали выносливыми по отношению к изменяющимся условиям среды. Врожденное свойство видов приспосабливаться к определенному диапазону изменения факторов среды называется ***экологической пластичностью*** или ***экологической валентностью.***

В зависимости от пределов выносливости виды разделяют на две группы: стенобионты и эврибионты. ***Стенобионты*** (от греч. *stenos* — узкий) — виды организмов, имеющие узкие пределы выносливости. Они способны существовать на ограниченных территориях с относительно постоянными условиями среды. К стенобионтам относятся многие животные океанических глубин (камбала, скаты), обитатели пещер, влажных тропических лесов (колибри), высокогорных районов, изолированных океанических островов (коала, ехидна, утконос). Стенобионтность ограничивает возможность расселения и обусловливает локальное распространение видов. ***Эврибионты*** (от греч. *eurys* — широкий) — виды организмов, имеющие широкие пределы выносливости. Они могут заселять обширные территории и выдерживать значительные колебания факторов внешней среды. Эврибионты широко распространены по всей планете. Из растений к ним можно отнести ель, сосну, березу, сорняки (пырей, одуванчик). Из животного царства — собак, крыс, мышей, воробьев, синиц, голубей.

▶ **Это интересно.** Рыбы, живущие в водоемах пустынь, переносят перепады температуры от +10 до +40 °С. Они являются эврибионтами по сравнению с антарктическими рыбами, диапазон переносимых температур у которых составляет всего 4 °С (от −2 до +2 °С). В Беларуси элодея канадская и золотарник канадский являются эврибионтами по температурному фактору, вследствие чего они широко распространились по всей территории. В то же время ручьевая форель — стенобионт по отношению к температуре и концентрации кислорода. Она не выдерживает заметного колебания значений этих факторов, поэтому может жить только в определенных водоемах.

С разнообразием стенобионтов и эврибионтов по отношению к отдельным экологическим факторам (свет, влажность, температура) вы познакомитесь в последующих параграфах данной главы, где рассматриваются приспособления организмов к этим факторам.

Правообладатель Народная асвета

■ **Повторим главное.** Все виды живых организмов по отношению к различным экологическим факторам имеют определенные пределы выносливости. Эти пределы ограничены экологическим минимумом и экологическим максимумом. В пределах выносливости выделяют зоны оптимума, нормальной жизнедеятельности и пессимума. В зависимости от пределов выносливости организмы делят на стенобионтов, имеющих узкие пределы выносливости, и эврибионтов — с широкими пределами выносливости.

? Проверим знания

Ключевые вопросы. 1. Дайте определение понятий «экологический минимум», «экологический максимум», «экологический оптимум», «пределы выносливости». **2.** Укажите различия между стенобионтами и эврибионтами. Подтвердите их примерами. **3.** Что такое «экологическая пластичность»? Как она влияет на пределы выносливости организмов?

Сложные вопросы. 1. Выберите из предложенных вариантов (25—60 %; 30—75 %; 35—85 %; 60—95 %) пределы выносливости по отношению к влажности, которые должен иметь организм, чтобы чувствовать себя наиболее комфортно при влажности 60 %. **2.** У организма пределы выносливости по отношению к температуре составляют 4—30 °С. Постройте в произвольном масштабе симметричный график зависимости жизнедеятельности организма от температуры, приняв максимальную жизнедеятельность за 100 %. С помощью графика определите экологический оптимум по отношению к температуре. В какое время года будет наблюдаться размножение данного организма в климатических условиях Беларуси? **3.** Фермер решил выращивать капусту на продажу. Какие экологические знания о капусте и условиях среды ему понадобятся для получения максимального урожая и процветания бизнеса?

§ 4. Лимитирующие факторы среды

§3-1

■ **Вспомните,** как изменяется жизнедеятельность организма при изменении силы воздействия экологического фактора.

■ **Как вы думаете?** Как определить фактор среды, от которого зависит жизнедеятельность организма при одновременном воздействии всех экологических факторов?

■ **Вы узнаете** о лимитирующем факторе, который определяет жизнедеятельность организма в его среде обитания.

Исходя из описанных ранее закономерностей воздействия факторов среды на организм, можно предвидеть реакцию организма на определенную силу воздействия фактора. Однако в природе все факторы среды воздействуют на организм одновременно и с разной силой. Причем сила воздействия отдельного фактора зависит от сочетания и количественного значения силы воздействия других факторов.

Правообладатель Народная асвета

Взаимодействие факторов среды. В среде обитания экологические факторы не только влияют на организмы, но и взаимодействуют друг с другом. При этом наблюдается усиление или ослабление силы воздействия одного фактора под влиянием другого.

Высокую температуру легче переносить при низкой, а не высокой влажности воздуха. А угроза обморожения выше на морозе с сильным ветром, чем в безветренную погоду. Таким образом, один и тот же фактор в сочетании с другими оказывает неодинаковое воздействие на организм. И наоборот, один и тот же экологический эффект для организма может быть достигнут разными путями.

Факторы среды воздействуют на организм комплексно, и может наблюдаться частичная взаимозаменяемость воздействия одного экологического фактора другим. Но взаимная компенсация факторов имеет пределы и полностью заменить один из необходимых организму факторов другим невозможно.

Зеленое растение нельзя вырастить в полной темноте даже при самой высокой концентрации углекислого газа. Оно не будет расти на дистиллированной (не содержащей минеральных веществ) воде при самых оптимальных световом и тепловом режимах. Эта закономерность получила название принципа незаменимости факторов: действие одного фактора может быть изменено другим, но не заменено им. В природной среде в результате взаимодействия различных факторов их воздействие на организм может компенсироваться, суммироваться и взаимно усиливаться.

Компенсация факторов для организма наблюдается в основном в пределах экосистемы. Именно в экосистеме усиление или ослабление силы воздействия одного фактора может компенсировать недостаток или избыток силы воздействия другого фактора. Например, для растений снижение температуры может частично компенсировать недостаток влаги в почве. Это происходит в результате ослабления транспирации и уменьшения расходования воды растениями при низкой температуре.

Примером простого ***суммирования факторов*** является одновременное неблагоприятное воздействие на человека и животных высокой температуры и недостатка воды. При недостаточном поступлении воды в организм высокая температура, повышающая потоотделение, будет дополнительно ускорять процесс его обезвоживания на то количество воды, которое выделяется из организма в результате ее испарения.

Экологические факторы могут ***взаимно усиливать*** действие друг друга. Примером может служить одновременное неблагоприятное воздействие на организм человека радиоактивного излучения и повышенного содержания нитратов в питьевой воде. В этом случае в несколько раз

Правообладатель Народная асвета

увеличивается угроза здоровью по сравнению с воздействием каждого из этих факторов в отдельности.

В условиях комплексного воздействия факторов среды на организм часто бывает трудно определить, какой из них играет главную роль в жизни организма в данной среде.

Понятие о лимитирующих факторах. Факторы среды, влияющие на организм, обладают разной силой воздействия. Но организм в один и тот же момент не может проявлять разный уровень жизнедеятельности в ответ на действие каждого из этих факторов. Например, если для растения температура находится в зоне оптимума, освещенность — в зоне нормальной жизнедеятельности, а влажность — в зоне пессимума, приближаясь к экологическому минимуму, то данное растение не будет расти и развиваться, хотя света и тепла достаточно. Его жизнедеятельность будет ограничивать недостаток влаги. Если произвести полив, то растение вновь начнет расти. В то же время, если после достижения оптимума по влажности температура повысится и окажется в зоне пессимума, приближаясь к экологическому максимуму, то рост растения прекратится из-за избытка тепла. Следовательно, в данной ситуации жизнедеятельность растения угнетается избыточной дозой экологического фактора.

Лимитирующий (ограничивающий) фактор — фактор, наиболее отклонившийся от своего оптимального значения в пределах выносливости или вышедший за эти переделы. Он определяет уровень жизнедеятельности организма в данной среде. Понятие «лимитирующий фактор» применимо не только к абиотическим факторам, но и ко всем экологическим факторам. Нередко в качестве лимитирующего фактора выступают конкурентные отношения (биотические факторы) или влияние человека (антропогенные факторы). Если изменить силу воздействия лимитирующего фактора, то жизнедеятельность организма изменится. Значит, выявление лимитирующих факторов может иметь большое практическое значение, поскольку позволяет управлять жизнедеятельностью организмов.

▶ **Это интересно.** Для теплолюбивых растений (персик, лимон, апельсин) лимитирующим фактором является низкая температура, и они погибают при отрицательной температуре воздуха, несмотря на оптимальное содержание элементов питания в почве, оптимальную влажность и освещенность. Фактором, ограничивающим распространение оленей, является глубина снежного покрова, определяющая доступность пищи. Каждая хозяйка знает, что дрожжи надо активировать (на самом деле размножить), оставляя в теплой воде с достаточным количеством сахара, потому что холодная вода и недостаток углеводов для дрожжей являются лимитирующими факторами.

Правообладатель Народная асвета

Определение лимитирующих факторов дает человеку отправную точку при исследовании сложных ситуаций в хозяйственной деятельности. А также помогает понять многие явления и принципы распределения организмов в природе. Основное внимание следует уделять тем факторам, которые наиболее важны для организма на данном этапе его жизненного цикла. Тогда удастся довольно точно предсказать результат изменений среды.

Чтобы сохранить исчезающий вид в определенном регионе, нужно выяснить, не выходят ли лимитирующие факторы среды за пределы выносливости его организмов. Особенно это важно в период размножения и развития. Изменяя силу воздействия факторов, ограничивающих размножение особей, можно добиться повышения их численности. Таким способом удастся сохранить исчезающий вид. Выявление лимитирующих факторов очень важно и в практике сельского хозяйства. Так, направив основные усилия на их устранение, можно быстро и эффективно повысить урожайность культурных растений или продуктивность домашних животных.

■ **Повторим главное.** В природе все факторы среды воздействуют на организм как единый комплекс. Воздействие отдельного фактора зависит от сочетания и количественного значения абсолютной силы других факторов. При этом жизнедеятельность организма определяет лимитирующий фактор — фактор, который наиболее отклонился от своего оптимального значения по сравнению с другими факторами среды. Изменяя силу этого фактора, можно управлять жизнедеятельностью организмов в природе и хозяйстве.

? Проверим знания

Ключевые вопросы. 1. Что такое компенсация воздействия фактора на организм под влиянием других факторов среды? Приведите примеры. **2.** Укажите факторы, которые могут усиливать холод: высокая влажность, слабый ветер, облачность, низкая влажность, сильный ветер. **3.** Как определить лимитирующий фактор? Какое это имеет значение в природе и хозяйстве?

Сложные вопросы. 1. Какое из указанных значений температуры (25 °С; 18 °С; 12 °С; 14 °С; 33 °С) будет ограничивать рост растения, если его пределы выносливости к температуре составляют 12—55 °С? До какого из указанных значений нужно повысить температуру, чтобы наблюдался максимальный рост данного растения? **2.** Какие из экологических факторов, по вашему мнению, с наибольшей вероятностью могут стать лимитирующими для урожайности картофеля? Почему? Как это можно использовать в сельском хозяйстве? **3.** Какой фактор будет лимитирующим для комнатных растений (например, орхидеи)? Как можно уменьшить его действие, чтобы сохранить комнатные растения, если вашей семье необходимо уехать в отпуск на 10 дней?

Правообладатель Народная асвета

§ 5. Свет в жизни организмов. Фотопериод и фотопериодизм

- **Вспомните,** какую роль играет свет в жизни растений.
- **Как вы думаете?** Зачем нужен свет гетеротрофным организмам? Могут ли они жить в полной темноте?
- **Вы узнаете** о значении компонентов солнечного света для жизни организмов, о понятиях «фотопериод» и «фотопериодизм», об адаптациях к свету растений разных экологических групп.

Свет как абиотический фактор среды. Одним из условий существования жизни на Земле является солнечный свет, поступающий из космического пространства.

▶ **Это интересно.** При прохождении солнечной радиации через атмосферу около 19 % поглощается облаками и водяными парами, 34 % отражается обратно в космос, 47 % достигает земной поверхности, из них 24 % — прямая радиация и 23 % — отраженные лучи. Растения связывают в ходе фотосинтеза в среднем 1 % поступающей солнечной энергии.

В солнечном спектре выделяют три основных компонента: ультрафиолетовые лучи, видимый свет и инфракрасные лучи.

Ультрафиолетовые лучи действуют на организмы неоднозначно в зависимости от дозы. Избыточное облучение ультрафиолетом может причинять существенный вред здоровью. Все живое на Земле защищено от губительного влияния жестких ультрафиолетовых лучей озоновым слоем земной атмосферы. Однако, несмотря на защитный озоновый слой, на долю ультрафиолетовых лучей приходится около 3 % солнечного света, достигающего поверхности Земли. Ультрафиолетовые лучи приводят к повреждению хромосом, могут вызывать преждевременное старение, стать причиной развития катаракты (помутнения хрусталика). Для людей со светлой кожей ультрафиолетовые лучи являются основным фактором, приводящим к меланоме — самой опасной форме рака кожи.

В то же время в небольших дозах ультрафиолетовые лучи стимулируют синтез пигмента кожи меланина и витамина D. Из курса биологии 9-го класса вы уже знаете, что витамин D оказывает влияние на обмен кальция и фосфора в организме. Это в свою очередь влияет на рост и развитие скелета человека.

Видимый свет наиболее важен для существования жизни на Земле. Все разнообразие климатических условий и температуры суши и верхних

Правообладатель Народная асвета

слоев водной поверхности определяется количеством поглощенной солнечной энергии. Различные участки спектра видимого света действуют на организмы по-разному. Красные лучи оказывают тепловое воздействие. Синие и фиолетовые лучи изменяют скорость и направление некоторых биохимических реакций. Особенно велико значение видимого света в жизни растений, которые поглощают его с помощью пигментов и используют в процессе фотосинтеза.

Свет играет роль основного энергетического и сигнального фактора. Для подавляющего большинства организмов видимый свет является источником тепла. Дневным животным видимый свет позволяет ориентироваться в окружающей среде. Некоторые ночные виды (совы, филины) могут перемещаться даже при слабой освещенности.

Инфракрасные лучи являются источником тепловой энергии, которая поглощается водой клеток. На их долю приходится 55 % солнечного света, достигающего Земли. Некоторые наземные животные (ящерицы, змеи) используют инфракрасные лучи для повышения температуры тела.

Фотопериод и фотопериодизм. В умеренных широтах цикл развития животных и растений приурочен к сезонам (временам) года. Сигналом для подготовки к изменению сезона служит продолжительность светового дня — фотопериод, который в отличие от других факторов всегда остается постоянным в определенном месте и в определенное время. В течение года длина дня изменяется строго закономерно и не подвержена воздействиям колебаний других экологических факторов.

Фотопериод — длина светового дня, зависящая от времени года. Смена сезонов является следствием движения Земли вокруг Солнца и расположения ее оси под углом к плоскости орбиты. Длина светового дня в области экватора относительно постоянна в течение всего года (около 12 ч). Но в умеренных и высоких широтах фотопериод значительно отличается в разные времена года. В Северном полушарии в умеренных широтах самый длинный день — 22 июня — длится около 17 ч, а самый короткий — 22 декабря — около 7 ч. Изменение фотопериода играет сигнальную роль как для растений, так и для животных. Оно является пусковым механизмом, включающим последовательность физиологических процессов и определяющим их сезонные ритмы.

Фотопериодизм — характерная реакция живых организмов на изменение длины светового дня, синхронизирующая их биологическую активность с временами года. Под фотопериодическим контролем находятся практически все процессы жизнедеятельности, связанные с развитием и размножением организмов. Эти реакции основаны не просто на количестве получаемого света, а на закономерном чередовании периодов света и темноты, продолжительности дня и ночи.

Правообладатель Народная асвета

Следует отметить, что организмы по-разному реагируют на смену светлого и темного периодов суток, то есть проявляют суточный фотопериодизм. Периоды активности и покоя наступают в разное время суток.

▶ **Это интересно.** Особенно заметно эта зависимость проявляется у животных. Среди них можно выделить три группы: дневные, ночные и сумеречные. *Дневные животные* активны в светлое время суток (пчела, ласточка, заяц). Они представляют самую многочисленную группу. Добывание пищи у *ночных животных* происходит в ночное время (таракан, сова, сверчок, филин). *Сумеречные животные* активны только во время сумерек (бабочка бражник, майский жук).

Экологические группы растений по отношению к световому режиму в среде обитания. По разнообразию адаптаций и способности произрастать при определенном световом режиме выделяют три группы растений: светолюбивые, тенелюбивые и теневыносливые.

Светолюбивые растения (очиток, подсолнечник, пшеница) живут на открытых территориях (пустыни, степи, высокогорные луга, пустыри, обочины дорог) и поглощают много солнечной энергии. У светолюбивых растений листовые пластинки в основном более толстые и светлые, чем у тенелюбивых и теневыносливых растений. Они чаще небольшие, блестящие, иногда покрыты воском или имеют опушение. Мякоть листа хорошо развита, особенно *столбчатая паренхима* (рис. 4), хлоропласты мелкие.

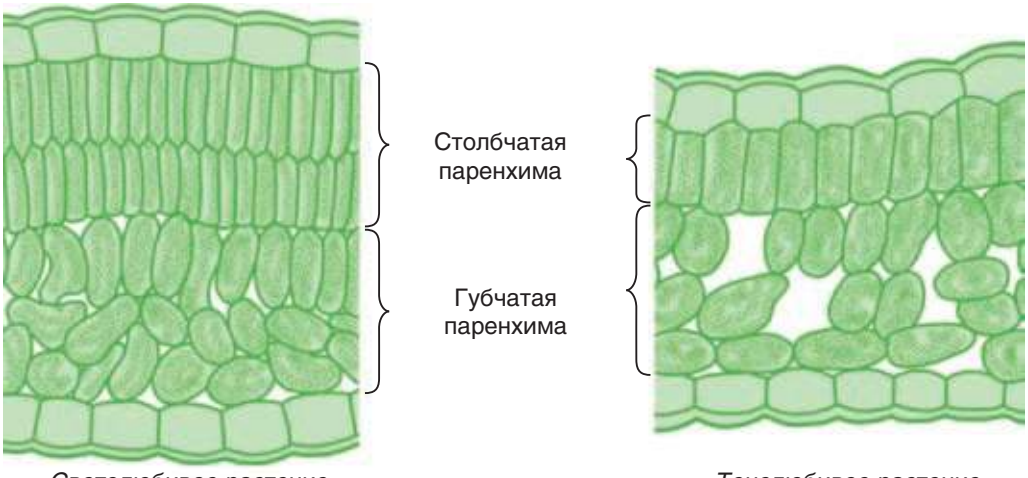


Рис. 4. Внутреннее строение листьев растений разных экологических групп

Правообладатель Народная асвета

Тенелюбивые растения (мхи, папоротники, кислица, недотрога, медуница) обитают в сильно затененных местах (нижние ярусы тропического леса, горные ущелья, ельники, дубравы). У тенелюбивых растений листовые пластинки очень тонкие, имеют хорошо развитую *губчатую паренхиму*, содержат крупные хлоропласты и много межклетников. Столбчатая паренхима развита слабо и представлена, как правило, одним слоем клеток (см. рис. 4).

Теневыносливые растения (лещина, сныть, подорожник, ежевика) предпочитают хорошую освещенность (лесные опушки, луга, степи), но могут расти и в тени. В зависимости от степени теневыносливости они имеют приспособительные особенности, сближающие их то со светолюбивыми, то с тенелюбивыми растениями. У лиственных теневыносливых древесных пород и кустарников (дуб, липа, сирень) листья, расположенные на периферии кроны, имеют структуру, сходную со структурой листьев светолюбивых растений, и называются световыми, а в глубине кроны находятся теневые листья, которые имеют структуру, сходную со структурой листьев тенелюбивых растений.

Повторим главное. Солнечный спектр состоит из видимого света, ультрафиолетовых и инфракрасных лучей. Фотопериод — длина светового дня, зависящая от времени года. Фотопериодизм — характерная реакция живых организмов на изменения длины светового дня. По приуроченности периодов активности и покоя к определенному времени суток животных можно разделить на дневных, ночных и сумеречных. По приспособленности к определенному световому режиму наземные растения разделяют на светолюбивых, тенелюбивых и теневыносливых.

? Проверим знания

Ключевые вопросы. 1. Какое влияние на организмы оказывают ультрафиолетовые лучи? **2.** В чем заключается энергетическая роль видимого света для организмов? **3.** Объясните понятия «фотопериод» и «фотопериодизм». **4.** Из приведенного перечня животных выберите представителей, у которых период активности приурочен к ночному времени суток: пчела, таракан, майский жук, сова, ласточка, сверчок, бражник, заяц.

Сложные вопросы. 1. Установите соответствие между названиями экологических групп растений и их представителями. Экологические группы: 1 — тенелюбивые; 2 — теневыносливые. Представители: а) папоротник; б) сныть; в) подорожник; г) кислица; д) недотрога; е) медуница; ж) ежевика; з) сирень. **2.** Объясните, почему на птицефабриках применяют дополнительное искусственное освещение. **3.** Как вы думаете, почему на небольшой прогалине обитают некоторые виды растений, отличающиеся от тех, которые встречаются в окружающем лесу?

§5-1
§5-2

Правообладатель Народная асвета

§ 6. Температура как экологический фактор. Приспособления растений и животных к различным температурным условиям среды

- **Вспомните,** какую роль играет температура среды в жизни разных организмов.
- **Как вы думаете?** Почему при продвижении с юга на север размеры тела животных, как правило, увеличиваются, а высота растений уменьшается?
- **Вы узнаете,** почему температура является одним из лимитирующих факторов, какие приспособления сформировались у животных и растений по отношению к температуре.

Температура как абиотический фактор среды. На суше одним из важных лимитирующих факторов среды является температура. Влияние температуры на большинство организмов проявляется в регулировании биохимических и физиологических процессов жизнедеятельности. Температура может влиять на характер поведения, географическое распределение организмов.

Для температурного фактора характерны широкие географические, сезонные и суточные колебания. Пределами выносливости для любого вида являются температуры, которые приводят к необратимому нарушению процессов жизнедеятельности. Диапазон переносимых температур у разных видов сильно варьирует. Большинство вегетативных форм прокариот погибает при температуре +60 °С. Однако имеются термофильные бактерии, для которых минимальная температурная граница роста +60 °С, а максимальная — до +110 °С (так называемые экстремальные термофилы горячих источников). Для большинства эукариот верхняя граница температурного диапазона, как правило, не выходит за пределы +50 °С.

По способности регулировать температуру тела при изменении температуры внешней среды организмы разделяют на две группы: пойкилотермные и гомойотермные.

Пойкилотермными называются организмы, температура тела которых непостоянна и изменяется одновременно с изменением температуры внешней среды (рис. 5, с. 28). К ним относятся все бактерии, протисты, грибы, растения, беспозвоночные животные, рыбы, земноводные и пресмыкающиеся. Температура тела пойкилотермных организмов обычно на 1—2 °С отличается от температуры внешней среды или равна ей.

Гомойотермными называются организмы, способные поддерживать относительно постоянную температуру тела при изменении температуры внешней среды. К ним относятся птицы и млекопитающие (в том числе

Правообладатель Народная асвета

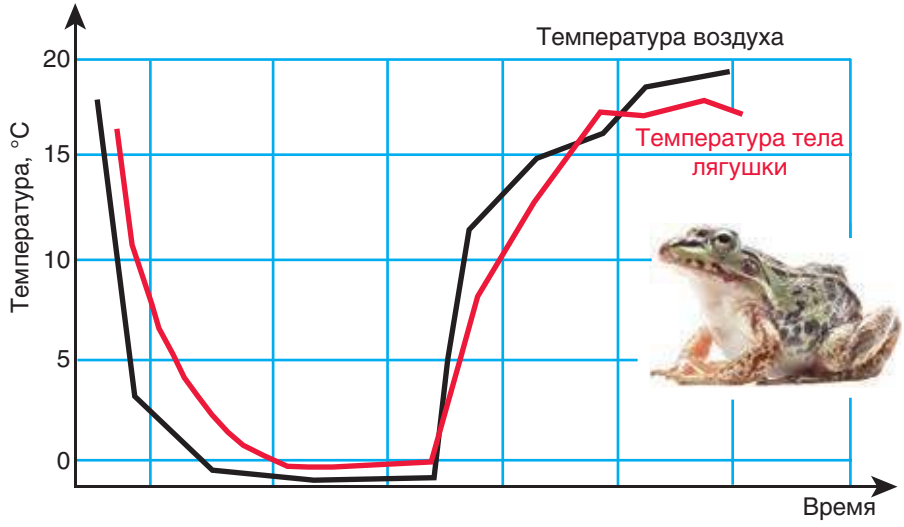


Рис. 5. Зависимость температуры тела лягушки от температуры воздуха

и человек). Гомойотермные организмы способны сохранять активность в широком диапазоне температур, поэтому, как правило, имеют преимущества в пространственном расселении по сравнению с пойкилотермными организмами.

Приспособления растений к различным температурным условиям. Жизнедеятельность растений в значительной степени зависит от температуры окружающей среды. По потребности к количеству тепла их разделяют на три группы: теплолюбивые, нуждающиеся в умеренных температурах и холодостойкие.

Теплолюбивые растения произрастают в тропическом, субтропическом поясах и хорошо прогреваемых местообитаниях умеренного пояса. У теплолюбивых растений выработались разнообразные адаптации к действию высоких температур.

При высокой температуре в цитоплазме клеток теплолюбивых растений увеличивается содержание защитных веществ (органических кислот, солей, слизи). Они препятствуют разрушению цитоплазмы и обезвреживают токсические вещества, образующиеся под действием высокой температуры. Эффективной защитой растений от перегрева служит усиленная транспирация (испарение воды при отсутствии ее дефицита) благодаря большому количеству устьиц в листьях.

Правообладатель Народная асвета

У растений пустынь и степей короткий цикл развития позволяет избегать действия высоких температур. Вся вегетация у них происходит ранней весной, а летнюю жару они переживают в состоянии семян или подземных побегов. Экологическую группу травянистых однолетних растений с очень коротким вегетационным периодом называют *эфемерами* (например, крупка, или веснянка). Существуют также подобные эфемерам многолетние растения — *эфемероиды*, у которых отмирает лишь надземная часть (тюльпан, подснежники). А при наступлении благоприятных условий их жизнь возобновляется за счет питательных веществ, накопленных в подземной части.

Действие высоких температур на теплолюбивые растения субтропического и тропического поясов снижается за счет усиления отражения солнечных лучей и уменьшения светопоглощающей поверхности. Повышению отражения солнечного света способствует светлая окраска листьев, их блестящая или опушенная поверхность. Уменьшение поглощения света достигается благодаря видоизменению листовых пластинок. Это могут быть колючки (кактусы), уменьшение размера (саксаул), рассеченность (пальмы), сворачивание (ковыль) листьев. Противодействует перегреву растений вертикальное по отношению к солнечным лучам расположение листьев. Поворотом листовой пластинки может происходить изменение угла их наклона.

Нуждающиеся в умеренных температурах и ***холодостойкие*** растения, населяющие умеренный и холодный пояса, вынуждены адаптироваться к низким температурам.

У холодостойких растений при низких температурах происходит накопление в цитоплазме клеток определенных веществ, снижающих точку замерзания воды. Крайней мерой в борьбе с холодом является переход растений в состояние анабиоза (обратимая приостановка жизненных процессов) вследствие обезвоживания. Например, мхи и лишайники могут длительное время находиться в таком состоянии.

Адаптации у растений холодного климата проявляются в виде формирования *карликовых* жизненных форм (береза, ива). Встречаются также *стелющиеся* (стланик кедровый, можжевельник туркестанский) и *подушковидные* (высокогорные и арктические растения-подушки) жизненные формы (рис. 6, с. 30). Такие растения меньше подвержены воздействию ветра, лучше укрыты снегом зимой, полнее используют тепло почвы летом.

Есть приспособления, которые защищают растения как от высоких, так и от низких температур. Ими являются: развитие мощной корки

Правообладатель Народная асвета

Стланик кедровый

Растения-подушки

Рис. 6. Жизненные формы растений холодного климата

(наружной части коры) у деревьев, многослойной мертвой покровной ткани у молодых побегов, защитных чешуй у почек, прочной кожуры у семян.

§6-1

Приспособления животных к различным температурным условиям. Разнообразие адаптаций животных к неблагоприятным температурным условиям объясняется наличием разных способов терморегуляции. У пойкилотермных животных при переохлаждении происходит накопление биологических антифризов (веществ, понижающих точку замерзания воды) в жидкостях тела. У арктических и антарктических рыб повышенное содержание таких веществ препятствует затвердеванию их тела в холодной воде.

У некоторых пойкилотермных животных регуляция теплообмена происходит благодаря особенностям строения кровеносной системы.

▶ **Это интересно.** Большое значение для терморегуляции у пойкилотермных животных имеет наличие артериовенозных теплообменников. Сосуды, выходящие из мышц, тесно соприкасаются с сосудами, идущими от кожи. Кровь кожи согревает кровь мышц, и в глубь тела она поступает теплой. Отдав свое тепло, охлажденная мышечная кровь вновь направляется к поверхности тела. При увеличении температуры среды у ящериц, например, увеличивается скорость тока крови по сосудам.

Для получения максимального количества тепла у пойкилотермных животных выработались два типа поведенческих адаптаций. Это активный выбор мест с наиболее благоприятным температурным режимом и смена поз.

Правообладатель Народная асвета

▶ **Это интересно.** Активный выбор освещенных солнцем мест характерен для пресмыкающихся и земноводных. Получив необходимое количество тепла, животные перемещаются в тень или прячутся в норах и поддерживают температуру за счет мышечных сокращений. Смена поз позволяет изменять поверхность тела, прогреваемую солнцем. Например, морские игуаны на Галапагосских островах в пасмурную погоду принимают «распростертые» позы, всем телом прижимаясь к субстрату. Это обеспечивает максимальную поверхность обогрева. При перегреве они принимают «приподнятые» позы, что ведет к уменьшению поверхности обогрева, и тело обдувается ветром.

У гомойотермных животных борьба с переохлаждением идет за счет повышения интенсивности обмена веществ. У млекопитающих усиливается расщепление особой жировой ткани (бурого жира). При низких температурах у некоторых млекопитающих может возникать мышечная дрожь. Другие животные впадают в зимнюю спячку (барсуки, ежи).

Уменьшению потерь тепла у гомойотермных животных способствуют теплоизолирующие покровы: у птиц — перьевой, у млекопитающих — волосяной. Сохраняет тепло и подкожный жир (ластоногие, китообразные). У млекопитающих с короткой и редкой шерстью важную роль в терморегуляции играют сосудистые реакции. Расширение или сужение мелких поверхностных сосудов кожи усиливает или снижает теплоотдачу.

Для гомойотермных животных характерно также адаптивное поведение. Оно проявляется в виде выбора мест для защиты от холода или жары, сезонных миграций. Животные могут зарываться в снег (куропатки), образовывать тесные скопления особей (пингвины) для снижения энергозатрат на терморегуляцию.

При высоких температурах как у пойкилотермных, так и у гомойотермных животных теплоотдача усиливается за счет испарения влаги с поверхности тела (потоотделение). Влага может испаряться через слизистые оболочки ротовой полости и верхние дыхательные пути (тепловая одышка).

§6-2

■ **Повторим главное.** Температура может оказывать лимитирующее действие на организмы, влияя на скорость процессов жизнедеятельности. Диапазон переносимых температур у разных видов сильно варьирует. По способности регулировать температуру тела при изменении температуры внешней среды организмы разделяют на пойкилотермных и гомойотермных. По потребности к количеству тепла растения разделяют на теплолюбивых, нуждающихся в умеренных температурах и холодостойких. К разным температурным условиям среды у растений и животных выработались различные приспособления.

Правообладатель Народная асвета

? Проверим знания

Ключевые вопросы. 1. Приведите примеры приспособлений холодостойких растений к низким температурам. **2.** Какие типы поведенческих адаптаций позволяют пойкилотермным животным получать необходимое количество тепла? **3.** Охарактеризуйте приспособления гомойотермных животных, позволяющие им поддерживать постоянную температуру тела. **4.** Укажите, какие из перечисленных животных являются пойкилотермными, а какие — гомойотермными: лягушка, заяц, кит, акула, змея, крокодил, лошадь, тритон, олень, волк.

Сложные вопросы. 1. Какие адаптации к температуре изменятся у животных умеренного пояса в связи с потеплением климата? Дайте аргументированный ответ. **2.** Почему персики и абрикосы (теплолюбивые растения) не могут произрастать в тундре, но способны плодоносить при произрастании в Беларуси? **3.** В пустынях обитает лисица фенек, уши у которой значительно больше, чем у лисицы, обитающей в Беларуси. В то же время у песца, обитающего в тундре, уши меньше, чем у лисицы умеренного пояса. Как объяснить эту закономерность? **4.** Почему растения тундры менее разнообразны по размерам, чем растения тропических областей?

§ 7. Влажность как экологический фактор. Приспособления растений к различному водному режиму

- **Вспомните,** какую роль играет вода в жизни растений.
- **Как вы думаете?** Какие изменения будут наблюдаться у растений, сорванных в одно и то же время, но в местообитаниях с различным водным режимом: на заболоченной местности, влажном лугу и суходольном лугу? Дайте объяснение.
- **Вы узнаете** о разнообразии адаптаций растений к разной степени водообеспечения их среды обитания.

Влажность как экологический фактор среды. В наземных условиях влажность чаще других экологических факторов лимитирует рост и развитие организмов. Объясняется это тем, что вода играет важную роль в их жизни. Она является универсальным растворителем, средой для биохимических реакций в клетке. Молекулы воды могут непосредственно участвовать в обмене веществ. Являясь основным структурным компонентом клеток, вода обусловливает их тургор. У некоторых животных (круглые и кольчатые черви) вода служит гидростатическим скелетом. Обладая высоким поверхностным натяжением, вода выполняет транспортную функцию (передвижение веществ) в организме. Благодаря высокой удельной теплоемкости, теплопроводности и теплоте парообразования вода обеспечивает поддержание теплового баланса в организме и предотвращает его перегрев.

Правообладатель Народная асвета

Из курса географии вы уже знаете, как сильно различается увлажненность наземных местообитаний в разных географических зонах. Она зависит от годового количества осадков. Имеют значение распределение их по временам года, запас почвенной влаги и грунтовых вод.

Недостаточная или избыточная увлажненность среды — главная экологическая проблема наземных обитателей. Степень увлажненности среды влияет на внешний облик и внутреннее строение организмов. В связи с этим выделяют различные экологические группы растений.

Приспособления растений к различному водному режиму. В наземной среде обеспеченность местообитаний водой и ее доступность нестабильны. Выработка адаптаций к дефициту влаги — ведущее направление эволюции растений при освоении суши. Все наземные растения по отношению к влаге принято делить на три группы: гигрофиты, ксерофиты, мезофиты.

Гигрофиты (от греч. *hygrós* — влажный, *phytón* — растение) — растения, живущие на сильно увлажненных почвах и при высокой влажности воздуха. Представителями гигрофитов являются: осоки, рис, тростник, калужница болотная, папирус (рис. 7). Они встречаются во всех климатических зонах. Гигрофиты имеют приспособления для интенсивной транспирации. У них тонкие листовые пластинки с постоянно открытыми устьицами. У некоторых растений есть специфические «водяные устьица». Через них вода выделяется в капельно-жидком состоянии.

У гигрофитов слабо развиты механическая ткань, кутикула и эпидермис. В мякоти листьев имеются крупные межклетники. У некоторых видов в корнях и стеблях возможно наличие *аэренхимы* (от греч. *аéр* — воздух, *énchyma* — ткань) — ткани, запасающей воздух (болотные гигрофиты). Слабо развита корневая система (корни тонкие, часто без корневых волосков). Гигрофиты не способны перенести даже небольшой недостаток влаги в почве и быстро увядают.

Калужница болотная

Осока острая

Рис. 7. Гигрофиты

Правообладатель Народная асвета

Ксерофиты (от греч. *xērόx* — сухой, *phytón* — растение) — растения, приспособившиеся к жизни в засушливых местах (степи, пустыни, полупустыни, саванны, высокогорья). Они способны длительно выдерживать недостаточное увлажнение.

У ксерофитов приспособленность к сухим местообитаниям связана с ограничением затрат воды на транспирацию. У одних представителей она сопровождается активным добыванием воды при ее недостатке в почве, а у других — способностью запасать воду в тканях и органах на время засухи. В зависимости от типа адаптаций выделяют две формы ксерофитов — суккуленты и склерофиты.

Суккуленты (от лат. *succulentus* — сочный) — многолетние растения, способные запасать воду в своих тканях и органах, а затем экономно ее расходовать. В зависимости от того, в каких органах запасается вода, различают три типа суккулентов: листовые, стеблевые (рис. 8) и корневые.

Суккуленты интенсивно всасывают воду поверхностными корнями и запасают ее в запасающей ткани вегетативных органов. Почвенная влага из глубоких слоев почвы для них недоступна. Эпидермис у этих растений покрыт мощной кутикулой. Часто имеется восковой налет или густое опушение. Немногочисленные устьица погруженного типа днем чаще всего закрыты. У стеблевых суккулентов листья редуцированы до колючек (кактусы). Функция фотосинтеза перешла к стеблю, который приобрел зеленый цвет.

Склерофиты (от греч. *sklērós* — твердый) — растения со сниженной транспирацией и способностью активно добывать воду при ее недостатке

Листовые (алоэ)

Стеблевые (кактусы)

Рис. 8. Суккуленты

Правообладатель Народная асвета

в почве (полынь, ковыль, саксаул, бодяк, чертополох) (рис. 9). Они не запасают влагу на период засухи, а добывают ее и экономно расходуют. Обитают склерофиты преимущественно в степях и пустынях, засушливых местообитаниях умеренной зоны.

Склерофиты имеют сухие жесткие листья и стебли, покрытые толстой кутикулой. Из-за сильного развития механических тканей при водном дефиците у них не наблюдается увядания. Они могут переносить глубокое обезвоживание и без заметного ущерба терять 25—75 % водного запаса (гигрофиты вянут при потере 1—2 % воды).

В силу высокой концентрации веществ в клеточном соке у склерофитов развивается большая сосущая сила, поэтому их называют растениями-насосами. Их корни уходят глубоко в землю (у верблюжьей колючки длина главного корня достигает 15 м). Некоторые представители образуют разветвленную поверхностную корневую систему (степные злаки).

В периоды засух транспирация уменьшается за счет ряда морфологических адаптаций. *Во-первых*, у склерофитов мелкие, часто в виде игл или колючек, листья. Они имеют восковой налет или опушение и устьица погруженного типа. *Во-вторых*, клетки склерофитов способны удерживать воду благодаря высокой вязкости цитоплазмы.

Мезофиты (от греч. *mésos* — средний) — растения, обитающие в условиях умеренного увлажнения. Они способны переносить кратковременный недостаток влаги. К ним относится большинство лиственных древесных растений. Мезофитами являются луговые и многие лесные травы, злаки, сорняки, почти все культурные растения умеренной зоны. Это наиболее распространенная экологическая группа растений.

Ковыль

Чертополох

Рис. 9. Склерофиты

Правообладатель Народная асвета

По сравнению с гигрофитами и ксерофитами мезофиты имеют адаптивные признаки промежуточного характера. У них умеренно развита корневая система. На корнях имеются корневые волоски, в листьях — небольшое количество устьиц. В зависимости от обеспеченности влагой устьица могут в любое время открываться или закрываться.

▶ **Это интересно.** В семенах у мезофитов, обитающих в степях и пустынях, содержится ингибитор (замедлитель) прорастания. Он вымывается лишь при количестве осадков, достаточном для вегетации. Такое приспособление предотвращает прорастание семян и гибель проростков в период засухи.

■ **Повторим главное.** Вода влияет на скорость обмена веществ, участвует в терморегуляции, выполняет транспортную роль в организме. По отношению к увлажненности среды обитания выделяют следующие группы наземных растений: гигрофиты, ксерофиты (суккуленты, склерофиты), мезофиты. Они отличаются по приспособленности к различному водному режиму среды.

? Проверим знания

Ключевые вопросы. 1. Какие группы растений выделяют по отношению к влаге? **2.** Охарактеризуйте адаптации гигрофитов. Назовите их представителей. **3.** Какие общие и отличительные черты строения имеют суккуленты и склерофиты?

Сложные вопросы. 1. Почему букет из цветков калужницы болотной быстро увядает, а хризантемы стоят долго? **2.** Почему у сосны обыкновенной, растущей на песчаной почве, корень уходит глубоко в почву, а у растущей на болоте корневая система поверхностная? **3.** Почему в степях массовое цветение растений начинается очень рано (февраль — март) и быстро прекращается? Дайте аргументированный ответ.

§7-1

§ 8. Приспособления живых организмов к сезонным ритмам условий среды обитания

- **Вспомните,** какие изменения наблюдаются у растений с наступлением холодов, как изменяется поведение животных с приходом весны.
- **Как вы думаете?** Что является причиной изменений, возникающих в жизнедеятельности растений и животных при смене сезонов?
- **Вы узнаете** о разнообразии приспособлений растений и животных к сезонным ритмам условий среды обитания.

Правообладатель Народная асвета

Как вы уже знаете из § 5, у большинства животных и растений цикл развития приурочен к сезонам года. Сигналом для подготовки к изменению сезона служит изменение продолжительности светового дня — фотопериода. Все растения и животные, особенно умеренного климата, эволюционно выработали механизмы приспособления к сезонным изменениям факторов среды. Сезонные явления в природе изучает наука фенология.

Приспособления растений к сезонным ритмам условий среды обитания. У растений процессы роста и развития определяются сезонными особенностями климатических факторов. Весной под их влиянием у растений активируются физиологические процессы, приводящие к росту и цветению, летом — к плодоношению, осенью — к листопаду (рис. 10). Основным приспособлением растений к зимним условиям является их переход в состояние покоя, характеризующееся прекращением роста и замедлением биологических процессов. У некоторых растений до наступления холодов формируются подземные видоизмененные побеги, содержащие запас питательных веществ и способные переносить неблагоприятный период года. Например, у нарцисса, тюльпана, лилии образуются луковицы; у картофеля, топинамбура — клубни. С наступлением благоприятных условий они обеспечивают вегетативное размножение.

Длина светового дня, изменяющаяся в течение года, как часы, показывает растениям лучшее время для перехода к цветению, плодоношению или для подготовки к неблагоприятному сезону. Важен также характер изменения длины светового дня (укорачивающийся или удлиняющийся). Например, у ряда многолетних злаков переход к цветению стимулируется удлинением

Весна

Лето

Осень

Зима

Рис. 10. Сезонные изменения в жизни растений

Правообладатель Народная асвета

светового дня весной, у других видов растений, наоборот, для этого требуется его укорачивание. По типу фотопериодической реакции наземные растения разделяют на три основные группы: короткодневные, длиннодневные и нейтральные к длине светового дня.

▶ **Это интересно.** *Короткодневные* растения цветут ранней весной или осенью и нуждаются для этого в короткой длине светового дня (менее 12 ч). К ним относятся: земляника, хризантемы, рис, соя, бобы, свекла, хлопчатник, просо. *Длиннодневные* растения цветут летом и нуждаются для этого в длине светового дня более 12 ч. Представителями длиннодневных растений являются: картофель, рожь, ячмень, овес, пшеница, редис. Растения, *нейтральные к длине светового дня,* цветут вне зависимости от его длины (огурец, подсолнечник, кукуруза, томат, горох, одуванчик).

Таким образом, регулируя длину светового дня в условиях закрытого грунта, можно ускорять или замедлять наступление периода цветения у растений короткого или длинного светового дня в зависимости от поставленных целей.

В разные сезоны лимитирующее действие на растения могут оказывать различные климатические факторы — свет, температура, влажность. Приспособления к их недостатку или избытку в среде обитания рассматривались в § 5—7.

Приспособления животных к сезонным ритмам условий среды обитания. У животных к неблагоприятным сезонным явлениям сформировались разнообразные приспособления. Для них характерны сезонные биологические циклы, в основе которых лежат сложные физиологические механизмы. Так, одни животные запасают корм, другие — накапливают массу, третьи — замедляют процессы жизнедеятельности, четвертые — повышают уровень теплообразования. На подготовку к зиме требуется длительное время для физиологической перестройки организма и накопления необходимого запаса энергетических ресурсов.

В ходе эволюции животные смогли выработать три основных пути приспособления к неблагоприятным сезонным условиям среды: активный, пассивный и избегание неблагоприятных воздействий.

Активный путь приспособления организмов к сезонным колебаниям экологических факторов — это, во-первых, *теплокровность* — поддержание организмом постоянной температуры тела за счет высокой интенсивности обмена веществ, что позволяет противостоять низким зимним температурам. Некоторые млекопитающие и птицы сменяют наружный

Правообладатель Народная асвета

покров, чтобы уменьшить теплоотдачу в зимних условиях. У них происходит осенняя *линька* — смена летних покровов на более густые зимние.

Во-вторых, у животных появились приспособления, позволяющие переносить недостаток влаги. Бурые медведи, сурки, хомяки к осени способны *накапливать бурый жир*, который зимой расщепляется с образованием воды. У верблюдов запасы такого жира позволяют длительное время находиться в пустыне без воды. Мелкие животные — змеи, черепахи, членистоногие — при наступлении засухи добывают влагу из пищи.

Пассивный путь приспособления организмов к сезонным колебаниям экологических факторов проявляется своеобразным приспособлением к перенесению неблагоприятных факторов — спячкой. *Спячка* — это состояние пониженной жизнедеятельности и обмена веществ, наступающее у некоторых гомойотермных животных, когда пища или вода становятся малодоступными и сохранение высокой интенсивности обмена веществ невозможно. Во время спячки происходит снижение температуры тела на несколько градусов, но обычно не ниже 10 °С, и терморегуляция не прекращается. При этом дыхание становится редким, сердцебиение замедляется, физиологические процессы затормаживаются. Различают зимнюю и летнюю спячки.

Зимняя спячка — относительно продолжительный непрерывный сон некоторых млекопитающих животных (бурые медведи, летучие мыши, сурки, барсуки, суслики, бурундуки, ежи) в зимнее время года (рис. 11). Главной причиной является недостаток корма. Спячка может длиться от нескольких дней до многих месяцев в зависимости от региона и вида организмов.

Летучая мышь

Суслики

Еж

Бурундук

Рис. 11. Примеры зимней спячки у млекопитающих

Правообладатель Народная асвета

▶ **Это интересно.** Коала и сумчатые крысы спят зимой 6—12 дней. Суслик спит до 6 месяцев в характерной позе — сидя на задних конечностях, подогнув голову к брюшку и укрыв себя хвостом. Еж сворачивается клубком и засыпает. Летучая мышь, завернувшись в крылья, в состоянии спячки проводит до 7 месяцев (с октября по апрель), пока нет насекомых. Сони в умеренном климате спят до 8 месяцев. Сурок в состоянии замедленного обмена веществ проводит суммарно до 9 месяцев.

Животные, которые впадают в зимнюю спячку, как правило, не делают запасов пищи на зиму. Но они за теплое время года накапливают в своем теле жир, позволяющий им существовать без пищи и воды.

▶ **Это интересно.** Подкожный слой жира у медведей ближе к холодам достигает толщины 7—9 см. Самки набирают массу до 150 кг и больше, самцы — до 300 кг, причем $\frac{1}{3}$ всей массы приходится на жир. У оленей толщина жирового слоя достигает 5—7 см. У барсуков старые самцы к зиме набирают до 32 кг массы.

Жаркое время года некоторые грызуны переносят в состоянии летней спячки, продолжающейся до нескольких месяцев. Она вызвана сезонным дефицитом воды.

Для пойкилотермных животных (насекомых, рыб, земноводных, пресмыкающихся) характерно оцепенение. *Оцепенение* — состояние резко пониженной жизнедеятельности, при котором все внутренние процессы замедляются намного сильнее, чем при спячке. Температура тела снижается до значения температуры внешней среды, сердцебиение замедляется до 2—3 ударов, а дыхание — до 3—4 вдохов в минуту.

Зимнее оцепенение наступает при недостатке тепла, влаги и пищи в среде обитания. Позвоночные животные находят себе укромные места (в норах, под корягами, в дуплах), насекомые прячутся в землю, под кору деревьев, забиваются в трещины пней и впадают в оцепенение до наступления весны.

Летнее оцепенение у обитателей жарких стран наступает при выгорании растительности и недостатке влаги. Например, степные черепахи при летнем оцепенении как бы высыхают — теряют много воды.

Особым приспособлением к неблагоприятным условиям является *анабиоз* — временное состояние организма, при котором жизненные процессы замедлены до минимума и отсутствуют все видимые признаки жизни. Анабиоз характерен в основном для спор, сухих семян, протистов, лишайников, круглых червей. В таком состоянии они способны длительно

Правообладатель Народная асвета

выдерживать очень низкие и высокие температуры, переносить отсутствие воды. Например, высушенные семена растений, споры, а также цисты протистов способны выдерживать температуры ниже −200 °С.

Избегание неблагоприятных воздействий — еще один путь приспособления организмов к сезонным колебаниям экологических факторов. Основным примером являются *миграции* — регулярные, повторяющиеся из года в год сезонные перемещения большого числа птиц или других животных из одного местообитания в другое. Наиболее известны миграции птиц умеренных широт (журавлей, аистов, лебедей, гусей). Миграции совершают и многие млекопитающие (северные олени, антилопы гну, киты), некоторые пресмыкающиеся (морские черепахи), насекомые (бабочка монарх).

▶ **Это интересно.** Птицы способны совершать очень дальние перелеты. Белые аисты гнездятся в Европе, а зимуют в Южной Африке. Эти птицы дважды в год преодолевают путь в 10—15 тыс. км. Самые дальние перелеты совершают полярные крачки. Эти птицы проводят лето в тундре, где выводят птенцов, а зимуют в Южном полушарии. Таким образом, крачки два раза в год пролетают более 17 тыс. км. Северные олени с наступлением зимы мигрируют из тундры в лесотундру и северную тайгу, преодолевая расстояния до 500 км.

Резкое и быстрое изменение условий среды обитания может привести к тому, что скорость приспособительных реакций организмов будет отставать от изменения условий среды, что может стать причиной вымирания вида. Сказанное в полной мере относится и к человеку.

■ **Повторим главное.** У растений адаптация к смене сезонов проявляется переходом к следующей стадии жизненного цикла. Весной у них активно протекают процессы роста и развития, у большинства происходит цветение, летом — плодоношение, осенью — листопад (за исключением голосеменных). Основным приспособлением растений к зиме является их переход в состояние покоя. По типу фотопериодической реакции наземные растения разделяют на три группы: короткодневные, длиннодневные и нейтральные к длине светового дня. Основными путями приспособления животных к неблагоприятным сезонным условиям среды являются: активный путь (теплокровность, способность накапливать жир); пассивный путь (спячка, оцепенение, анабиоз); избегание неблагоприятных воздействий (миграция).

Правообладатель Народная асвета

? Проверим знания

Ключевые вопросы. 1. Назовите причину наступления листопада у древесных двудольных растений. **2.** Какие пути приспособления к сезонным изменениям условий среды выработали животные? **3.** Из приведенного перечня животных выберите впадающих: 1 — в спячку; 2 — в оцепенение. Барсук, сурок, лягушка, змея, бурый медведь, черепаха, еж, ящерица, тритон, летучая мышь, соня, бурундук, белый амур. Чем отличаются эти состояния?

Сложные вопросы. 1. Какую роль играет управление длиной светового дня для тепличного хозяйства? **2.** Почему астры, георгины и хризантемы цветут осенью, а тюльпаны и пионы — весной? **3.** Разделите указанные ниже растения на группы по типу фотопериодической реакции: овес, редис, одуванчик, рис, картофель, просо, огурец, хлопчатник, кукуруза, томат, подсолнечник, соя, пшеница, горох. Назовите, какие из них не смогут плодоносить в наших климатических условиях. Объясните почему. **4.** Как вы думаете, почему бурый медведь впадает в зимнюю спячку, а белый медведь зимой активен?

§ 9. Понятие о среде жизни. Водная среда жизни

- **Вспомните,** какие основные среды жизни существуют на Земле.
- **Как вы думаете?** Какие экологические факторы являются лимитирующими в водной среде? Почему видовое разнообразие в водной среде намного меньше, чем в наземно-воздушной?
- **Вы узнаете** о среде жизни и об особенностях температурного, светового, газового и солевого режимов в водной среде жизни.

Вам уже известно такое понятие, как «среда обитания», которое рассматривалось в § 2. Но есть еще и понятие «среда жизни». Необходимо научиться их различать. Что же такое «среда жизни»?

Среда жизни — часть природы с особым комплексом факторов, для существования в которой у разных систематических групп организмов сформировались сходные адаптации.

На Земле можно выделить четыре основные среды жизни: водную, наземно-воздушную, почвенную, живой организм.

Водная среда занимает приблизительно 71 % поверхности земного шара. Вода как основной компонент водной среды имеет ряд специфических свойств: большая плотность, увеличение давления с глубиной, высокая удельная теплоемкость, сильное поглощение солнечных лучей, относительно малое содержание кислорода. Отдельные водоемы различаются по солевому режиму, наличию течений и другим параметрам.

Все растения водной среды называются ***гидрофитами*** (от греч. *hýdōr* — вода, *phytón* — растение). Животные организмы, обитающие в водной среде, называются ***гидробионтами*** (от греч. *hýdōr* — вода, *bíos* — жизнь).

Правообладатель Народная асвета

Плотность воды — фактор, определяющий условия передвижения водных организмов и давление на разных глубинах. Плотность воды в 800 раз больше плотности воздушной среды. Пресная вода обладает максимальной плотностью при +4 °С. В толще воды давление возрастает на 1 атм каждые 10 м глубины. Многие водные беспозвоночные животные используют плотность воды в качестве опоры, как условие для парения в воде. Наличие поверхностного натяжения воды позволяет некоторым водным беспозвоночным передвигаться по водной поверхности (водомерки, вертячки).

Большинство гидробионтов являются эврибионтами по отношению к плотности среды и могут обитать на разных глубинах (акулы, киты, морские костные рыбы). Так, некоторые виды червей могут обитать как в прибрежной зоне, так и на больших глубинах. Однако некоторые гидробионты обитают на строго определенных глубинах (камбала, скаты, крабы, раки) и являются стенобионтами по отношению к плотности воды.

Температурный режим водной среды. В воде температура изменяется в меньшей степени, чем на суше из-за высокой удельной теплоемкости и теплопроводности воды. Повышение температуры воздуха на 10 °С вызывает повышение температуры воды на 1 °С. С глубиной температура постепенно снижается. На больших глубинах температурный режим относительно постоянен (не выше +4 °С). В верхних слоях наблюдаются суточные и сезонные колебания (от 0 до +36 °С). Поскольку в водной среде температура изменяется в узком диапазоне, то для большинства гидробионтов требуется стабильная температура. Для них губительны даже небольшие отклонения температуры, вызванные сбросом предприятиями теплых сточных вод. Гидробионты, способные существовать при больших колебаниях температуры, встречаются только в мелких водоемах, где из-за небольшого объема воды наблюдаются значительные суточные и сезонные перепады температуры.

Световой режим водной среды. Света в воде меньше, чем в воздухе. Часть солнечных лучей отражается от поверхности воды, а часть поглощается ее толщей.

Фотосинтезирующие организмы в чистых водах морей и океанов распространены до глубины 200 м. В реках этот показатель колеблется от 1,0 до 1,5 м и зависит от прозрачности воды. Прозрачность воды в реках и озерах сильно снижается из-за загрязнения взвешенными частицами. На глубину более 1500 м свет практически не проникает.

В водной среде из автотрофов наиболее широко представлены водоросли, с которыми вы познакомились в курсе биологии 7-го класса.

Правообладатель Народная асвета

Рис. 12. Морские зеленые водоросли

Зеленые водоросли содержат зеленый, оранжевый и желтый пигменты. Они способны к фотосинтезу при достаточной интенсивности света. Поэтому обитают в мелких пресных водоемах или на морском мелководье. К зеленым водорослям относятся: спирогира, улотрикс, ульва (рис. 12).

У бурых водорослей, помимо зеленого, содержатся бурый и желтый пигменты. Они способны улавливать менее интенсивное солнечное излучение на глубине 40—100 м. Представителями бурых водорослей являются ламинария и фукус, обитающие только в морях (рис. 13).

Красные водоросли (порфира, филлофора и др.) могут жить на глубине до 200 м (рис. 14). Кроме зеленого, они содержат красный и синий пигменты, способные улавливать даже незначительный свет.

Газовый режим водной среды. В водной среде содержание кислорода в 20—30 раз меньше, чем в воздухе, поэтому он часто становится лимитирующим фактором. В насыщенной кислородом воде при низкой температуре содержание его составляет не менее 10 мл на 1 л воды.

Кислород поступает в воду за счет фотосинтеза водных растений и способности кислорода воздуха растворяться в воде. Верхние слои воды богаче кислородом, чем нижние. С повышением температуры и солености воды концентрация кислорода уменьшается. У дна водоема кислород может вообще отсутствовать из-за поглощения донными отложениями. При

Рис. 13. Морские бурые водоросли

Правообладатель Народная асвета

Рис. 14. Морские красные водоросли

дефиците кислорода наблюдаются заморы (гибель водных организмов). Зимние заморы бывают, когда водоемы покрываются льдом. Летние — когда из-за высокой температуры воды уменьшается растворимость кислорода и увеличивается его поглощение донными отложениями. Причиной может быть и повышение концентрации токсичных газов (метана, сероводорода), образующихся при разложении отмерших организмов.

Из-за непостоянства концентрации кислорода большинство водных организмов по отношению к нему являются эврибионтами. Но есть и стенобионты (форель, планария, личинки поденок и ручейников), которые не переносят недостатка кислорода. Они являются индикаторами высокого содержания кислорода в водоеме.

Углекислый газ растворяется в воде в 35 раз лучше кислорода, и его концентрация в ней в 700 раз выше, чем в воздухе. Морская вода — главный резервуар углекислого газа на планете. В воде он накапливается благодаря дыханию водных организмов, разложению органических остатков. Углекислый газ обеспечивает фотосинтез водных растений и используется при образовании известковых скелетов беспозвоночных животных.

Солевой режим водной среды. Соленость воды играет важную роль в жизни гидробионтов. Природные воды по содержанию солей разделяют на группы, представленные в таблице 1. В Мировом океане соленость составляет в среднем 35 г/л. Самое высокое содержание солей в соленых озерах (до 370 г/л). Типичные обитатели пресных и соленых вод являются стенобионтами. Они не переносят колебаний солености воды. Эврибионтов сравнительно немного (угорь, колюшка, лосось). Они могут жить как в пресной, так и в соленой воде.

Таблица 1. **Соленость природных вод**

Тип природных вод	Содержание солей, г/л
Пресные	Менее 0,5
Солоноватые	0,5—16
Соленые	Более 16

Правообладатель Народная асвета

■ **Повторим главное.** На планете Земля выделяют четыре основные среды жизни: водную, наземно-воздушную, почвенную и живой организм. Водная среда имеет большую плотность, высокую удельную теплоемкость, сильно поглощает солнечные лучи, содержит относительно малое количество кислорода, но много углекислого газа, давление увеличивается с глубиной. Плотность воды в 800 раз больше плотности воздушной среды. В водной среде лимитирующим фактором является кислород. Температурный режим в воде относительно постоянный. Фотосинтезирующие организмы в чистых водах морей и океанов распространены до глубины 200 м. По содержанию солей природные воды разделяют на три группы: пресные, солоноватые и соленые.

? Проверим знания

Ключевые вопросы. 1. Дайте определение понятия «среда жизни». Чем это понятие отличается от понятия «среда обитания»? Какие среды жизни можно выделить на планете Земля? **2.** До какой глубины могут быть распространены фотосинтезирующие организмы в морях и океанах? Почему? **3.** Назовите состав пигментов у водорослей, обитающих на разной глубине морей и океанов. Чем обусловлено различие состава?

Сложные вопросы. 1. Укажите источники кислорода и углекислого газа в воде. Содержание какого из газов является лимитирующим фактором и почему? **2.** Назовите причины зимних и летних заморов рыб. Предложите план мероприятий, позволяющих их предотвращать.

§ 10. Адаптации организмов к жизни в воде

■ **Вспомните,** какие животные и растения обитают в водной среде жизни.

■ **Как вы думаете?** Благодаря каким особенностям строения водные животные не тонут и могут обитать на разной глубине?

■ **Вы узнаете** об экологических группах водных обитателей и их адаптациях к жизни в водной среде.

Для водной среды жизни характерно большое разнообразие автотрофных и гетеротрофных организмов. Наибольшее разнообразие видов наблюдается в тропических и субтропических морях на глубине, не превышающей 200—500 м.

Адаптации растений к жизни в воде. В соленых водах из многоклеточных автотрофов обитают только водоросли. К изменению состава солнечного спектра в зависимости от глубины они приспособились путем изменения состава своих пигментов (см. § 9).

Правообладатель Народная асвета

Рис. 15. Морфологическое разнообразие листьев у стрелолиста, растущего на суше, частично или полностью погруженного в воду

В пресных водоемах в стеблях растений слабо развиты механические ткани. Например, если извлечь из воды кувшинку белую или кубышку желтую, то их стебли поникают и не способны поддерживать цветки в вертикальном положении. Опорой для них служит вода за счет ее высокой плотности.

Адаптацией к недостатку кислорода в воде является наличие в органах водных растений воздухоносной ткани (аэренхимы). Минеральные вещества находятся в воде в растворенном состоянии, поэтому слабо развиты проводящие ткани и корневая система. Корни могут вообще отсутствовать (вольфия бескорневая) либо служить только для закрепления в субстрате (рогоз, стрелолист, частуха), поэтому корневых волосков на корнях нет. Листья чаще тонкие и длинные либо сильно рассеченные. Устьица у плавающих листьев находятся на верхней стороне, а у погруженных в воду — отсутствуют. Для некоторых растений, имеющих погруженные в воду и надводные листья (кувшинка, стрелолист), характерно наличие листьев разной формы (рис. 15).

Пыльца, плоды и семена водных растений приспособлены к распространению водой. Они имеют пробковые выросты или прочные оболочки, предотвращающие попадание воды внутрь и загнивание.

Адаптации животных к жизни в воде. В водной среде животный мир более богат, чем растительный. Поскольку животные относятся к гетеротрофам и солнечный свет не является для них условием существования, то они заселили водную среду до самых больших глубин. По типу адаптаций гидробионтов разделяют на следующие экологические группы: планктон, нектон, бентос.

Планктон (от греч. *planktós* — парящий, блуждающий) — организмы, обитающие в толще воды и передвигающиеся под действием

Правообладатель Народная асвета

Рис. 16. Представители планктона

ее тока (рис. 16). Сюда относятся кишечнополостные, мелкие ракообразные, личинки некоторых других беспозвоночных. Все их адаптации направлены на повышение плавучести тела: 1) увеличение поверхности тела за счет сплющивания и удлинения формы, развития выростов и щетинок; 2) уменьшение плотности тела в связи с редукцией скелета, наличием жировых капель, пузырьков воздуха, слизистых чехлов.

Нектон (от греч. *nēktós* — плавающий) — организмы, обитающие в толще воды и ведущие активный образ жизни. Представителями нектона являются головоногие моллюски, рыбы, китообразные (рис. 17). Противостоять течению им помогают адаптации к активному плаванию и уменьшению трения тела. Активное плавание достигается за счет хорошо развитой мускулатуры. При этом могут использоваться энергия выбрасываемой струи воды, изгибание тела, плавники, ласты. Уменьшению трения тела способствуют: обтекаемая форма тела, эластичность кожных покровов, наличие на коже чешуи и слизи.

Бентос (от греч. *bénthos* — глубина) — организмы, обитающие на дне водоема или в толще донного грунта (рис. 18).

Правообладатель Народная асвета

Рис. 17. Представители нектона

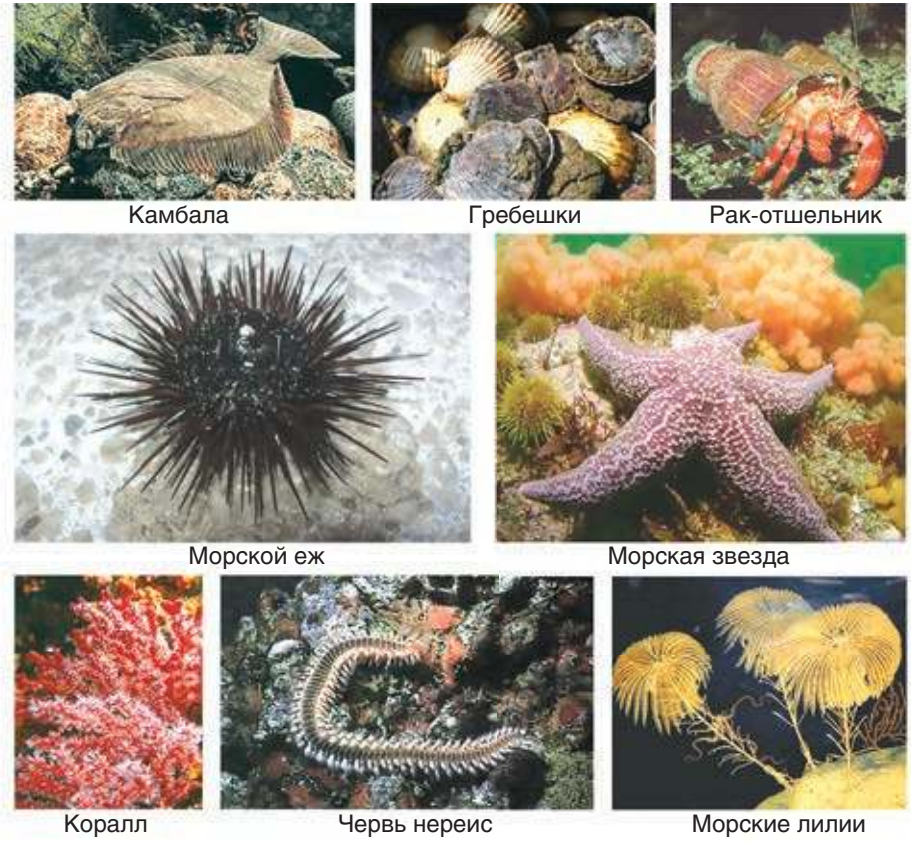


Рис. 18. Представители бентоса

Правообладатель Народная асвета

Для бентосных организмов характерны адаптации, которые направлены на уменьшение плавучести:

1) утяжеление тела за счет раковин (моллюски), хитинизированной кутикулы (раки, крабы, омары, лангусты);

2) закрепление на донном субстрате с помощью органов фиксации (присоски у пиявок, крючья у личинок ручейников) или уплощенного тела (скат, камбала). Некоторые представители зарываются в грунт (многощетинковые черви).

■ **Повторим главное.** В соленых водах обитают только водоросли, содержащие широкий спектр фотосинтетических пигментов. В органах растений, обитающих в пресных водоемах, имеется воздухоносная ткань (аэренхима), но слабо развиты механические и проводящие ткани. Корневая система лишена корневых волосков либо отсутствует. По характеру адаптаций водных животных разделяют на три основные экологические группы: планктон, нектон, бентос.

? Проверим знания

Ключевые вопросы. 1. Назовите ткани и органы, которые слабо развиты у водных растений. Объясните почему. **2.** Распределите перечисленные растения на группы: гидрофиты и гигрофиты. Пушица, рдест, элодея, осока, кувшинка, рис, ряска, папирус. **3.** Из перечисленных животных выберите представителей нектона: кальмар, медуза, камбала, осьминог, креветка, морской еж, сом, дельфин. **4.** Установите соответствие между экологическими группами водных обитателей и их представителями. Экологические группы: 1 — планктон; 2 — нектон; 3 — бентос. Представители: щука, медуза, камбала, осьминог, краб, дафния, рак-отшельник.

Сложные вопросы. 1. Опишите распределение живых организмов в водной среде и поясните, от каких физических и химических факторов оно зависит. **2.** Почему животный мир в водной среде намного богаче, чем растительный? Дайте аргументированный ответ с учетом их морфофизиологических особенностей.

§ 11. Наземно-воздушная среда жизни. Адаптации организмов к жизни в наземно-воздушной среде

- **Вспомните,** чем воздух по свойствам отличается от воды.
- **Как вы думаете?** Какой из факторов наземно-воздушной среды жизни является основным лимитирующим фактором и почему?
- **Вы узнаете** об особенностях условий в наземно-воздушной среде жизни и адаптациях организмов к этим условиям.

Правообладатель Народная асвета

В ходе эволюции наземно-воздушная среда жизни была освоена организмами позже, чем водная. Отличительными особенностями наземно-воздушной среды являются: высокая интенсивность света, значительные колебания температуры и влажности воздуха, его низкая плотность и давление, высокое содержание кислорода. При этом наблюдается хорошо выраженная зависимость количественных значений этих факторов от географического положения местности, смены сезонов и времени суток.

Газовый режим наземно-воздушной среды. Одним из компонентов наземно-воздушной среды является воздух (смесь различных газов). Воздух обладает низкой плотностью, поэтому не может выполнять функцию опоры для организмов (за исключением летающих насекомых и птиц). Именно низкая плотность определяет незначительное сопротивление воздуха при передвижении организмов по поверхности почвы. В то же время это затрудняет их перемещение в вертикальном направлении. Низкая плотность воздуха обусловливает также низкое давление на суше (760 мм рт. ст. = 1 атм). С увеличением высоты над уровнем моря давление уменьшается. На высоте 5800 м оно равняется лишь половине нормального. Низкое давление может ограничивать распространение видов в горах. Для большинства позвоночных верхняя граница жизни находится на высоте около 6000 м. Снижение давления влечет за собой уменьшение обеспеченности кислородом и обезвоживание организмов животных за счет учащения дыхания. Примерно такие же пределы продвижения в горы растений. Несколько более выносливы членистоногие (ногохвостки, клещи, пауки), которые могут встречаться даже на ледниках, выше границы растительности.

Воздух меньше, чем вода, препятствует проникновению солнечного света, так как имеет более высокую прозрачность.

▶ **Это интересно.** Газовый состав атмосферы является важным климатическим фактором. Примерно 3—3,5 млрд лет назад атмосфера содержала азот, аммиак, водород, метан и водяной пар, а свободный кислород в ней отсутствовал. Состав атмосферы в значительной степени определялся вулканическими газами.

В настоящее время атмосфера состоит в основном из азота, кислорода и относительно небольшого количества аргона и углекислого газа. Все остальные газы содержатся в атмосфере в следовых количествах.

Кислород и углекислый газ, как правило, не являются лимитирующими факторами: кислород — из-за постоянно высокого содержания в воздухе, а углекислый газ — из-за большой скорости возобновления. Важное

Правообладатель Народная асвета

значение для организмов имеет относительное содержание кислорода и углекислого газа. Как вы уже знаете из курса биологии 9-го класса, от их парциального давления зависит эффективность газообмена в легких.

Содержание углекислого газа может изменяться в отдельных участках приземного слоя воздуха в довольно значительных пределах. Например, при отсутствии ветра в центре больших городов его концентрация возрастает в десятки раз. Это приводит к развитию гипоксии (снижению содержания кислорода в организме) и обострению сердечно-сосудистых заболеваний у людей. Насыщение воздуха углекислым газом возникает в зонах вулканической активности, возле термальных источников и других подземных выходов этого газа. Низкое содержание углекислого газа тормозит процесс фотосинтеза. В условиях закрытого грунта можно повысить скорость фотосинтеза, искусственно увеличивая концентрацию углекислого газа. Этим приемом пользуются в практике тепличного и оранжерейного хозяйства.

Молекулярный азот воздуха из-за малой химической активности не доступен для эукариот, но ряд прокариот (клубеньковые бактерии, азотобактер, цианобактерии) обладают способностью связывать его и вовлекать в биологический круговорот (биологическая азотфиксация).

В качестве примесей в воздухе присутствуют водяные пары и различные загрязнители. За последнее столетие в результате хозяйственной деятельности человека их содержание в атмосфере резко повысилось. Среди загрязнителей воздуха наиболее опасными являются: оксиды азота и серы, аммиак, формальдегид, тяжелые металлы, углеводороды. Ныне живущие организмы не приспособлены к ним. По этой причине загрязнение атмосферы является глобальной экологической проблемой. Для ее решения требуется осуществление природоохранных мероприятий на уровне всех государств земного шара.

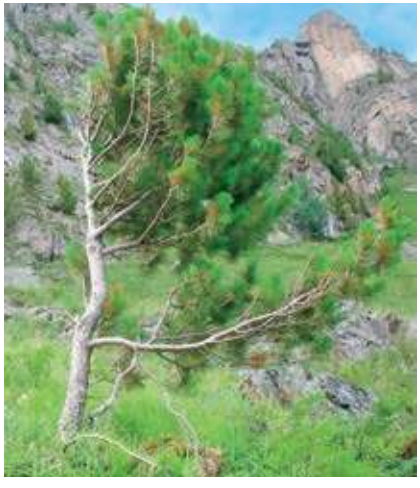


Рис. 19. Кедр с флаговой кроной, расположенной в соответствии с преимущественным направлением ветров

Перемещение воздуха в горизонтальном направлении из области высокого атмосферного давления в область более низкого — ветер — является одним из значимых экологических факторов наземно-воздушной среды. Ветер может

Правообладатель Народная асвета

вызывать перемещение песков в пустынях (песчаные бури). Он способен выдувать органические частицы почвы на любом рельефе, снижая плодородие земель (ветровая эрозия). Ветер оказывает механическое воздействие на растения. Он способен вызывать ветровалы (выворачивание деревьев с корнями), буреломы (переломы стволов деревьев), деформацию кроны деревьев (рис. 19). Перемещение воздушных масс существенно влияет на распределение осадков и температурный режим наземно-воздушной среды.

Водный режим наземно-воздушной среды. Из курса географии вы знаете, что наземно-воздушная среда может быть как предельно насыщена влагой (зона экваториальных лесов), так и очень бедна ею (пустыни). Осадки распределяются неравномерно как по сезонам, так и по географическим зонам. Влажность в среде колеблется в широком диапазоне. Она является основным лимитирующим фактором для живых организмов.

Температурный режим наземно-воздушной среды. Температура в наземно-воздушной среде имеет выраженную суточную и сезонную периодичность. Организмы адаптировались к ней с момента выхода жизни на сушу. Поэтому температура реже, чем влажность, проявляет себя как лимитирующий фактор. Однако в высоких широтах лимитирующее действие температуры усиливается. Жизнедеятельность большинства организмов ограничена температурным интервалом от 0 до +40 °С. Многие наземные организмы способны переносить отрицательные температуры в неактивном состоянии.

Воздух, в отличие от водной среды, обладает низкой теплопроводностью и низкой удельной теплоемкостью, что обусловливает быстрое нагревание и охлаждение воздушных масс. Поэтому у живых организмов в связи с этим возникли соответствующие адаптации.

Адаптации растений к жизни в наземно-воздушной среде. С выходом растений на сушу у них появились ткани. Строение тканей растений вы изучали в курсе биологии 7-го класса. В связи с тем, что воздух не может служить надежной опорой, у растений возникли *механические* ткани (древесные и лубяные волокна). Широкий диапазон изменения климатических факторов стал причиной формирования плотных *покровных* тканей. Нахождение воды и питательных веществ в почве обусловило появление *проводящих* тканей, формирование корня, стебля и листьев. Благодаря подвижности воздуха (ветру) у растений сформировались приспособления к опылению, распространению спор, плодов и семян.

Правообладатель Народная асвета

Адаптации животных к жизни в наземно-воздушной среде. Жизнь животных во взвешенном состоянии в воздухе невозможна из-за его низкой плотности. Но многие из видов (насекомые, птицы) приспособились к активному полету и длительному пребыванию в воздухе. Перемещение воздушных масс в горизонтальном и вертикальном направлениях используется некоторыми мелкими организмами для пассивного перемещения. Таким способом расселяются протисты, пауки, насекомые. Низкая плотность воздуха стала причиной совершенствования у животных в процессе эволюции наружного (членистоногие) и внутреннего (позвоночные) скелетов. По этой же причине существуют предельные массы и размеры тела наземных животных. Самое крупное, ныне существующее животное суши — слон (масса до 5 т), гораздо меньше морского гиганта — синего кита (до 150 т). Только благодаря появлению разных типов конечностей млекопитающие смогли заселить разнообразные по характеру рельефа участки суши.

У животных, обитающих в засушливых регионах, появились приспособления к добыванию и удержанию в теле воды. Так, слоновая черепаха запасает воду в мочевом пузыре; многие насекомые, грызуны и другие животные получают воду с пищей; некоторые млекопитающие избегают дефицита влаги путем отложения жира, при окислении которого образуется метаболическая вода. За счет метаболической воды живут многие насекомые, питающиеся сухим кормом, верблюды, курдючные овцы, жирнохвостые тушканчики.

▶ **Это интересно.** Лягушка плоскоголовая лопатница, или пустынная австралийская жаба, в период дождей запасает в больших подкожных «мешках» и полостях тела так много воды, что раздувается и становится похожей на шишковатый теннисный мяч. После этого она прячется под землю. Там, на глубине 30—35 см, жаба выделяет специальную слизь, которая дополнительно защищает животное от потери влаги. Благодаря таким приспособлениям, лягушка может выдержать засуху целый год и даже больше. С давних времен, зная эти особенности местных земноводных, аборигены Австралии, очутившись в пустыне, разыскивают их, чтобы утолить жажду.

Таким образом, для жизни в наземно-воздушной среде у животных имеются приспособления: 1) крылья для полета либо конечности для передвижения по суше; 2) наружные покровы для защиты от низких или высоких температур; 3) наружный или внутренний скелет для поддержания тела в воздушном пространстве; 4) приспособления для добывания и удержания в теле воды.

Правообладатель Народная асвета

■ **Повторим главное.** В наземно-воздушной среде воздух имеет низкую плотность и давление, высокую прозрачность и содержание кислорода. Влажность в среде является основным лимитирующим фактором и зависит от климатического пояса. У растений и животных к жизни в наземно-воздушной среде выработались разнообразные адаптации. У растений появились механические, покровные и проводящие ткани, сформировались органы. Наличие ветра привело к развитию у них приспособлений для опыления, распространения спор, семян и плодов. У животных для перемещения в воздухе сформировались крылья — приспособления к полету, а для передвижения по суше — разные типы конечностей. Низкая плотность воздуха стала причиной дальнейшего развития наружного и внутреннего скелетов. Непостоянство условий среды привело к формированию у животных защитных покровов тела.

? Проверим знания

Ключевые вопросы. 1. Охарактеризуйте свойства воздуха как компонента наземно-воздушной среды. **2.** Какие факторы наземно-воздушной среды являются лимитирующими? Почему? **3.** Назовите наиболее опасные загрязнители воздуха. В чем их опасность?

Сложные вопросы. 1. Обоснуйте необходимость появления у растений после их выхода на сушу различных тканей: механических, покровных, проводящих. **2.** Чем обусловлена необходимость появления у животных, обитающих в наземно-воздушной среде, разных типов конечностей? Приведите примеры животных с разными типами конечностей.

§ 12. Почвенная среда жизни. Адаптации организмов к жизни в почве

- **Вспомните,** что такое почва, назовите виды организмов, которые живут в почве.
- **Как вы думаете?** Какие приспособления к эдафическим экологическим факторам должны иметь организмы, чтобы жить в почвенной среде?
- **Вы узнаете** об особенностях условий почвенной среды жизни и об адаптациях организмов к ним.

Общая характеристика почвы как среды жизни. Почва — верхний слой земной коры, обладающий плодородием. Она образовалась в результате взаимодействия климатических и биологических факторов с подстилающей породой (песок, глина). Почва также является источником минерального питания для растений. В то же время почва — это среда жизни для многих организмов. Это самая молодая среда жизни на Земле.

Правообладатель Народная асвета

С момента возникновения она играет важную роль в эволюции органического мира. Для нее характерны следующие свойства: высокая плотность, водный и температурный режимы, аэрация (обеспечение воздухом), кислотность (pH), засоленность.

Плотность почвы увеличивается с глубиной и зависит от ее структуры, которая определяется относительным содержанием в ней песка и глины. Наиболее благоприятна для роста растений почва, содержащая песок и глину примерно в равных количествах. По механическому составу более распространенными являются глинистые (тяжелые), суглинистые и песчаные (легкие) почвы, которые существенно различаются по водному и температурному режимам.

Водный и температурный режимы почвы тесно взаимосвязаны и взаимозависимы. Почвенную влагу по степени доступности разделяют на три вида: свободную (гравитационную), капиллярную и пленочную (гигроскопическую).

▶ **Это интересно.** *Свободная* вода подвижная, заполняет широкие промежутки между частицами, но не удерживается в почве. Она способна просачиваться вниз под действием силы тяжести, пока не достигнет грунтовых вод. Организмы ее легко усваивают. *Капиллярная* вода удерживается в узких почвенных каналах силами поверхностного натяжения. Она может подниматься к поверхности по порам от грунтовых вод, легко испаряется, свободно поглощается растениями. *Пленочная* вода в почве удерживается за счет водородных связей с почвенными частицами и практически недоступна для растений. В глинистых почвах ее содержание достигает 15 %, в песчаных — 5 %. По мере накопления пленочной воды она переходит в капиллярную.

Существует постоянный обмен между почвенными, грунтовыми и поверхностными водами, изменяющий свою интенсивность и направленность в зависимости от климата, сезона года.

Температурные колебания в почве сглажены по сравнению с приземным воздухом и на глубине 1—1,5 м уже не прослеживаются. Хорошо увлажненные почвы медленно прогреваются и медленно остывают и наоборот. Это обусловлено высокой теплоемкостью воды. Гидротермический режим почвы зависит от структуры почвы и содержания *гумуса* (органического вещества). Глинистые почвы хорошо удерживают влагу, поэтому хуже прогреваются, но дольше сохраняют тепло, чем песчаные. Темный цвет гумуса способствует лучшему прогреванию почвы, а его высокая влагоемкость — удержанию воды почвой.

Почвенный воздух, также как и почвенная влага, находится в порах между частицами почвы. Все поры, свободные от воды, заполнены возду-

Правообладатель Народная асвета

хом. Так происходит ***аэрация*** (обеспечение воздухом) ***почвы***. Пористость почвы возрастает от глин к суглинкам и пескам. На легких (песчаных) почвах аэрация лучше, чем на тяжелых (глинистых). Между почвой и атмосферой происходит свободный газообмен, в результате чего газовый состав обеих сред имеет сходные параметры. Однако в воздухе почвы из-за дыхания населяющих ее организмов содержится меньше кислорода и больше углекислого газа, чем в атмосферном воздухе. Аэрация почвы зависит от ее влажности и температуры. Повышение влажности и температуры почвы ухудшает ее аэрацию и наоборот. С глубиной в почве увеличивается содержание углекислого газа. Указанные факторы являются одними из причин вертикальной миграции организмов в почве.

Кислотность почвы выражается через pH почвенного раствора (жидкой фазы почвы) — отрицательный логарифм концентрации водородных ионов.

▶ **Это интересно.** При pH = 7 реакция почвенного раствора является нейтральной, если его значение ниже 7, то почва кислая, если выше 7, то щелочная. Таким образом, чем ниже значение pH, тем выше кислотность почвы.

Растения более чувствительны к pH почвы, чем животные. Для каждого вида растений существует оптимальное значение кислотности почвы, при котором они развиваются наилучшим образом, поэтому pH является одним из наиболее важных показателей качества плодородия. При несоответствии кислотности почвы потребностям растений у них нарушается нормальный процесс питания и некоторые полезные вещества и соединения не усваиваются или усваиваются крайне плохо, в результате чего замедляется рост растений.

Засоленность почвы характеризуется содержанием в ее профиле легкорастворимых солей в токсичных для растений количествах (> 0,25 %). Засоленные почвы широко распространены в зонах сухих степей и пустынь, встречаются также в лесостепной зоне.

▶ **Это интересно.** Засоленные почвы различаются по глубине залегания солевого горизонта, химическому составу засоления и степени засоления. По первому признаку почвы делятся на солонцы — соли расположены в глубоких слоях почвы (80—150 см) и солончаки — содержащие большое количество водорастворимых солей у самой поверхности (до 30 см) и в профиле (30—80 см). По химическому составу солей почвы классифицируются исходя из преобладающих анионов (например, хлоридные, сульфатные).

Правообладатель Народная асвета

Причиной засоления почв может быть неправильный режим орошения пахотных земель в зоне засушливого климата.

Адаптации организмов к жизни в почвенной среде. В почве обитает множество видов микроорганизмов, растительных и животных организмов. Почвенные микроорганизмы (бактерии, грибы, протисты) участвуют в почвообразовании, разлагая растительные и животные остатки.

В жизни растений почва выполняет функции закрепления, водоснабжения, источника минерального питания. Концентрирование минеральных веществ в почве привело к развитию у растений корневой системы и проводящих тканей. Недостаток воды угнетает рост растений. Причиной нехватки воды может быть недостаточное количество осадков (*физическая сухость*, адаптации описаны в § 7) или недоступность имеющейся воды (*физиологическая сухость*). Физиологически сухими являются сильнозасоленные почвы. Растения, произрастающие на таких почвах, способны выделять избыток солей через листья или накапливать их.

Животные, обитающие в почве, имеют относительно небольшие размеры тела (личинки насекомых, многоножки, дождевые черви, клещи, медведки, нематоды, кроты, землеройки). Для них характерны разные способы передвижения в почве. Это может быть рытье ходов и нор, как у медведки и крота (рис. 20). Дождевые черви могут раздвигать почвенные частицы и прокладывать ходы. Личинки насекомых способны ползать среди почвенных частиц.

В связи с этим в процессе эволюции у животных выработались соответствующие адаптации. У землеройных организмов появились копательные конечности. У кольчатых червей имеется гидростатический скелет, а у насекомых и многоножек — коготки. Почвенные животные имеют компактное тело округлой, червеобразной формы, способное к изменению толщины, с ненамокающими покровами или покрытое слизью. Жизнь в почве как среде жизни привела к атрофии или недоразвитию

Медведка

Крот

Дождевой червь

Рис. 20. Обитатели почвы

Правообладатель Народная асвета

органов зрения. У крота крошечные, недоразвитые глаза часто скрыты под складкой кожи. Для облегчения перемещения в узких почвенных ходах шерсть у кротов приобрела способность укладываться в двух направлениях.

Среди почвенных обитателей широко развита *сапрофагия* — поедание отмерших гниющих остатков других животных и растений и разложение их до минеральных веществ, благодаря чему происходит возобновление плодородия почвы.

■ **Повторим главное.** Почва как среда жизни имеет высокую плотность, особый гидротермический режим, аэрацию, реакцию среды и засоленность. У растений и животных к жизни в почвенной среде выработались разнообразные адаптации. Для растений почва является источником воды и минеральных веществ, которые они добывают с помощью корневой системы. У почвенных животных тело обычно округлой, червеобразной формы, способно к изменению толщины, имеет ненамокающие покровы или покрыто слизью. Появились копательные конечности, гидроскелет, редуцировались глаза.

? Проверим знания

Ключевые вопросы. 1. Перечислите особенности почвы как среды жизни. **2.** Охарактеризуйте типы почвенной влаги и их значение для организмов. **3.** Назовите типы почв в зависимости от значения pH почвенного раствора.

Сложные вопросы. 1. Почему после обильного дождя на поверхности почвы можно увидеть много дождевых червей? **2.** Объясните, почему повышение влажности почвы снижает скорость ее прогревания и аэрацию, а снижение влажности — наоборот.

§ 13. Живой организм как среда жизни. Адаптации к жизни в другом организме

- **Вспомните,** где могут существовать организмы, кроме водной, наземно-воздушной и почвенной сред жизни.
- **Как вы думаете?** Какие приспособления должны быть у организма, чтобы существовать в другом организме?
- **Вы узнаете** об особенностях адаптаций паразитов к жизни в организме хозяина.

Характерные особенности организма как среды жизни. Относительное постоянство внутренней среды одного организма — хозяина — дает возможность другому организму — сожителю — использовать тело

Правообладатель Народная асвета

в качестве среды жизни. ***Хозяин*** — организм, являющийся средой жизни для других организмов. ***Сожитель*** — организм, поселяющийся на поверхности или внутри тела другого организма. Сожитель может быть для хозяина нейтральным (мальки рыб в кишечной полости морских кишечнополостных животных). Он может приносить хозяину пользу, снабжая питательными веществами (азотфиксирующие клубеньковые бактерии и бобовые растения). Но он может причинять хозяину вред, используя его питательные вещества (аскарида человеческая и человек).

Сожителей больше всего среди микроорганизмов (все вирусы, некоторые представители бактерий и грибов), протистов (дизентерийная амеба, трихомонада) и многоклеточных организмов, имеющих упрощенное строение (плоские и круглые черви, некоторые насекомые).

Наиболее часто в природе встречаются взаимоотношения, когда сожитель живет за счет хозяина и угнетает его жизнедеятельность. Эти взаимоотношения называются ***паразитизмом*** (от греч. *parásitos* — нахлебник), а сожители — ***паразитами***. Ученый-зоолог Е. Н. Павловский дал им следующее определение: «Паразитами называют животных, которые живут за счет особей другого вида, будучи тесно связаны с ними в своем жизненном цикле на большем или меньшем его протяжении».

Во внутренней среде хозяина паразит получает ряд преимуществ:

1) обилие легкодоступной для усвоения пищи, не требующей перестройки процессов пищеварения. Например, клеточный сок растений, кровь животных, содержимое их пищеварительного тракта, уже подвергнутое ферментативной обработке;

2) защищенность от непосредственного воздействия абиотических и биотических факторов внешней среды. Все взаимодействия со сложными и изменяющимися окружающими условиями и врагами берет на себя организм хозяина;

3) относительная стабильность условий существования. Внутренняя среда организма по ряду физико-химических факторов имеет высокую степень постоянства.

В то же время организм как среда жизни создает для паразитов некоторые экологические трудности:

1) ограниченность среды во времени и пространстве;

2) трудность распространения от одной особи хозяина к другой;

3) сложности в обеспечении кислородом;

4) защитные реакции организма хозяина.

Правообладатель Народная асвета

Как преимущества, так и экологические трудности жизни в другом организме явились причиной формирования у паразитов разнообразных адаптаций, которые позволяют паразитам эффективно размножаться и процветать.

Адаптации к жизни в другом организме. Паразиты могут поселяться на поверхности тела хозяина (*эктопаразиты* — вши, блохи, клещи, клопы) или внутри него (*эндопаразиты* — малярийный плазмодий, аскарида, власоглав, бычий цепень). У эктопаразитов большая часть тела находится вне хозяина (в контакте с окружающей средой) и лишь органы питания внедряются в его живые ткани. У эндопаразитов в процессе эволюции выработался ряд приспособлений к жизни в теле другого организма.

1. ***Малые размеры тела.*** Ограниченность размеров среды обитания паразитов компенсируется малыми размерами тела. Паразит всегда меньше хозяина (аскарида и человек; печеночный сосальщик и корова; трихомонада и человек). Исключение составляет бычий цепень, длина которого составляет от 4 до 10 м, а основным хозяином является человек. Малые размеры тела паразита позволяют ему поселиться в организме хозяина и питаться за его счет, не вызывая быстрой гибели.

2. ***Упрощение внешнего и внутреннего строения.*** Так как условия обитания паразитов постоянны и оптимальны, у них нет необходимости иметь сложное строение и вырабатывать сложные механизмы адаптации. В связи с этим происходит упрощение или редукция отдельных систем органов.

Ограниченность размеров среды обитания паразитов явилась причиной упрощения их внешнего строения. Например, у паразитических червей отсутствуют органы передвижения. Они малоподвижны. У отдельных представителей имеются лишь органы фиксации, позволяющие им закрепиться в организме хозяина (крючки, присоски).

Обилие легкодоступной пищи привело у паразитов к упрощению системы пищеварения. Например, у печеночного сосальщика пищеварительная система упрощена, а у ленточных червей и вовсе утрачена. Всасывание питательных веществ у последних происходит всей поверхностью тела.

У паразитических растений питание соками хозяина привело к редукции системы фотосинтеза и утрате хлорофилла. Среди растений встречаются полные паразиты и полупаразиты. Паразиты не содержат хлорофилл, например повилика, заразиха, раффлезия, Петров крест.

Правообладатель Народная асвета

Рис. 21. Растения-паразиты и полупаразиты

Полупаразиты (омела) имеют хлоропласты и берут от растения-хозяина только минеральные вещества и воду (рис. 21).

Сложности в обеспечении кислородом привели у паразитов к редукции дыхательной системы и переходу к анаэробному дыханию. Так как их энергетические затраты невелики, а запасы пищи неиссякаемы, то такой способ дыхания оправдан.

В отличие от свободноживущих организмов, взаимодействующих с окружающей средой, паразиты переложили тяжесть регуляции отношений со средой на хозяина. Это привело к упрощению строения их нервной системы и редукции органов чувств. Отпала и необходимость выработки приспособлений для активной и пассивной защиты от врагов.

3. *Защитные покровы тела.* Большинство паразитов обитает в пищеварительном тракте и подвержено воздействию ферментов пищеварительных соков. Для защиты от переваривания у них сформировались

Правообладатель Народная асвета

специфические покровы тела. Например, у сосальщиков тело покрыто слоем слизи, а у аскариды человеческой на поверхности тела имеется многослойная кутикула.

4. *Высокая плодовитость.* Трудности в распространении у паразитов компенсируются повышением способности к размножению. Высокая плодовитость у паразитов получила название «закона большого числа яиц».

Прогрессивное развитие половой системы обеспечивает высокие репродуктивные возможности вида. Этому также способствуют *партеногенез* (размножение без оплодотворения), чередование полового и бесполого поколений. Возникновение *гермафродитизма* (совмещение в одном организме мужской и женской половых систем) является своего рода двойной гарантией успешного оплодотворения и получения потомства.

Защита оплодотворенных яиц многослойными оболочками и обеспечение зародыша питанием повышают выживаемость потомства. Развитие приспособлений для выхода личинок из яйца и тела хозяина во внешнюю среду и их проникновение в организм нового хозяина способствуют расселению.

5. *Смена хозяев в жизненном цикле.* У паразитов, как правило, в жизненном цикле наблюдается смена хозяев. В основном хозяине живет половозрелая особь, а в промежуточном — личиночная стадия. Например, личинки бычьего цепня развиваются в теле коровы, а взрослые особи паразитируют в теле человека. Благодаря этому не допускается скопление в одном организме-хозяине большого количества паразитов, что могло бы привести к быстрой гибели хозяина, а также отсутствует конкуренция между личинками паразита и взрослой особью, что повышает их жизнеспособность.

Повторим главное. Взаимоотношения, когда один организм (паразит) живет за счет другого (хозяина), называются паразитизмом. Паразит, использующий хозяина как среду жизни, получает ряд преимуществ, но при этом испытывает определенные экологические трудности. Основные адаптации к паразитизму: малые размеры тела, упрощение внешнего и внутреннего строения, защитные покровы тела, высокая плодовитость, смена хозяев в жизненном цикле.

? Проверим знания

Ключевые вопросы. 1. Какие взаимоотношения между организмами называются паразитизмом? **2.** Перечислите преимущества организма как среды жизни по сравнению с другими средами жизни. **3.** За счет каких особенностей размножения паразитов достигается их высокая плодовитость?

Правообладатель Народная асвета

Сложные вопросы. 1. Для каждой группы паразитов укажите их представителей. Группы паразитов: 1 — паразиты растений; 2 — паразиты животных. Представители: повилика, власоглав, бычий цепень, заразиха, раффлезия, аскарида, Петров крест, малярийный плазмодий. **2.** Всегда ли организм, живущий в другом организме, негативно влияет на его жизнедеятельность? Приведите примеры и дайте аргументированный ответ.

ПОДВЕДЕМ ИТОГИ

Изучив главу «Организм и среда», вы узнали, что у живых организмов имеются общие свойства: единство химического состава, клеточное строение, обмен веществ и энергии, саморегуляция, размножение, рост и развитие.

Среда обитания любого организма включает экологические факторы. По природе происхождения экологические факторы разделяют на: абиотические (климатические, эдафические, орографические, физические), биотические (внутривидовые, межвидовые) и антропогенные (прямые, косвенные). Организмы по отношению к различным экологическим факторам имеют определенные пределы выносливости, ограниченные экологическим минимумом и экологическим максимумом. В пределах выносливости выделяют зоны оптимума, нормальной жизнедеятельности и пессимума. В зависимости от пределов выносливости организмы делят на стенобионты и эврибионты.

Жизнедеятельность организма определяет экологический фактор, который наиболее отклонился от своего оптимального значения по сравнению с другими факторами среды, — лимитирующий фактор. Изменяя силу этого фактора, можно управлять жизнедеятельностью организмов в природе и хозяйстве. По отношению к экологическим факторам среды (свету, температуре и влажности) у организмов выработались разнообразные адаптации. По характеру адаптаций к определенному экологическому фактору организмы разделяют на экологические группы.

Часть природы с особым комплексом факторов, для существования в которой у разных систематических групп организмов сформировались сходные адаптации, называют средой жизни. На планете Земля выделяют четыре основные среды жизни: водную, наземно-воздушную, почвенную и другой организм. В водной среде лимитирующим фактором является кислород, в наземно-воздушной среде — влажность. Почва как среда жизни имеет высокую плотность, особый гидротермический режим и аэрацию. Взаимоотношения, когда один организм живет за счет другого и угнетает его жизнедеятельность, называются паразитизмом.

Правообладатель Народная асвета

Глава 2

Человек в окружающей среде

Вы узнаете:

- *об адаптации человека к температурным изменениям;*
- *об основных инфекционных заболеваниях и их профилактике;*
- *о ядовитых грибах, растениях, животных и мерах профилактики отравлений при контакте с ними;*
- *о целительных свойствах растений;*
- *о влиянии антропогенного загрязнения окружающей среды на здоровье человека;*
- *о компонентах пищи и их функциях в организме человека;*
- *об основных пищевых добавках и их роли в питании человека;*
- *о сертификации, хранении и транспортировке пищевой продукции.*

Вы научитесь:

- *характеризовать взаимосвязь организма человека с окружающей средой, зависимость его здоровья от состояния окружающей среды;*
- *применять и обосновывать меры профилактики инфекционных заболеваний;*
- *описывать последствия загрязнения окружающей среды бытовыми и промышленными отходами, ядохимикатами, тяжелыми металлами;*
- *обосновывать меры по уменьшению загрязнения окружающей среды бытовыми отходами;*
- *использовать знания об экологических факторах для предотвращения или уменьшения эффекта неблагоприятных воздействий факторов среды на организм человека и его здоровье.*

В данной главе вы изучите механизм адаптации человека к температурным колебаниям окружающей среды. Приобретете знания о причинах, симптомах и профилактике инфекционных заболеваний. Познакомитесь с ядовитыми грибами, растениями и животными, а также с лекарственными растениями.

Изучите вопрос о химических веществах, загрязняющих окружающую среду и вызывающих заболевания человека. Узнаете об особенностях отрицательного воздействия на человеческий организм электромагнитного излучения, шума и вибрации.

Правообладатель Народная асвета

Завершается глава рассмотрением вопросов о питании как основной биологической потребности человека. Вы узнаете об основных компонентах пищи, о том, для чего нужны пищевые добавки, как осуществляется контроль за качеством пищевой продукции и каковы правила ее транспортировки и хранения.

§13-1

§ 14. Адаптация человека к изменению температурных условий

- **Вспомните,** как осуществляется терморегуляция жизнедеятельности организма человека.
- **Как вы думаете?** Почему человеку сложно адаптироваться к изменению температурных условий?
- **Вы узнаете** о влиянии на организм человека температурных колебаний и механизмах адаптации к ним.

Влияние на организм человека температурных колебаний. Среди множества абиотических факторов, влияющих на человека, значительную роль играет температура. На человека оказывает воздействие не только фактическая температура воздуха, но и ее среднесуточная изменчивость. Так, изменение среднесуточной температуры воздуха на 1—2 °С считается слабым, на 3—4 °С — умеренным, более чем на 4 °С — резким.

При длительном и сильном воздействии низких температур изменяется обмен веществ, сужаются сосуды пальцев рук и ног, кожи лица, происходит местное и общее охлаждение организма (возможно даже обморожение), снижается работоспособность человека, возникают простудные заболевания.

При воздействии на организм высокой температуры понижается кровяное давление, изменяется химический состав крови, нарушается водно-солевой обмен организма, возможен тепловой удар. Высокая температура воздуха также неблагоприятно воздействует на функции органов пищеварения и вызывает у человека быструю утомляемость.

Восприятие температуры индивидуально и связано с физиологическими и психологическими особенностями человека.

От каких факторов зависит восприятие температуры? Установлено, что ветер и влажность могут усиливать ощущение температуры. При сильном ветре холодные дни кажутся еще холоднее. При повышенной влажности воздуха низкая температура кажется еще более низкой, а при пониженной влажности — наоборот.

Правообладатель Народная асвета

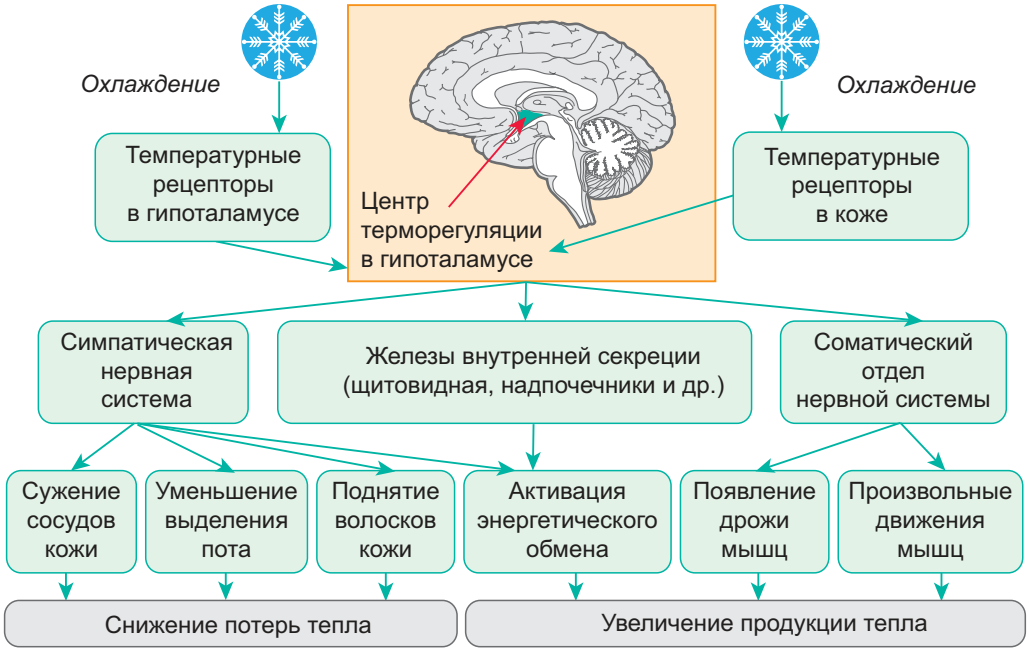


Рис. 22. Схема работы центра терморегуляции

Учитывая большое влияние температуры на самочувствие человека, рассмотрим его адаптацию к этому важнейшему абиотическому фактору.

Адаптация человека к изменению температурных условий. С помощью реагирующих на изменение температуры рецепторов, расположенных в коже и слизистых оболочках (*периферические терморецепторы*), организм человека постоянно получает информацию о температуре объектов окружающей среды, контактирующих с телом. Одновременно терморецепторы внутри тела реагируют на изменения температуры внутренней среды. Здесь центральная роль принадлежит рецепторам, расположенным в гипоталамусе (*центральные терморецепторы*), которые способны реагировать на очень небольшие (около 0,01 °С) колебания температуры тканевых жидкостей. Информация, получаемая от всех терморецепторов организма, анализируется в гипоталамусе, в результате чего и возникают рефлекторные ответы различных органов (рис. 22), что обеспечивает поддержание постоянства температуры тела.

В приспособительных (адаптационных) реакциях к температурным изменениям ключевую роль играют потовые железы, гладкие мышцы стенок артериол, скелетные мышцы, щитовидная железа, надпочечники (табл. 2, с. 68).

Правообладатель Народная асвета

Таблица 2. **Приспособительные реакции к температурным изменениям**

Орган	Приспособительные реакции
Потовые железы	При повышении температуры кожи или крови гипоталамус посылает в потовые железы импульсы о необходимости активного выделения пота. На его испарение расходуется тепло с поверхности кожи
Гладкие мышцы стенок артериол	При повышении температуры кожи и крови гипоталамус направляет сигналы в гладкие мышцы стенок артериол, которые снабжают кровью кожу, вызывая расширение просвета артериол. Вследствие этого кровоснабжение кожи усиливается. Кровь переносит тепло из глубины тела к поверхности кожи, где оно и рассеивается
Скелетные мышцы	В условиях низкой температуры воздуха терморецепторы кожи посылают сигналы в центр терморегуляции гипоталамуса, который стимулирует быстрый цикл непроизвольных сокращений и расслаблений скелетных мышц (дрожание), что приводит к выделению тепловой энергии
Щитовидная железа	Щитовидная железа при понижении температуры усиливает выделение гормонов тироксина и трийодтиронина, ускоряющих обмен веществ, и, следовательно, теплообразование
Надпочечники	При температурных изменениях надпочечники выделяют в кровь гормоны адреналин и норадреналин. Вследствие этого сужаются сосуды кожи, изменяя уровень теплоотдачи

Кроме гипоталамуса, терморецепторы посылают сигналы в кору головного мозга. Это позволяет человеку сознательно воспринимать температурные изменения и адекватно на них реагировать. При адаптации к высокой температуре нарушается водно-солевой обмен организма. Поэтому для восполнения потерь жидкости, минеральных веществ в условиях жаркого климата, в «горячих» цехах перед работой людям рекомендуется пить больше жидкости, в том числе ягодные морсы и солевые растворы.

Правообладатель Народная асвета

▶ **Это интересно.** Тепловую подготовку горноспасателей проводят в условиях высокой температуры (55—60 °С) при низкой относительной влажности (20—25 %) в состоянии покоя с применением респиратора. На возникающее в этих условиях перегревание адаптированные к высокой температуре испытуемые реагируют без нарушения функций центральной нервной системы. Это важно для горноспасателей, пожарников и других людей подобных профессий, так как сохранение деятельности коры больших полушарий в условиях перегревания дает возможность работать в зонах высокой температуры и спасать людей.

Адаптация человека к температурным колебаниям в окружающей его среде не только биологический, но и социальный процесс, который заключается в строительстве комфортного жилья, пошиве одежды, создании бытовых приборов.

Также адаптационные возможности организма к низким температурам повышаются путем закаливания. Его физиологической основой является выработка условного рефлекса на систематическое воздействие температурного фактора. При закаливании важно соблюдать следующие принципы: индивидуальность (подбор процедур под контролем врача), постепенность (поэтапное увеличение дозировки) и систематичность (многократное действие фактора).

■ **Повторим главное.** Физиологическая регуляция адаптационных процессов к изменению температурных условий контролируется гипоталамусом. В осуществлении адаптационных процессов ключевая роль принадлежит нервной системе, железам внутренней секреции, гладким и скелетным мышцам. Кроме физиологической адаптации, человеку свойственна и социальная адаптация.

? Проверим знания

Ключевые вопросы. 1. Каким образом температурные колебания влияют на здоровье человека? **2.** Какой орган и как регулирует теплообмен в организме? **3.** Охарактеризуйте роль желез внутренней секреции в температурных адаптационных механизмах.

Сложные вопросы. 1. Почему при сильном ветре и повышенной влажности воздуха холодные дни кажутся холоднее, чем в действительности? **2.** Возможна ли долговременная адаптация человека к неземным условиям и заселение людьми спутника нашей планеты Луны? Ответ обоснуйте.

Правообладатель Народная асвета

§ 15. Инфекционные заболевания человека

- **Вспомните** роль иммунной системы в организме человека.
- **Как вы думаете?** Почему, несмотря на значительные достижения медицины, инфекционные болезни полностью не побеждены?
- **Вы узнаете** о возбудителях, симптомах и профилактике инфекционных заболеваний человека.

Инфекционные заболевания — это группа заболеваний, которые вызывают проникнувшие в человеческий организм вирусы и болезнетворные микроорганизмы (бактерии, грибы, протисты). К этой группе относятся паразитарные заболевания, вызываемые паразитическими членистоногими и гельминтами.

В основу классификации инфекционных заболеваний положен механизм передачи возбудителя и локализация в организме человека (табл. 3).

Таблица 3. **Классификация инфекционных заболеваний**

Группа инфекционных заболеваний	Пути передачи заболеваний	Инфекции
Кишечные инфекции	Через пищу, воду, почву, мух, грязные руки, предметы быта	Брюшной тиф, дизентерия, холера, пищевые инфекции
Инфекции дыхательных путей	Воздушно-капельный или воздушно-пылевой путь	Грипп, корь, дифтерия, скарлатина, натуральная оспа
Кровяные инфекции	Через укусы кровососущих насекомых (комары, клещи, вши, москиты)	Сыпной и возвратный тиф, малярия, чума, туляремия, клещевой энцефалит
Зоонозные инфекции	Через укусы животных	Бешенство
Контактно-бытовые инфекции	При непосредственном контакте здорового человека с больным, через предметы быта и половым путем	Чесотка, сифилис, гонорея, хламидиоз

Правообладатель Народная асвета

Одной из особенностей инфекционных заболеваний является наличие времени от момента заражения до появления первых признаков — *инкубационного периода*. Длительность этого периода зависит от способа заражения и вида возбудителя и может составлять от нескольких часов до нескольких лет (редко).

Особенность инфекционных заболеваний заключается в достаточно быстром распространении среди людей. Массовое распространение инфекционного заболевания, значительно превосходящее обычный уровень заболеваемости, называют ***эпидемией***. Если же оно охватывает территорию целого государства или нескольких стран, его называют ***пандемией***.

Кишечные инфекции. Эти заболевания вызываются микроорганизмами: сальмонеллами, бруцеллами, дизентерийными палочками, клостридиями. Все они выделяют сильнейшие отравляющие вещества, которые попадают в кровь и разносятся по всему организму.

Источники инфекций — больной человек, а также мышевидные грызуны, куры, утки, коровы. Возбудители передаются через пищевые продукты: мясо, яйца, молоко. Инкубационный период от 6 ч до 2 дней. Симптомы: повышение температуры до 38—39 °С, тошнота, многократная рвота, диарея. Пульс становится частым и слабым, артериальное давление падает, может наступить коматозное состояние (кома).

Первая помощь больному заключается в многократном промывании желудка теплой кипяченой водой для полного удаления пищи. После оказания первой помощи необходимо срочно вызвать врача. В тяжелых случаях больного госпитализируют.

Профилактика кишечных инфекций заключается в строгом соблюдении правил гигиены, приготовления пищи, правильном хранении и использовании пищевых продуктов.

Инфекции дыхательных путей. Одно из самых массовых инфекционных заболеваний — ***грипп***. Возбудители гриппа — разновидности вирусов. Источник заболевания — больной человек. Заражение происходит воздушно-капельным путем при кашле, чихании, разговоре.

Длительность инкубационного периода — от нескольких часов до 2 дней. Симптомы: озноб, недомогание, слабость, головная боль, ломота во всем теле, покраснение слизистой оболочки горла и обильные выделения из носа, кашель. Температура повышается до 38—39 °С. Заболевание обычно продолжается 5—6 дней и крайне опасно осложнениями, например нарушениями работы нервной системы, сердечной деятельности, воспалением легких, среднего и внутреннего уха. Для предотвращения распространения заболевания больной гриппом должен быть изолирован. Важнейшее профилактическое мероприятие — прививки.

Правообладатель Народная асвета

Профилактика инфекционных заболеваний. Для профилактики инфекционных заболеваний необходимо соблюдать следующие правила.

1. Тщательно мыть перед употреблением фрукты и овощи.
2. Мыть руки перед едой, а также после посещения туалета.
3. При простудных заболеваниях необходимо носить медицинскую маску, использовать индивидуальную посуду и одноразовые носовые платки.
4. Для предупреждения распространения кровяных инфекций — уничтожать или отпугивать насекомых.
5. Своевременно делать прививки.
6. Для укрепления иммунитета активно заниматься физкультурой и вести здоровый образ жизни.

▶ **Это интересно.** Министерством здравоохранения Республики Беларусь составлен Национальный календарь профилактических прививок. Согласно ему проводится иммунизация против 12 инфекционных заболеваний: гриппа, дифтерии, столбняка, полиомиелита, туберкулеза, коклюша, гемофильной инфекции, кори, эпидемического паротита, краснухи, пневмококковой инфекции, вирусного гепатита В.

Для предотвращения распространения инфекционного заболевания требуются усилия не только медицинских специалистов, но и нас с вами. Сделать вовремя прививку, соблюдать правила личной гигиены и ухода за больными, стараться не заражать окружающих в период болезни, вести образ жизни, способствующий поддержанию хорошего иммуннитета, — это в интересах каждого из нас и общества в целом.

■ **Повторим главное.** Вирусы, бактерии, грибы, протисты, членистоногие и гельминты часто являются причиной инфекционных заболеваний. Передача возбудителей инфекций осуществляется воздушно-капельным, воздушно-пылевым путем, а также при непосредственном контакте здорового человека с больным и через укусы животных. Основными факторами передачи служат пища, вода, почва, мухи, грязные руки, предметы быта. Отличительные особенности инфекционных заболеваний заключаются в наличии инкубационного периода и достаточно быстром и массовом распространении среди людей.

Правообладатель Народная асвета

? Проверим знания

Ключевые вопросы. 1. Назовите возбудителей инфекционных заболеваний. **2.** Перечислите группы инфекционных заболеваний и дайте их характеристику. **3.** Что представляет собой инкубационный период инфекционного заболевания? **4.** Каковы симптомы кишечных инфекций? В чем заключается помощь больным при этих инфекциях?

Сложные вопросы. 1. После каких прививок от инфекционных заболеваний иммунитет сохраняется в течение всей жизни? Почему? **2.** Что необходимо знать, отправляясь в другие страны, чтобы сохранить здоровье?

§15-1

§ 16. Ядовитые грибы

- **Вспомните,** по каким признакам можно отличить ядовитый гриб от съедобного.
- **Как вы думаете?** Почему довольно часто происходят отравления грибами?
- **Вы узнаете** о наиболее распространенных ядовитых грибах Беларуси.

В Беларуси насчитывается около 2,5 тыс. видов грибов с хорошо выраженными плодовыми телами (видными без увеличительных приборов). Из них более 200 видов представляют опасность для здоровья человека.

Эти виды грибов содержат вредные вещества (*микотоксины*), устойчивые к обычным методам кулинарной обработки и способные вызвать различные пищевые отравления. Такие грибы относятся к ***ядовитым***.

Многие из нас задаются вопросом: «Как отличить ядовитые грибы»? Ответ прост: «Для распознавания ядовитых и съедобных грибов необходимо четко знать их отличительные признаки».

Ядовитые грибы Беларуси. В нашей стране встречаются около 40 видов ядовитых грибов. При употреблении их в пищу первые симптомы отравления могут возникнуть как через несколько минут, так и спустя несколько часов. К общим симптомам отравления грибами, независимо от их вида, относятся: боли в животе, диарея, повышенная потливость и слюноотделение, тошнота, рвота, недомогание и спутанность сознания, одышка, часто резкое снижение давления.

Продолжительность инкубационного (скрытого) периода отравления зависит от вида и количества употребленных в пищу ядовитых грибов, а также от возраста и массы тела человека. Например, при отравлении бледной поганкой скрытый период может длиться до 6—7 ч.

Симптомы отравления наиболее часто встречающимися в Беларуси ядовитыми грибами представлены в таблице 4 (с. 74).

Правообладатель Народная асвета

Таблица 4. **Ядовитые грибы Беларуси**

Гриб	Отличительные признаки и симптомы отравления
Поганка бледная	Наличие клубневидного утолщения у основания ножки
	Попадание в пищу даже небольшого кусочка гриба может привести к летальному исходу. Наблюдаются обильные рвота и диарея с кровью, судороги, нарушение функции почек и печени
Свинушка тонкая	Пластинки мягкие, разветвленные, желто-охристые. На вид немного похож на черный груздь
	Непостоянные боли в животе, тошнота, рвота, диарея, боли в пояснице, аллергические реакции
Мухомор красный	Ножка белая с кольцом в основании, шляпка ярко-красная, блестящая, усеяна белыми бородавчатыми хлопьями
	Слезотечение, повышенное слюноотделение, сужение зрачков, повышенная потливость, бред и галлюцинации, кома
Строчок обыкновенный	Шляпка морщинистая, коричневого либо темно-коричневого цвета
	Моча приобретает красный цвет, нарушение работы селезенки и почек, в тяжелых случаях может развиться кома

Правообладатель Народная асвета

Продолжение

Гриб	Отличительные признаки и симптомы отравления
Рядовка серно-желтая	Шляпка и ножка желтые или зеленовато-желтые, имеет неприятный сероводородный запах
	Боли в области живота, головная боль, головокружение, тошнота, рвота, поражение нервной системы

Первая помощь при отравлении грибами. При появлении даже небольшого недомогания после употребления в пищу грибов необходимо срочно обратиться за медицинской помощью. До этого пострадавшему необходимо тщательно промыть желудок. Для этого следует выпить не менее 1 л воды, а затем, надавливая на корень языка, вызвать рвоту. Следует повторять эту процедуру несколько раз до чистых промывных вод. Это поможет максимально очистить желудок от попавших в него микотоксинов (ядовитых грибов). Можно пить крепкий черный чай, минеральную или негазированную воду.

Для того чтобы оградить себя от отравлений, необходимо следовать основным правилам грибника.

1. Отправляясь за грибами, изучите изображения и описания ядовитых грибов.
2. Не уверены в том, что гриб съедобный, не знаете его — не берите.
3. Не собирайте старые плодовые тела съедобных грибов, в которых при разложении также могут образовываться ядовитые вещества.
4. Отравление могут вызвать и съедобные грибы, если они поражены червями, личинками, слизнями и плесенью.

Все виды грибов хорошо аккумулируют радионуклиды и соли тяжелых металлов, а также другие вредные вещества, содержащиеся в окружающей среде. Поэтому, выбирая места для сбора грибов, нужно проанализировать их месторасположение: близость к зонам, пострадавшим от аварии на Чернобыльской АЭС, наличие заводов и химических комбинатов, крупных автомагистралей.

Правообладатель Народная асвета

При покупке на рынке есть риск приобрести грибы с повышенным уровнем радионуклидов и других токсических химических веществ. А вот грибы, которые реализуются в магазинах (шампиньоны, вешенки и др.), проходят соответствующие проверки, поэтому их можно смело употреблять в пищу.

■ **Повторим главное.** Ядовитыми называются грибы, содержащие ядовитые вещества (микотоксины). Для того чтобы защитить себя от отравления грибами, нужно уметь отличать ядовитые грибы от съедобных. При появлении первых симптомов отравления грибами необходимо срочно обратиться в медицинское учреждение.

? Проверим знания

Ключевые вопросы. 1. Какие грибы относятся к ядовитым? **2.** По каким признакам можно отличить свинушку тонкую? **3.** Перечислите общие симптомы, которые наблюдаются при отравлении грибами вне зависимости от их вида. **4.** Какую первую помощь необходимо оказывать при отравлении грибами?

Сложные вопросы. 1. Какие грибы, кроме перечисленных в таблице 4, опасны для здоровья человека? **2.** Какую роль играют ядовитые грибы в природных экосистемах?

§ 17. Ядовитые растения

- **Вспомните** строение цветковых растений.
- **Как вы думаете?** Почему растения являются причиной отравления людей?
- **Вы узнаете** о ядовитых растениях, которые часто встречаются в Беларуси и симптомах отравления ими, а также о первой помощи, которую необходимо оказать пострадавшему.

В Беларуси произрастает примерно 180 видов ***ядовитых растений***. Такие растения вырабатывают ядовитые вещества (*фитотоксины*), представляющие угрозу для здоровья человека. Отравление ядовитыми растениями может произойти в следующих случаях: при употреблении в пищу, вдыхании их ядовитых испарений, при непосредственном контакте. Иногда отравление связано с употреблением в пищу меда, в котором присутствует нектар цветков ядовитых растений, а также молока и мяса животных, поедавших ядовитые растения.

Правообладатель Народная асвета

Ядовитые растения, которые часто встречаются в Беларуси. Белорусскими учеными составлен каталог ядовитых растений, произрастающих в нашей стране. Угрозу здоровью человека могут представлять знакомые и широко распространенные растения. Для того чтобы предупредить случаи отравления, необходимо знать, как выглядят ядовитые растения и каковы симптомы отравления ими (табл.5).

Таблица 5. **Ядовитые растения Беларуси**

Растение	Симптомы отравления
Вех ядовитый (цикута)	Корневища и корни растения смертельно ядовиты. После употребления в пищу стеблей с листьями наблюдаются головная боль, тошнота, рвота, боли в животе, потеря чувствительности кожи. Летальный исход возможен от остановки дыхания на фоне острой сердечной недостаточности
Болиголов крапчатый	После употребления в пищу стеблей с листьями наблюдаются тошнота, слюнотечение, головокружение, нарушение глотания, речи, побледнение и потеря чувствительности кожи, угнетение центральной нервной системы, паралич, расширение зрачков и отсутствие реакции на свет
Дурман обыкновенный	При вдыхании летучих веществ цветков наблюдаются бред, галлюцинации, которые могут привести к психическому расстройству. Сухость во рту, расстройство глотания, кровавая диарея, нарушение функций ЦНС появляется при употреблении в пищу любой части растения. Тяжелое отравление может привести к летальному исходу

Правообладатель Народная асвета

Продолжение

Растение	Симптомы отравления
Белена черная	Все части растения ядовиты. Наблюдаются судороги с потерей сознания, повышается температура. Возможен летальный исход. При поедании маслянистых семян наблюдается острый психоз с галлюцинациями
Лютик ядовитый	При попадании сока растения на кожу наблюдается химический ожог, а также жжение, резкая боль в глазах, чувство инородного тела, слезотечение, временная потеря зрения. При высокой концентрации яда в крови — тремор, судороги, помутнение сознания. При вдыхании летучих веществ цветков — першение и жжение в носоглотке, сильный насморк, чихание
Ландыш майский	При поедании плодов (красных ягод) наблюдаются бледность кожи, сильная тошнота, боли в животе, неукротимая рвота, резкая слабость, сонливость, галлюцинации, нарушение сознания. При сильном отравлении может произойти остановка сердца
Волчье лыко	При употреблении всех частей растения наблюдаются диарея, рвота, жар, сильное раздражение кожи, которое может привести к некрозу. При употреблении ягод растения возникает тяжелое поражение желудка, кишечника и почек, снижается свертываемость крови, что может привести к летальной кровопотере

Правообладатель Народная асвета

Продолжение

Растение	Симптомы отравления
Бузина красная	После поедания плодов наблюдаются головокружение, дезориентация в пространстве, тошнота, рвота, горечь во рту, першение в горле, боли в животе, диарея, повышенное слюноотделение, учащение пульса. При отравлении ткани организма испытывают кислородное голодание
Борщевик Сосновского	Сок и роса растения вызывают ожоги кожи вплоть до III степени. Вдыхание пыльцы или эфирных масел вызывает распухание гортани, удушье и может привести к летальному исходу. Сок или пыльца при попадании в глаза способны вызвать слепоту

Первая помощь при отравлении. При попадании сока ядовитого растения на кожу, ее промывают водой с мылом и смазывают питательным кремом. Если же токсичное вещество попало внутрь, желудок необходимо промыть. Это можно сделать, дав пострадавшему 4—5 стаканов воды, а затем вызвав рвоту путем надавливания на корень языка. Процедуру проводят 3—4 раза. Запрещено такое промывание при судорогах и потере сознания. После промывания желудка пострадавшего необходимо срочно доставить в медицинское учреждение.

▶ **Это интересно.** Знаменитый алхимик и врач Парацельс (1493—1541 гг.) говорил: «Все — яд, все — лекарство; то и другое определяет доза». Исходя из этого утверждения, некоторые ядовитые растения используются как в народной медицине, так и в фармацевтике. Однако, если перед употреблением лекарственных средств, полученных из растений, не проконсультироваться с врачом, а также нарушать дозировку, сроки их употребления, то можно не только нанести огромный вред своему здоровью, но и умереть!

Правообладатель Народная асвета

■ **Повторим главное.** Ядовитые свойства растений обусловлены содержанием в них опасных для здоровья человека ядов (фитотоксинов). Растительные яды поражают в основном пищеварительную и центральную нервную системы. На территории Беларуси наиболее часто встречаются следующие ядовитые растения: вех ядовитый, болиголов крапчатый, дурман обыкновенный, белена черная, лютик ядовитый, ландыш майский, волчье лыко, бузина красная, борщевик Сосновского и другие растения.

? Проверим знания

Ключевые вопросы. 1. Какие растения называются ядовитыми? Каковы пути отравления ими человека? **2.** Назовите ядовитые растения, которые часто встречаются в Беларуси. **3.** Расскажите о симптомах отравления вехом ядовитым и беленой черной. **4.** Какую первую помощь необходимо оказать пострадавшему при отравлении ядовитыми растениями?

Сложные вопросы. 1. К каким семействам относятся болиголов крапчатый, дурман обыкновенный, белена черная, лютик ядовитый? **2.** Какую роль играют эти ядовитые растения в экосистемах?

§ 18. Ядовитые животные

■ **Вспомните** особенности строения ядовитых насекомых Беларуси.

■ **Как вы думаете?** Какими преимуществами обладают животные, которые содержат ядовитые вещества?

■ **Вы узнаете,** какую опасность для здоровья человека представляют ядовитые животные, какие из них наиболее часто встречаются в Беларуси и как обезопасить себя от воздействия ядов животных.

Ядовитые животные — это животные, содержащие яды, которые при попадании в организм человека вызывают болезненные расстройства, а иногда и смерть.

Животные яды (зоотоксины) — это токсические вещества различной химической природы, вырабатываемые животными и используемые ими в целях защиты или нападения. Степень воздействия животных ядов на человека зависит от состава яда, места и сезона, физического и психологического состояния человека.

Правообладатель Народная асвета

▶ **Это интересно.** Установлено, что последовательным введением в организм животного увеличивающихся доз яда можно уменьшить его восприимчивость к данному яду. Так, лошадь, прошедшая иммунизацию, выдерживает однократное впрыскивание 2 г сухого яда кобры, тогда как не иммунизированная погибает уже от введения 0,25 г. При искусственной иммунизации в крови животных образуются антитела (антитоксины), нейтрализующие вводимый яд. Таким способом получают сыворотку с готовыми антителами, которую используют для лечения людей, пострадавших от укуса ядовитых змей.

Ядовитых животных принято разделять на две группы: активно-ядовитые и пассивно-ядовитые.

Активно-ядовитые животные имеют особые органы, вырабатывающие яд. Этих животных принято делить на вооруженных и невооруженных.

У вооруженных ядовитые органы состоят из железы, вырабатывающей яд, и колющего или ранящего аппарата. Например, у насекомых ядовитые железы связаны с жалом, а у пауков они открываются на хелицерах. Ядовитый аппарат имеется у змей (гадюка, гюрза, кобра, щитомордник) и ящериц ядозубов.

У невооруженных ядовитых животных нет ранящего аппарата. Их яд при попадании на кожу жертвы всасывается через поврежденные места и слизистые оболочки. Ядовитые железы без ранящего аппарата имеются в коже ряда земноводных (жерлянка краснобрюхая, чесночница обыкновенная, жабы земляная и обыкновенная, саламандра пятнистая и др.). У ряда животных (например, у муравьев) неранящий ядовитый аппарат развился из ранящего путем редукции его колющей части.

Ядовитые насекомые имеют кожные железы с едким или сильно пахнущим секретом, отпугивающим врагов (жук колорадский, жук-бомбардир, плавунец, стафилин береговой и др.). В крови некоторых клещей и насекомых содержатся токсичные вещества, которые они выделяют как средство защиты.

У *пассивно-ядовитых* животных ядовитые органы отсутствуют. Их токсичность связана с особыми свойствами тех или иных тканей тела (скрытая, или тканевая, ядовитость). Например, некоторые рыбы ядовиты при употреблении их в пищу.

Ядовитые животные Беларуси. Наиболее часто встречающиеся в Беларуси ядовитые животные представлены в таблице 6.

Правообладатель Народная асвета

Таблица 6. **Ядовитые животные Беларуси**

Животные	Воздействие на организм человека
Слепень бычий	Токсические вещества слюны приводят к покраснению и болезненному отеку кожи. После укуса раны долго кровоточат и не заживают. Является переносчиком ряда заболеваний, например сибирской язвы
Пчела медоносная	Если укус будет нанесен в область языка, глотки или неба, возникающий отек может заблокировать поступление воздуха и привести к асфиксии (удушью). Многочисленные укусы и аллергия к яду пчел могут привести к летальному исходу
Оса обыкновенная	Оса может жалить многократно при серьезной угрозе, например когда человек пытается разрушить гнездо. Укус болезненный, вызывает покраснение, отек, жжение и зуд. Особенно опасны укусы для человека с аллергией
Шмель полевой	Укус очень болезненный, вызывает раздражение и зуд, отек и тошноту, нарушение сердечного ритма, при множестве укусов возможен летальный исход. Укус в область рта или шеи может вызвать удушье из-за отека гортани и спазма дыхательных путей
Шершень обыкновенный	Укус чрезвычайно болезненный и вызывает отек, воспаление, тошноту, головокружение и аллергические реакции, иногда приводящие к летальному исходу

Правообладатель Народная асвета

Продолжение

Животные	Воздействие на организм человека
Жук нарывник	Укус оставляет на теле нарывы и волдыри. Оказывает негативное воздействие на работу мочевыводящих путей и почек. Особенно опасно попадание яда в кровь. Защитить себя можно лишь исключив контакт с нарывниками
Гадюка обыкновенная	Укус сопровождается болью в месте поражения, слабостью, тошнотой, головокружением. Возможно нарушение сердечной деятельности и развитие почечной недостаточности

▶ **Это интересно.** По расчетам ученых, 1 г сухого яда кобры может привести к гибели 167 человек массой 60 кг каждый. Одного и того же количества яда гремучей змеи достаточно для смертельного отравления 24 собак или 300 000 голубей. Свинья, например, нечувствительна к укусам гремучей змеи, а еж — к яду гадюки. Невосприимчивы к яду некоторые птицы (аисты, вороны), поедающие ядовитых змей, куры, склевывающие ядовитых пауков каракуртов.

Профилактика укусов ядовитых животных. Для защиты от укусов ядовитых насекомых во время отдыха на природе, пребывания на даче желательно пользоваться специальными кремами и спреями с репеллентом и надевать одежду, которая хорошо защищала бы тело.

При укусах ядовитых насекомых нужно удалить пинцетом жало с пузырьком, наполненным ядом, после чего промыть ранку антисептическим средством. Место укуса желательно охладить, приложив к нему холодный предмет или завернутый в ткань лед. В тяжелых случаях необходимо срочно обратиться за медицинской помощью.

Укус гадюки происходит, как правило, по вине самого человека, из-за его неосторожности и невнимательности. Чаще всего гадюка может

Правообладатель Народная асвета

укусить за ногу, если наступить на змею, или за руку, если схватить ее или придавить. Гадюка никогда не нападает первой, укус змеи — лишь защитная реакция.

При укусе гадюки пострадавшего необходимо как можно скорее доставить в ближайшее медицинское учреждение, где ему будет введена антитоксическая сыворотка. Если это невозможно, то пострадавшему необходимо создать полный покой, уложить и давать много жидкости (вода, чай).

■ **Повторим главное.** Ядовитых животных разделяют на две группы: активно-ядовитые и пассивно-ядовитые. Они содержат опасные для здоровья человека вещества — яды. В Беларуси наиболее часто встречающимися ядовитыми животными являются: слепень бычий, пчела медоносная, оса обыкновенная, шмель полевой, шершень обыкновенный, жук нарывник, гадюка обыкновенная.

? Проверим знания

Ключевые вопросы. 1. Какое негативное воздействие на организм человека оказывают укусы шмеля полевого, шершня обыкновенного? **2.** В чем заключается профилактика от укусов ядовитых насекомых? **3.** Какими симптомами сопровождается укус гадюки обыкновенной? Какие меры предосторожности необходимо предпринимать, чтобы уберечься от ее укуса?

Сложные вопросы. 1. К каким отрядам относятся ядовитые животные, приведенные в таблице 6? **2.** Почему ядовитость не свойственна представителям Класса млекопитающие?

§ 19. Лекарственные растения и их использование человеком

■ **Вспомните,** какие растения в Беларуси чаще всего используются в лечебных целях.

■ **Как вы думаете?** Могут ли лекарственные растения представлять угрозу здоровью человека?

■ **Вы узнаете** о наиболее распространенных лекарственных растениях Беларуси и их применении.

Лечебные свойства растений тысячелетиями использовались всеми народами мира. С их помощью люди лечили многие заболевания, обращаясь к природе, к ее дарам. В своем составе лекарственные растения содержат

Правообладатель Народная асвета

ценные химические вещества, поэтому широко используются как в лечебных, так и в профилактических целях.

Распространенные в Беларуси лекарственные растения. Познакомимся с некоторыми лекарственными растениями Беларуси и их применением (табл. 7).

Таблица 7. **Лекарственные растения и их применение**

Растение	Применение
Подорожник большой	Сок и настой из листьев используют при лечении заболеваний желудочно-кишечного тракта, как противовоспалительное и ранозаживляющее средство. Экстракт листьев применяется в терапии верхних дыхательных путей. Компрессы из измельченных свежих листьев эффективны при лечении ссадин, порезов, язв
Ромашка лекарственная, или аптечная	Настой соцветий применяют для полоскания ротовой полости и зева при ангине, ларингите. Ромашку часто используют в лекарственных сборах в комбинации с другими растениями. В качестве примочек или компрессов используется при экземе, нарывах, ожогах, отморожениях и язвах
Береза повислая	Настой и отвар из свежих листьев обладают мочегонным и потогонным действием. Из них делают компрессы для снятия болей при ревматизме и невралгии. Березовый сок применяется при некоторых заболеваниях легких, как общеукрепляющее средство. Древесный березовый уголь (карболен, или активированный уголь) используется как адсорбирующее средство

Правообладатель Народная асвета

Продолжение

Растение	Применение
Шиповник майский	Чай и настой из плодов обладают общетонизирующим, противовоспалительным, общеукрепляющим действием. Настой из плодов применяется в комплексной терапии сахарного диабета, для уменьшения содержания холестерина в крови, снижения СОЭ (скорости оседания эритроцитов). Препараты из растения применяются для лечения заболеваний кожи
Валериана лекарственная	Препараты из корней растения используются как успокаивающее средство при нервном возбуждении, гипертонической болезни, бессоннице, для улучшения пищеварения, как желчегонное средство в дерматологии, а также при лечении заболеваний щитовидной железы и астмы. Экстракт валерианы входит в состав таких препаратов, как корвалол, валокордин
Одуванчик лекарственный	Препараты из цветков, корней, листьев применяются для возбуждения аппетита и улучшения пищеварения, как потогонное, желчегонное, отхаркивающее, тонизирующее и повышающее защитные свойства организма средство. Корни используют при диабете и как антисклеротическое средство
Черника обыкновенная	Настой и отвар из ягод используют при болях в желудке, кишечнике, мочевом пузыре. Употребление в пищу свежих и сушеных ягод черники положительно действует на кровоснабжение сетчатки глаза, что улучшает ночное зрение. Настой листьев снижает уровень глюкозы в крови

Правообладатель Народная асвета

Продолжение

Растение	Применение
Мята перечная	Настой листьев применяют как средство для улучшения пищеварения, повышения аппетита, от спазмов в желудке, тошноты, как успокаивающее при нервном возбуждении. Экстракт травы добавляют в противовоспалительные мази, он входит в состав сердечных препаратов
Малина обыкновенная	Плоды обладают противовоспалительным, жаропонижающим и противосклеротическим действием. Они полезны как профилактическое и лечебное средство при нарушениях обмена веществ, заболеваниях дыхательных путей, гастрите, энтерите, анемии, гипертонии, сахарном диабете, экземе
Зверобой продырявленный	Препараты из облиственных стеблей с цветками и плодами широко используются при заболеваниях желудочно-кишечного тракта, сахарном диабете, для заживления ран, язв, ожогов, для лечения хронических стоматита и гайморита. Отвар ускоряет заживление язв желудка и двенадцатиперстной кишки, устраняет метеоризм
Девясил высокий	Настой из корня применяется как отхаркивающее средство при острых и хронических заболеваниях дыхательных путей, а также при пониженной кислотности желудочного сока и воспалении слизистой оболочки желудка (гастрите), язвенной болезни, для лечения заболеваний кожи и гнойных ран

Правообладатель Народная асвета

Продолжение

Растение	Применение
Брусника обыкновенная	Морс и сироп из ягод применяют при гиповитаминозах, травмах, воспалительных процессах, повышении температуры тела, после операций и тяжелых заболеваний. Наружно сок используют при заболеваниях глаз и кожи

Фитонциды. Многие растения (можжевельник, сосна, ель, береза, дуб, тополь и др.), выделяют вещества, получившие название *фитонциды* (от греч. слова *phytón* — растение и лат. *caedo* — убиваю). Фитонциды убивают микроорганизмы или предотвращают их размножение. Они способны нормализовать сердечный ритм и артериальное давление, снижать уровень сахара в крови, благоприятно воздействовать на состояние печени, а также на иммунную и нервную системы человека.

▶ **Это интересно.** Рекордсменами по выделению фитонцидов являются хвойные растения. Так, 1 га можжевельника выделяет в сутки 30 кг летучих веществ, а сосна и ель — около 20 кг. Благодаря способности растений выделять фитонциды воздух парков содержит в 200 раз меньше бактерий, чем воздух улиц.

Лекарственные растения широко используются фармацевтической промышленностью. Согласно исследованиям, только 33 % новых лекарственных средств являются синтетическими соединениями, которые не имеют аналогов в живой природе. Остальные 67 % человек берет из природы.

Для того чтобы определить и выделить химическое соединение, которое войдет в состав лекарственного средства, необходимы долгие годы работы ученых и фармацевтов.

Правила приема растительных лекарственных препаратов. Перед приемом растительных лекарственных препаратов следует обязательно проконсультироваться с врачом, который подберет необходимую дозу и разработает режим приема препарата. Самолечение может привести к отравлению. Например, продолжительное употребление донника лекарственного может вызвать головокружение, тошноту, рвоту, мигрень, сонливость, нарушение работы печени и ЦНС.

Правообладатель Народная асвета

Лекарственные растения, применяемые по назначению врача, способны не только лечить, но и увеличивать работоспособность и выносливость, улучшая качество жизни человека.

■ **Повторим главное.** Наиболее распространенными в Беларуси лекарственными растениями являются: подорожник большой, ромашка лекарственная, или аптечная, береза повислая, шиповник майский, валериана лекарственная, одуванчик лекарственный, черника обыкновенная, мята перечная, малина обыкновенная, зверобой продырявленный, девясил высокий, брусника обыкновенная и др.

Лекарственные растения содержат ценные химические вещества, в том числе витамины и фитонциды. Поэтому они широко используются как в лечебных, так и в профилактических целях. Настои, отвары, фитопрепараты из лекарственных растений легко усваиваются и имеют меньше побочных эффектов. Приобретать их надо в аптеках, а перед приемом обязательно проконсультироваться с врачом.

? Проверим знания

Ключевые вопросы. 1. Перечислите основные виды и свойства лекарственных растений, произрастающих в Беларуси. **2.** Какое влияние оказывают на организм человека фитонциды? **3.** Почему перед приемом лекарственных растений необходимо обязательно проконсультироваться с врачом?

Сложные вопросы. 1. Какие лекарственные растения, кроме перечисленных в тексте параграфа, произрастают в Беларуси? Для лечения каких заболеваний они используются? **2.** В каких случаях лекарственные растения могут причинить человеку вред?

§ 20. Основные химические загрязнители окружающей среды

- **Вспомните,** какие вредные отходы химических производств вам известны.
- **Как вы думаете?** Возможна ли технологическая деятельность человека без загрязнения окружающей среды?
- **Вы узнаете** об основных загрязнителях окружающей среды и их опасности для здоровья человека.

В настоящее время проблема загрязнения окружающей среды на планете Земля стоит очень остро. В этом параграфе мы рассмотрим основные виды загрязнителей.

Правообладатель Народная асвета

Взвешенные частицы. Опасными загрязнителями окружающей среды являются частицы, которые из-за малых размеров (от 0,0001 до 0,1 мм) получили название ***взвешенных***. Они представляют собой смесь пыли, золы, сажи, дыма, сульфатов, нитратов и других химических соединений. Находясь во взвешенном состоянии в воздухе, эти частицы попадают в дыхательные пути и могут стать причиной развития болезней легких, онкологических и сердечно-сосудистых заболеваний. Так, по данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) каждая восьмая смерть на планете связана с загрязнением воздуха.

▶ **Это интересно.** В зависимости от отрасли промышленности 40—45 % взвешенных частиц приходится на пыль, содержащую оксид кремния, 30 % составляет древесная пыль, 10—12 % — пыль цементного производства, на долю оксидов железа, марганца, алюминия, кадмия приходится около 13 %.

Оксиды азота — еще одна группа загрязнителей окружающей среды. В значительной степени повышают концентрацию оксидов азота в городском воздухе выхлопные газы автотранспортных средств, теплоэлектростанции, процессы сжигания твердых отходов, а также заводы, производящие азотную кислоту и различные удобрения.

Из оксидов азота самым опасным для окружающей среды и здоровья человека является ***диоксид азота*** (NO_2). Бурый оттенок газообразного диоксида азота, получивший название *лисьи хвосты* можно наблюдать в больших городах. Связан он с выбросами некоторых химических предприятий и особенно заметен летом (рис. 23).

Рис. 23. Лисьи хвосты

У людей, подвергшихся воздействию высоких концентраций диоксида азота, чаще других наблюдаются бронхит, воспаление верхних дыхательных путей и легких.

Тяжелые металлы. В результате антропогенного загрязнения около 10 380 км^2 площади Беларуси содержит опасный уровень ***тяжелых металлов*** (кадмия, свинца, цинка, ртути и др.). По пищевым цепям эти химические элементы попада-

Правообладатель Народная асвета

ют в организм человека и отравляют его. Это приводит к расстройству пищеварения, серьезным заболеваниям легких и мозга. Также тяжелые металлы снижают иммунитет человека, способствуют росту наследственных заболеваний.

Промышленные стоки загрязняют водоемы железом, цинком, марганцем, медью, нефтепродуктами. В Беларуси наиболее загрязнена река Свислочь, а Западная Двина и Неман — самые чистые реки.

Радионуклиды. 26 апреля 1986 г. в результате аварии на Чернобыльской атомной электростанции (ЧАЭС) произошел выброс ***радионуклидов***, загрязнивших 23 % территории Беларуси. Через 34 года после катастрофы основными загрязнителями окружающей среды остаются изотопы Cs-137, Sr-90 и Am-241. Большая часть этих элементов сосредоточена на территории Полесского государственного радиационно-экологического заповедника (ПГРЭЗ). В заповеднике проводятся только научные исследования, контролируется состояние воды, флоры и фауны. Здесь запрещена всякая хозяйственная деятельность, установлен контрольно-пропускной режим. Именно поэтому вмешательство в природную среду в заповеднике минимально (рис. 24).

Рис. 24. На территории ПГРЭЗ многочисленна и разнообразна флора и фауна

▶ **Это интересно.** Отсутствие антропогенной нагрузки привело к тому, что ПГРЭЗ по богатству флоры стоит в одном ряду с Березинским биосферным заповедником и национальными парками. Современная флора ПГРЭЗ включает более тысячи видов растений. Из них порядка 50 видов занесены в Красную книгу Республики Беларусь. На территории заповедника зарегистрировано около 60 видов млекопитающих, что составляет 72 % от видового состава млекопитающих Беларуси. В 1996 г. из Национального парка «Беловежская пуща» в ПГРЭЗ завезли 16 европейских зубров. В настоящий момент численность популяции зубров составляет более 150 особей.

Правообладатель Народная асвета

Бытовые отходы. В процессе жизнедеятельности человека образуется большое количество отходов. Большинство из них являются твердыми (ТБО). Это пластик, картон, полиэтилен, вышедшие из употребления предметы из металла, стекла, устаревшие бытовые приборы, пищевые отходы.

Как вы уже знаете из курса химии 9-го класса, в Республике Беларусь ежегодно скапливается более 3 млн т бытовых отходов. Это составляет в среднем 400 кг в год на человека.

При разложении отходов в результате жизнедеятельности различных микроорганизмов образуется *свалочный газ,* содержащий около 140 токсичных химических соединений. Основу свалочного газа составляют метан (40—75 %) и углекислый газ (25—45 %). Также при гниении белковых продуктов выделяется сероводород (имеет характерный запах тухлых яиц). В составе бытовых отходов содержится много пластмассовых изделий, срок разложения которых в природной среде исчисляется сотнями лет. При этом выделяются токсические вещества, отравляющие почву и воду.

В Беларуси ежегодно для захоронения мусора отчуждается около 100 км^2 земель, пригодных для более важных нужд. Мусороперерабатывающие заводы в нашей стране работают в Минске, Гродно, Гомеле, Барановичах, Могилеве, Бресте. Их суммарная мощность составляет около 500 тыс. т отходов в год. Но этих мощностей явно недостаточно, так как только жители столицы отправляют на свалку в среднем около 1,1 млн т отходов.

Сегодня каждый человек должен понимать, что мусор — это использованные ресурсы планеты, которые постоянно истощаются. Поэтому отходы пластмасс, бумаги, стекла, старую бытовую технику, батарейки необходимо собирать отдельно в контейнеры для раздельного сбора мусора (рис. 25). Тогда они превратятся в полезные вторичные ресурсы и пере-

Рис. 25. Контейнеры для раздельного сбора мусора

Правообладатель Народная асвета

станут быть опасными для природы и человека. Например, пластиковые бутылки превратятся в сырье для новых пластиковых изделий, стеклобой будет использоваться в строительстве, а прессованные мусорные пакеты «переродятся» в тратуарную плитку.

▶ **Это интересно.** Лидером по переработке мусора в Европе является Германия. На одного среднестатистического жителя этой страны приходится 618 кг мусора в год. Граждане Германии обязаны разделять мусор на макулатуру, стекло, органические отходы (биомассу), металлы и пластмассы. Кроме того, стекло, идущее на утилизацию, сортируется жителями по цветам. В стране перерабатывается или утилизируется 64 % всех отходов. Интересно, что за переработку (рециклинг) пластиковых и стеклянных упаковок ответственны их производители. Средства на это заложены в стоимость продуктов. В Германии ежегодно перерабатывается сырье на сумму 500 млрд евро. При сжигании мусора выделяется энергия, которую применяют для отопления и горячего водоснабжения. Согласно статистике, 14 % сырья немецкая промышленность получает именно из отходов.

■ **Повторим главное.** Опасными химическими загрязнителями для окружающей среды и здоровья человека являются взвешенные частицы, оксиды азота и углерода, тяжелые металлы, радионуклиды. Одна из серьезных экологических проблем — загрязнение территории Беларуси бытовыми отходами, для захоронения которых ежегодно отчуждается около 100 км^2 земель. Основное количество «чернобыльских» радионуклидов сосредоточено на охраняемой территории ПГРЭЗ.

? Проверим знания

Ключевые вопросы. 1. Какое влияние на окружающую среду и здоровье человека оказывают взвешенные частицы и тяжелые металлы? **2.** Какую опасность для здоровья человека представляет диоксид азота? **3.** Какие радионуклиды после аварии на ЧАЭС остаются основными загрязнителями окружающей среды? В чем заключается их опасность для здоровья человека?

Сложные вопросы. 1. Какой вид техногенной деятельности, по вашему мнению, наиболее опасен для окружающей среды и здоровья человека? Ответ аргументируйте. **2.** Почему загрязнение окружающей среды бытовыми отходами является серьезной экологической проблемой? Предложите пути ее решения.

Правообладатель Народная асвета

§ 21. Влияние электромагнитного загрязнения на человеческий организм

- **Вспомните,** что вы знаете о влиянии магнитного поля Земли на живые организмы.
- **Как вы думаете?** В чем заключается опасность электромагнитного излучения мобильного телефона, компьютера и телевизора для вашего здоровья?
- **Вы узнаете** об основных источниках электромагнитного излучения и его негативном влиянии на здоровье человека.

Электромагнитное излучение (ЭМИ) — это явление, процесс, при котором энергия излучается источником в пространство в виде электромагнитных волн.

Биологическое действие ЭМИ зависит от длины его волны. Источники электромагнитных излучений и интервалы длин волн представлены в таблице 8.

Таблица 8. **Источники и интервалы длин волн электромагнитных излучений**

Электромагнитное излучение (ЭМИ)	Интервал длин волн, м (вакуум)	Источники излучения
Радиоволновое	$1 \cdot 10^{5}$—$1 \cdot 10^{-1}$	Радиоприборы
Микроволновое	$1 \cdot 10^{-1}$—$1 \cdot 10^{-4}$	Лазеры, полупроводниковые приборы
Инфракрасное	$1 \cdot 10^{-4}$—$7 \cdot 10^{-7}$	Космическое излучение, солнце, электролампы
Видимое	$7 \cdot 10^{-7}$—$4 \cdot 10^{-7}$	Солнце, люминесцентные лампы, электролампы
Ультрафиолетовое	$4 \cdot 10^{-7}$—$3 \cdot 10^{-8}$	Солнце, космическое излучение, электролампы
Рентгеновское	$3 \cdot 10^{-8}$—$1 \cdot 10^{-10}$	Рентгеновские трубки, радиоактивные изотопы
Гамма-излучение	$1 \cdot 10^{-10}$—$1 \cdot 10^{-13}$	Радиоактивные распады

Чем меньше длина волны, тем большую опасность представляет ЭМИ для здоровья человека, особенно в случае превышения санитарных норм.

Правообладатель Народная асвета

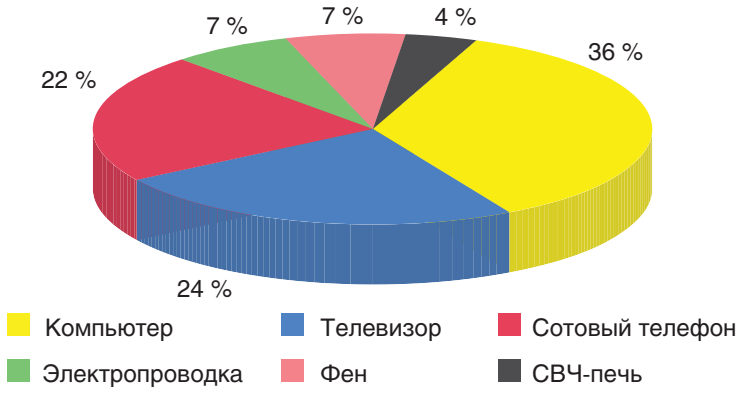


Рис. 26. Основные источники ЭМИ

Эта опасность обусловлена тем, что интенсивность электромагнитного излучения техногенного происхождения во много раз превышает интенсивность естественного электромагнитного фона, и его воздействие незаметно.

Для нас с вами основные источники ЭМИ — это компьютер, телевизор, сотовый телефон, бытовые приборы. Их примерный вклад в электромагнитное загрязнение организма представлен на рисунке 26.

Особую чувствительность к влиянию ЭМИ проявляют нервная, эндокринная, иммунная, сердечно-сосудистая и половая системы человека (табл. 9).

Таблица 9. **Негативное влияние ЭМИ на человеческий организм**

Система организма	Негативное влияние
Нервная	Нарушается передача нервных импульсов, ухудшается память и познавательные функции, появляется депрессия, утомляемость, раздражительность, нарушается сон
Эндокринная	Стимулируется работа гипофиза, что сопровождается увеличением содержания адреналина в крови, активизируются процессы свертывания крови
Иммунная	Течение инфекционного процесса отягощается аутоиммунной реакцией (реакцией организма на собственные антигены, т. е. появлением антител к ним, что ведет к развитию аутоиммунных заболеваний, например приобретенной анемии)

Правообладатель Народная асвета

Продолжение

Система организма	Негативное влияние
Сердечно-сосудистая	Нарушается работа сердечной мышцы, возникает аритмия, изменяется артериальное давление
Половая	Снижается активность половых клеток, отмечается патология развития плода на разных стадиях беременности, преждевременные роды

Сегодня мобильный телефон есть практически у каждого человека, и пользуется он им достаточно активно. Это означает, что каждый получает определенную долю электромагнитного излучения. Можно снизить негативное влияние ЭМИ, если придерживаться следующих рекомендаций.

1. Внимательно изучайте инструкции по технике безопасности при работе с электроприборами.
2. Держите мобильный телефон подальше от уха.
3. По возможности сокращайте время пользования приборами, чтобы снизить негативное влияние на сетчатку глаз. Это особенно опасно для детей и беременных женщин, пользователей со слабым иммунитетом, аллергией, сердечно-сосудистыми заболеваниями.
4. Не группируйте электроприборы и мобильные устройства в одном месте, не располагайте их рядом с местами отдыха и сна.

■ **Повторим главное.** Электромагнитное излучение, превышающее санитарные нормы, негативно влияет на нервную, сердечно-сосудистую, половую, иммунную и эндокринную системы, а также на головной мозг человека. Для уменьшения негативного воздействия электромагнитные излучатели надо размещать так, чтобы они не усиливали друг друга и не находились рядом с местами отдыха и сна.

? Проверим знания

Ключевые вопросы. 1. В чем заключается опасность ЭМИ для человеческого организма? **2.** Какой негативный эффект оказывают ЭМИ на нервную и иммунную системы? **3.** В каких случаях мобильные телефоны представляют опасность для здоровья человека? Как можно уменьшить их негативное воздействие?

Сложные вопросы. 1. На каком расстоянии от органа слуха рекомендуется держать мобильный телефон? Ответ аргументируйте. **2.** Почему и с какой периодичностью каждому человеку необходимо проходить флюорографическое обследование?

Правообладатель Народная асвета

§ 22. Техногенные шум и вибрация — современные источники опасности для здоровья человека

- **Вспомните,** как устроен орган слуха человека.
- **Как вы думаете?** Могут ли шум и вибрация представлять угрозу для здоровья человека? Ответ аргументируйте.
- **Вы узнаете** о негативном влиянии на здоровье человека техногенных шума и вибрации.

Шум. Механические волны, вызывающие у человека слуховые ощущения, называются ***звуком***. Беспорядочное сочетание разных по силе и частоте звуков — это ***шум***. Уровень интенсивности звука измеряется в децибелах (дБ) (табл.10).

Таблица 10. **Уровень интенсивности звуков**

Источник звука	Уровень интенсивности (дБ)
Шелест листьев на ветру	10—15
Обычный разговор	30—35
Интенсивное автомобильное движение	60
Работающий пылесос	80
Шум от поездов	100
Раскат грома	110

Установлено, что шум по влиянию на здоровье человека подразделяется на:

- *препятствующий* разговорной речи;
- *раздражающий* — вызывает нервное напряжение, снижение работоспособности и общее переутомление;
- *вредный* — вызывает развитие хронических заболеваний, ухудшение слуха, гипертонию;
- *травмирующий* — ускоряет реакции обмена веществ, ухудшает кровоснабжение кожного покрова и усиливает напряжение мышц.

Например, дети, которые подвергаются систематическому шумовому воздействию мощностью от 68 дБ и более, рискуют получить нарушения работы вегетативной нервной системы. Установлено, что подростки, которые большую часть времени находятся под воздействием шума, намного быстрее теряют концентрацию внимания.

Правообладатель Народная асвета

Продолжительный шум мощностью более 90 дБ может привести к частичной потере слуха. Музыкальный концерт с уровнем громкости 100—120 дБ является серьезным испытанием для ушей. Аудиоплеер воспроизводит звук 110 дБ и более, поэтому даже в высокотехнологичных наушниках нельзя подолгу слушать громкую музыку. Помните, что применение аудиоплееров с наушниками в виде слуховых вкладышей уже в 30—40 лет способно привести к тугоухости.

Установлено, что к профессиональной глухоте приводит длительное воздействие шума в 80—90 дБ, а при уровнях звука свыше 160 дБ возможен даже разрыв барабанных перепонок.

▶ **Это интересно.** Шум от пролетающего реактивного самолета угнетающе действует на пчел, и они теряют способность ориентироваться на местности. При воздействии интенсивных звуков коровы дают меньше молока, куры реже несутся, птицы начинают усиленно линять, задерживается прорастание семян и даже наступает разрушение растительных клеток. Шум в океане, вызванный военными сонарами, а также аппаратурой, применяемой в нефтегазовой отрасли, представляет серьезную угрозу для китов.

Согласно санитарным нормам, для жилых помещений предельно допустимый уровень шума днем составляет 55 дБ, а ночью — 45 дБ. В выходные и праздничные дни запрещены работы, производящие шум или вибрацию. После 23 ч необходимо соблюдать полную тишину.

В противоположность техногенному шуму пение птиц, журчание ручья или шелест листвы благотворно влияют на физиологическое и эмоциональное состояние человека.

Вибрация. Производственное оборудование и транспортные средства создают механические колебания, которые передаются человеку. Эти колебания получили название ***вибрация***.

В условиях жилой среды вибрация может действовать круглосуточно, вызывая раздражение, нарушая отдых и сон человека. Ее источниками являются проходящие недалеко от жилых домов железнодорожные составы, трамваи, а в крупных городах — поезда метрополитена.

У человека, который постоянно подвергается вибрации, возникают расстройства здоровья — заболевания ЦНС, сердечно-сосудистой системы, желудочно-кишечного тракта, органов равновесия. Происходит смещение внутренних органов, дистрофические изменения в тканях.

Длительное воздействие вибрации приводит к профессиональному заболеванию — *вибрационной болезни*. Это заболевание вызвано патологи-

Правообладатель Народная асвета

ческими изменениями в работе центральной нервной системы. К профессиям, входящим в группу риска по развитию вибрационной болезни, относятся: бурильщики, полировщики, камнерезчики, шлифовщики, асфальтоукладчики, водители трамваев и др. Меры профилактики вибрационной болезни предусматривают использование спецодежды и приспособлений, гасящих вибрацию, сокращение времени контакта с виброинструментом, своевременное прохождение медосмотров, а также периодический самомассаж конечностей.

■ **Повторим главное.** Повышенный уровень шума вызывает ухудшение слуха, нервное напряжение, снижение работоспособности, переутомление, способствует развитию гипертонии. Вибрация отрицательно воздействует на ЦНС и сердечно-сосудистую систему, желудочно-кишечный тракт, органы равновесия.

? Проверим знания

Ключевые вопросы. 1. Перечислите техногенные источники шума, с которыми сталкивается современный человек. **2.** Какие нарушения здоровья вызывает у человека повышенный уровень шума? **3.** Почему даже в высокотехнологичных наушниках нельзя подолгу слушать громкую музыку? **4.** Какие расстройства здоровья возникают у человека, который регулярно подвергается вибрации? Какие профессии входят в группу риска по развитию вибрационной болезни?

Сложные вопросы. 1. Объясните, почему пение и игра на музыкальных инструментах, в отличие от техногенных шумов, благотворно влияют на физиологическое и эмоциональное состояние человека. **2.** Почему рабочие, использующие вибрационный инструмент, имеют право раньше выходить на пенсию? Ответ обоснуйте.

§ 23. Компоненты пищи и их функции

- **Вспомните,** какие полезные питательные вещества содержатся в пищевых продуктах.
- **Как вы думаете?** Может ли пища быть лечебным средством? Ответ аргументируйте.
- **Вы узнаете** о компонентах пищи и их функциях.

От правильного питания зависит жизнеспособность и работоспособность человека, а также его устойчивость к воздействию внешней среды. Пища человека включает продукты растительного, животного, минерального происхождения, а также компоненты, получаемые синтетическим путем.

Правообладатель Народная асвета

Основные функции и источники компонентов пищи. Все пищевые продукты содержат необходимые организму компоненты: **питательные вещества** (белки, жиры, углеводы), витамины, минеральные соли, воду. Их основные функции и источники представлены в таблице 11.

Таблица 11. **Основные питательные вещества**

Компонент пищи	Основные функции	Источники
Белки	Строительный материал для новых тканей и замены отмерших клеток	Мясо, молоко, творог, сыр, хлеб, горох, фасоль, гречневая крупа
Жиры	Источник энергии, транспорт жирорастворимых витаминов	Масло растительное и сливочное, авокадо, орехи, семена
Углеводы	Основной источник энергии	Мучные изделия, фасоль, чечевица, горох, соя, картофель, фрукты
Витамины	Участие в обмене веществ, благотворное действие на нервную систему, обеспечение нормального роста и развития организма	Овощи и фрукты, растительное масло, рыба, рыбий жир и печень
Минеральные вещества	Поддержание постоянства внутренней среды организма, участие в свертывании крови, передаче нервных импульсов и транспорте веществ	Поваренная соль, рыба, яйца, хлеб, минеральная вода, овощи, фрукты
Вода	Основная среда для протекания обмена веществ	Питьевая вода, соки, вода в составе пищевых продуктов

Часть компонентов пищи, которые не могут синтезироваться в организме человека, называются *незаменимыми*. К ним относятся вода, ряд витаминов, минеральные соли и некоторые аминокислоты. Следовательно, получить эти компоненты человек может только с пищей.

Суточная потребность в воде для взрослого человека составляет 30—40 г на 1 кг массы тела и зависит от климатических условий, образа жизни и состояния здоровья. При этом в виде жидкости потребляется примерно 48 % суточной нормы, 40 % поступает в виде пищи и 3 % образуется не-

Правообладатель Народная асвета

посредственно в организме в результате биохимических процессов. Чтобы избежать отравления, рекомендуется употреблять бутилированную или кипяченую воду, а также воду из источников, которая прошла лабораторную проверку.

Энергетическая ценность (калорийность) пищи определяется количеством энергии, которая высвобождается из пищевых продуктов в процессе ее усвоения. Она используется для обеспечения физиологических функций организма.

Минимальное количество энергии, необходимое для осуществления функционирования органов и их систем в состоянии температурного комфорта (20 °С), полного физического и психического покоя натощак, называется *величиной основного обмена*. В среднем она составляет 4,2 кДж на 1 кг массы тела в час. У мужчин с массой тела 70 кг основной обмен составляет около 7113 кДж в сутки, а у женщин с массой тела 55 кг — около 5858 кДж в сутки. Стрессовые состояния и гиперфункция щитовидной железы иногда повышают основной обмен до значительных величин.

Разные виды деятельности требуют от человека различных энергетических затрат (табл. 12).

Таблица 12. **Приблизительные энергетические затраты человека**

Вид деятельности	Энергетические затраты (кДж) за 1 ч на 1 кг массы тела
Состояние покоя: в положении сидя в положении стоя	4,2 5,9 6,3
Умственная работа сидя	9,0
Ходьба	11,7—13,4
Работа плотника	17,9
Работа каменщика	23,9

Основными источниками энергии являются углеводы (42 %) и жиры (40 %). Количество энергии, выделяющейся при окислении 1 г белков и 1 г углеводов, составляет примерно 17 кДж, а 1 г жиров — 39 кДж.

Рациональное питание. Для полноценного обеспечения жизненных потребностей организма необходимо рациональное питание. ***Рациональное питание*** — это сбалансированное и разнообразное питание. Суть его заключается в том, что количество и калорийность пищи должны

Правообладатель Народная асвета

соответствовать энергетическим затратам и физиологическим потребностям организма. Пищевой рацион должен иметь оптимальное соотношение белков, жиров, углеводов. Если количество пищевого белка принять равным 1, то оптимальное соотношение белков, жиров и углеводов выразится примерным соотношением 1 : 1 : 4. В среднем для взрослого человека суточная потребность в белках составляет 100 г, в жирах — 100 г, в углеводах — 400 г.

В пищевой рацион следует ежедневно включать такие богатые витаминами продукты, как хлеб из муки грубого помола, фрукты, свежую зелень. Следует как можно чаще употреблять низкокалорийные овощи и фрукты, которые содержат много витаминов, минеральных веществ, пектина, клетчатки.

Например, природный полисахарид пектин не только улучшает перистальтику кишечника, но и благотворно влияет на сердечно-сосудистую систему, повышает иммунитет и уменьшает риск возникновения онкологических заболеваний. Большое количество пектина содержится в яблоках, смородине, шиповнике, сливе, рябине.

Растительная клетчатка очищает стенки желудка от непереваренных остатков пищи, стимулирует перистальтику кишечника. Освобожденный от шлаков организм быстрее расщепляет и усваивает продукты питания, максимально всасывая из них витамины и минералы. Грубые волокна растительного происхождения снижают риск развития заболеваний сердца и сосудов, снижают вероятность инфаркта.

▶ **Это интересно.** Сушеные финики содержат большое количество кальция, стимулирующего рост и восстановление костной ткани. Поэтому рекомендуется добавлять их в рацион во время восстановления после травм и переломов. Большая концентрация калия в плодах оказывает положительное воздействие на сердечно-сосудистую систему. Важную роль играют органические соединения фиников. Они улучшают познавательные функции головного мозга, в том числе память, концентрацию внимания, мыслительную активность.

■ **Повторим главное.** В пище содержатся все необходимые для существования человека компоненты. К ним относятся белки, жиры, углеводы, витамины, вода, минеральные вещества. Такие компоненты, как вода, минеральные вещества, некоторые витамины и аминокислоты, не образуются в организме в достаточном количестве, поэтому они называются незаменимыми. Получить их можно только с пищей. Для полноценной жизни человеку необходимо рациональное питание.

Правообладатель Народная асвета

? Проверим знания

Ключевые вопросы. 1. Из каких основных компонентов состоит пища? Какова функция каждого компонента? **2.** Какие вещества относятся к незаменимым в питании человека? **3.** В чем заключается рациональное питание?

Сложные вопросы. 1. Почему белки, жиры, углеводы и другие вещества животного происхождения усваиваются человеческим организмом лучше, чем вещества растительного происхождения? **2.** По данным ВОЗ, суточный поддерживающий рацион для человека с массой тела 70 кг составляет 9660 кДж. Используя данные таблицы 12, рассчитайте собственные энергетические затраты за 24 ч с учетом занятий в урочное и во внеурочное время. Исходя из правил рационального питания, составьте свой суточный рацион.

§ 24. Роль пищевых добавок в продовольственной индустрии

- **Вспомните,** из каких основных веществ состоят пищевые продукты.
- **Как вы думаете?** Для какой цели используются пищевые добавки в продовольственной индустрии?
- **Вы узнаете** о классификации и роли наиболее распространенных пищевых добавок.

Применение пищевых добавок имеет длинную историю, потому что люди постоянно искали способы улучшить вкус, запах и цвет пищи. Например, древние египтяне применяли при приготовлении пищи уксус и мед. Древние греки и римляне для консервирования мяса использовали мед, раствор древесного угля, горячий говяжий жир.

Быстрорастущая торговля и необходимость транспортировки товаров на большие расстояния породили необходимость делать запасы продовольствия на длительные сроки, сохраняя их питательные и вкусовые свойства. Например, соль использовали для того, чтобы не портилась рыба, а масло сохраняло свои свойства. Для продления сроков хранения овощей применялся яблочный уксус. На кораблях перед длительным плаванием мясо обрабатывали солью, перцем, полынью, чабрецом и крапивой, которые препятствовали активному размножению болезнетворных микроорганизмов, гниению и порче.

Основные причины широкого использования пищевых добавок. Значительный рост численности населения Земли вызвал необходимость увеличения объемов производства продуктов питания. Для улучшения их внешнего вида, органолептических свойств (вкуса, цвета, запаха) и сохранения качества в пищевой промышленности стали активно применяться ***пищевые добавки***. Их получают из натурального сырья или

Правообладатель Народная асвета

синтезируют химическим путем. Существуют следующие основные причины широкого использования пищевых добавок.

1. Благодаря пищевым добавкам становятся возможными хранение и транспортировка продуктов питания (в том числе скоропортящихся и быстро черствеющих) на большие расстояния.
2. Пищевые добавки придают продуктам питания отличный внешний вид и вкусовые качества без повышения стоимости.
3. С использованием пищевых добавок появляется возможность создания новых видов продуктов питания, отвечающих современным требованиям.

Классификация пищевых добавок. Каждая добавка имеет уникальный номер, начинающийся с буквы «Е». Буквенные коды «Е» (первая буква в слове «Europe») — это система идентификации, разработанная в Европе. Также код Е идентифицируют со словами «*essbar*/*edible*», которые в переводе означают «съедобный».

В Беларуси разрешены к применению только добавки, которые прошли строгую проверку на безвредность для здоровья человека. Они нумеруются в зависимости от функционального назначения. Характеристика наиболее распространенных пищевых добавок приведена в таблице 13.

Таблица 13. **Характеристика пищевых добавок**

Функциональные классы	Основные технологические функции
Красители (от Е100 до Е180)	Усиливают или восстанавливают окраску пищевой продукции. К натуральным красителям относится хлорофилл (Е140) и его производные — окрашиваются продукт в зеленый цвет (получают из хвои, листьев крапивы). Применяются для подкрашивания кондитерских изделий, безалкогольных напитков
Консерванты (от Е200 до Е297)	Продлевают срок годности пищевой продукции путем защиты от микроорганизмов. Так, сорбиновая кислота (Е200) и ее соли (Е201–Е203) применяются при консервировании овощных, фруктовых, мясных, рыбных продуктов, в производстве сыров

Правообладатель Народная асвета

Продолжение

Функциональные классы	Основные технологические функции
Антиокислители (от Е300 до Е399)	Предназначены для замедления процесса окисления и увеличения сроков годности пищевой продукции. Например, лимонная кислота (Е330) имеет мягкий, приятный, кислый вкус. Ее получают биохимическим путем или из лимонного сока
Стабилизаторы (от Е400 до Е496)	Улучшают консистенцию продукта или способствуют его длительному хранению. Добавка гуммиарабик (Е414) обладает выраженным лечебным действием, очищает организм от токсинов
Эмульгаторы (от Е500 до Е585)	Создают и поддерживают однородную смесь из тех продуктов, которые обычно не смешиваются (например, жиров с водой и воздухом). Делают консистенцию продуктов густой, кремообразной или вспененной. Компонент пищевых эмульсий — лецитин (Е322) — натуральное вещество. Он позволяет смешивать воду и масло, создавая стойкие эмульсии, например майонез
Усилители вкуса и аромата (от Е620 до Е641)	Предназначены для усиления или придания пищевому продукту природного вкуса и аромата. Например, глутаминовую кислоту и ее соли (Е621–Е624) применяют при производстве мясных консервов, пищевых концентратов первых и вторых блюд

Правообладатель Народная асвета

Рис. 27. Код Е на упаковке продукта

Следует подчеркнуть, что одни и те же вещества могут быть и консервантами, и антиокислителями одновременно.

Маркировка пищевых добавок. При использовании пищевых добавок на упаковке товара указывается наименование их функционального класса и код Е с номером (рис. 27).

Необходимо помнить, что неумеренное потребление продуктов, содержащих различные пищевые добавки, может привести к нарушению обмена веществ. В производстве продуктов детского питания пищевые добавки практически не используются, а применяющиеся не вызывают каких-либо неблагоприятных последствий даже при систематическом включении в рацион ребенка. В диетическом питании использование пищевых добавок ограничено.

■ **Повторим главное.** Пищевые добавки применяются для улучшения внешнего вида и органолептических свойств продуктов питания, а также для их хранения и транспортировки. Каждая добавка обладает цифровым номером, которому предшествует буква «Е». В Беларуси разрешены только те добавки, которые прошли строгую проверку на безопасность для здоровья человека.

? Проверим знания

Ключевые вопросы. 1. Чем обусловлено широкое использование пищевых добавок? **2.** С какой целью разработана система нумерации пищевых добавок? **3.** Охарактеризуйте наиболее распространенные функциональные классы пищевых добавок, разрешенных к применению в Республике Беларусь.

Сложные вопросы. 1. Возможно ли производство современной пищевой продукции без пищевых добавок? Ответ обоснуйте. **2.** Как вы думаете, почему в производстве продуктов детского питания пищевые добавки практически не используются, а в диетическом питании их использование ограничено?

Правообладатель Народная асвета

§ 25. Пути загрязнения пищевых продуктов и контроль их безопасности

- **Вспомните,** какие последствия для здоровья человека могут иметь пищевые отравления.
- **Как вы думаете?** Возможно ли в современном мире производство экологически чистых продуктов?
- **Вы узнаете** о наиболее важных показателях, лимитирующих содержание различных вредных веществ в пищевых продуктах.

Пути загрязнения пищевых продуктов. В процессе технологической деятельности человека происходит загрязнение окружающей среды такими вредными веществами, как радионуклиды, тяжелые металлы, нитраты. Они могут попадать в организм человека из воздуха, воды и пищевых продуктов растительного и животного происхождения. В пищу вредные вещества попадают из почвы, подземных и поверхностных вод, сельскохозяйственного сырья (рис. 28).

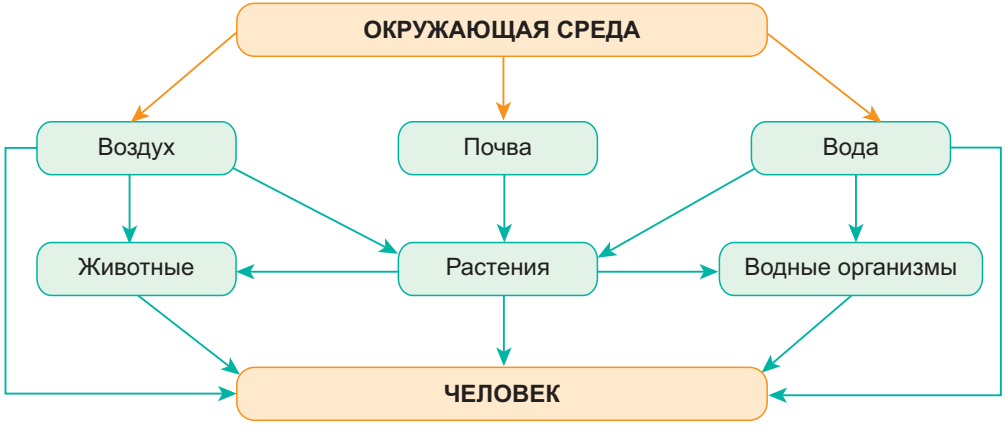


Рис. 28. Пути поступления вредных веществ в организм человека

Заболевания, связанные с химическим загрязнением продуктов питания. Химические загрязнители пищи могут вызывать серьезные заболевания (табл. 14).

Правообладатель Народная асвета

Таблица 14. **Негативное влияние химических загрязнителей на организм человека**

Загрязнители	Основные заболевания
Соединения тяжелых металлов (кадмий, ртуть, свинец)	Острые и хронические пищевые отравления, поражение сердечно-сосудистой, мочеполовой и нервной систем
Цезий-137	Поражение печени, заболевания пищеварительной, нервной, сердечно-сосудистой и эндокринной систем, онкологические заболевания
Стронций-90	Лейкемия (рак крови), онкология костной ткани и молочных желез
Нитраты, нитриты	Острые отравления, нарушения обмена веществ, аллергия, нервные расстройства, злокачественные новообразования
Пестициды	Поражения печени, ЦНС, онкологические заболевания

Кроме загрязнителей, продукты питания могут содержать болезнетворные бактерии, вирусы, паразитов. Такие продукты питания являются причиной более 200 заболеваний. Вследствие значительного загрязнения окружающей среды вредными веществами, которые по пищевым цепям попадают в пищу человека, практически очень сложно получить абсолютно чистые продукты. Поэтому, чтобы уберечь человека от вредного влияния загрязнителей, установлены показатели их безопасного содержания в пищевой продукции.

Контроль безопасности пищевых продуктов. Наиболее важным показателем, лимитирующими содержание различных химических веществ в продовольственном сырье, является ***предельно допустимая концентрация (ПДК)***. ПДК измеряется в мг/л, мг/м^3, мг/кг и обозначает максимальную концентрацию вредного вещества в окружающей среде и в живом организме, которая не оказывает негативного воздействия.

Например, ПДК нитратов для томатов составляет 200 мг/кг, для огурцов — 300 мг/кг, для капусты — 1500 мг/кг. Исходя из того, что до-

Правообладатель Народная асвета

пустимая суточная доза нитратов для человека составляет 5 мг/кг массы тела, легко рассчитать свой суточный дозовый предел по этим веществам.

В Беларуси пищевая продукция проходит строгий контроль содержания опасных для здоровья человека веществ. На основании Закона Республики Беларусь «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» установлены санитарные нормы и правила в области безопасности и качества продуктов питания.

Для обеспечения продовольственной безопасности в Республике Беларусь действует *Республиканский контрольно-испытательный комплекс по качеству и безопасности продуктов питания*. В комплексе работают лаборатории физико-химических, токсикологических и микробиологических исследований. Сам комплекс входит в структуру Научно-практического центра Национальной академии наук Беларуси по продовольствию. Центр охватывает своей деятельностью все отрасли пищевой промышленности Беларуси. Девиз работы центра: «Здоровье нации — в здоровом питании». В настоящее время это ведущая научно-исследовательская организация в пищевой промышленности страны. Именно здесь концентрируются инновационные решения для создания новых экологически безопасных продуктов питания, которые могут быть конкурентоспособны на мировом уровне.

■ **Повторим главное.** Основными загрязнителями пищи являются радионуклиды, тяжелые металлы, нитраты, которые, попадая в организм человека, вызывают серьезные заболевания. Важнейшим показателем, лимитирующим содержание вредных веществ в продуктах питания, является предельно допустимая концентрация (ПДК). В Беларуси на основании законодательной базы осуществляется строгий контроль за безопасностью пищевой продукции.

? Проверим знания

Ключевые вопросы. 1. Каким образом химические вещества могут попадать в пищевые продукты из окружающей среды? **2.** Перечислите основные загрязнители продуктов питания. **3.** Что такое ПДК? **4.** Какой ущерб здоровью человека наносят токсические вещества? Приведите примеры.

Сложные вопросы. 1. Почему в организме человека может происходить накопление ядов? **2.** Объясните, почему ПДК нитратов для разных овощей отличается.

Правообладатель Народная асвета

§ 26. Сертификация пищевых продуктов в Беларуси

- **Вспомните,** какими путями вредные для здоровья вещества попадают в организм человека.
- **Как вы думаете?** Чем обусловлена необходимость создания международного пищевого законодательства?
- **Вы узнаете** о порядке сертификации пищевой продукции.

В ходе научных исследований было установлено, что приблизительно 70 % токсичных веществ поступает в организм человека с пищей. Этот факт обусловил создание международного пищевого законодательства, получившего название «Кодекс Алиментариус» (от лат. *Codex Alimentarius* — Пищевой Кодекс) (рис. 29).

По своей сути «Кодекс Алиментариус» — это свод пищевых международных стандартов, которые охватывают основные продукты питания и полуфабрикаты.

В Беларуси показатели качества и нормы безопасности пищевой продукции установлены в таких нормативных документах, как технические регламенты, технические условия, национальные и межгосударственные стандарты.

Технические регламенты, технические условия, национальные стандарты и «ГОСТы». ***Технические регламенты*** устанавливают обязательные технические требования, связанные с безопасностью продукции и ее использованием. В них указаны микробиологические показатели, содержание токсичных веществ, радионуклидов.

Рис. 29. Титульный лист законодательства «Кодекс Алиментариус»

В ***технических условиях***, или ***стандартах***, устанавливаются физико-химические (содержание влаги, белка, жира, кислотность) и органолептические (вкус, цвет, запах) показатели качества пищевых продуктов.

Стандарты, применяемые в Беларуси в качестве государственных, обозначаются «СТБ» — это ***национальные стандар-***

Правообладатель Народная асвета

ты Республики Беларусь, утвержденные Государственным комитетом по стандартизации. Также в Республике Беларусь действуют ***ГОСТы*** — межгосударственные стандарты, принятые Евразийским советом по стандартизации, метрологии и сертификации, членами которого являются страны, входящие в Содружество Независимых Государств.

Сертификация пищевой продукции. Для того чтобы продукция соответствовала изложенным в нормативно-правовой документации стандартам, проводится ее сертификация. Главной целью сертификации является защита потребителей от некачественных предложений производителей и распространителей. Сертификация может быть обязательной или добровольной (рис. 30). ***Обязательной сертификации*** подлежит продукция, которая включена Госстандартом Республики Беларусь в Единый перечень продукции, подлежащей обязательной сертификации. Это все товары, связанные со здоровьем человека (лекарства, медицинское оборудование), товары для детей и подростков и др. Реализация товаров, входящих в данный перечень, без наличия сертификата качества является незаконной.

Процедуру сертификации осуществляют органы, аккредитованные в Национальной системе аккредитации Республики Беларусь. Прежде чем выдать *сертификат соответствия*, специалисты изучают документацию и проводят лабораторные испытания. Затем анализируются полученные данные, и на основе требований определенных технических регламентов, норм и стандартов принимается решение. В случае, если оно положительное, производителю или импортеру продукции выдается сертификат соответствия, который удостоверяет соответствие выпускаемой в обращение продукции требованиям нормативных документов.

Добровольная сертификация осуществляется для подтверждения высокого качества продукции, которая не включена в перечень для обязательной сертификации. Проводится она производителем или распространителем товаров с целью привлечения покупателей и роста продаж.

Рис. 30. Знаки соответствия техническому регламенту, обязательной и добровольной сертификации Республики Беларусь

Правообладатель Народная асвета

На упаковку продукции, которая прошла процедуру сертификации, ставится специальный знак соответствия. В случае добровольной сертификации знак СТБ обводится черной линией (см. рис. 30).

Если продукт произведен в соответствии с требованиями конкретного стандарта, его обозначение и номер наносят на упаковку продукта, то есть *маркируют*. Например, на упаковке зефира нанесено «СТБ 2361», это значит, что показатели качества зефира соответствуют требованиям «СТБ 2361. Изделия кондитерские пастильные. Общие технические условия».

Декларирование соответствия. Одной из форм подтверждения высокого качества и безопасности продукции является *декларирование соответствия*. Для проведения этой процедуры производитель или распространитель должен обратиться в орган по сертификации и предоставить доказательства высокого качества и безопасности продукции. В случае положительного решения заявителю выдается *декларация соответствия*, удостоверяющая соответствие выпускаемой в обращение продукции требованиям нормативных документов.

В связи со вступлением Республики Беларусь в Таможенный союз производителю необходимо также осуществлять подтверждение соответствия качества выпускаемой продукции Техническим регламентам Таможенного союза. Например, знак соответствия Евразийского экономического союза (ЕАС) означает, что продукция прошла процедуру подтверждения соответствия в форме сертификации или декларирования. Маркировка наносится на товары как произведенные на территории Таможенного союза (Армения, Беларусь, Казахстан, Кыргызская Республика, Российская Федерация), так и ввезенные из-за рубежа. Этот знак можно встретить не только на пищевых продуктах, но и на одежде, игрушках, книгах, бытовых электроприборах и других видах продукции (рис. 31).

Для подтверждения безопасности продукции для окружающей среды имеется экологический знак соответствия (рис. 32).

Рис. 31. Знак соответствия Евразийского экономического союза (ЕАС)

Рис. 32. Экологический знак соответствия

Правообладатель Народная асвета

Экологический знак соответствия наносится на продукцию, которая прошла процедуру подтверждения соответствия экологическим критериям всех необходимых технических нормативных правовых актов Республики Беларусь. Помните! Грамотные потребители покупают только ту продукцию, на которую нанесены особые знаки соответствия.

В нашей стране единую государственную политику стандартизации проводит Государственный комитет по стандартизации Республики Беларусь (Госстандарт). Центральным государственным научно-практическим предприятием Госстандарта является Белорусский государственный институт стандартизации и сертификации (БелГИСС).

▶ **Это интересно.** 25 сентября 2015 г. Республика Беларусь стала одной из 193 стран, членов ООН, которые выразили приверженность Повестке дня в области Устойчивого Развития на период до 2030 г. Повестка включает 17 целей устойчивого развития, 169 задач и 242 индикатора, которые призваны решить острейшие проблемы человечества и улучшить состояние планеты. Устойчивое развитие — это развитие общества, удовлетворяющее потребности нынешнего поколения без ущерба для потребностей будущих поколений. Госстандарт Беларуси является активным участником движения по достижению этих целей.

■ **Повторим главное.** В Беларуси осуществляется тщательный контроль за качеством пищевой продукции. Для этой цели проводится обязательная или добровольная сертификация, а также декларирование. Единую государственную политику в области стандартизации проводит Государственный комитет по стандартизации Республики Беларусь (Госстандарт).

? Проверим знания

Ключевые вопросы. 1. Чем была вызвана необходимость создания международного пищевого законодательства? Как называется международный свод пищевых международных стандартов? **2.** Для чего осуществляется сертификация пищевой продукции? Чем отличается добровольная сертификация от обязательной? **3.** Для какой цели на продукцию ставятся знаки соответствия?

Сложные вопросы. 1. На какие обозначения на упаковке пищевой продукции должен обращать внимание покупатель? Ответ аргументируйте. **2.** Что, по вашему мнению, побудило Организацию Объединенных Наций принять Повестку дня в области Устойчивого Развития на период до 2030 г.?

Правообладатель Народная асвета

§ 27. Современные упаковочные материалы

- **Вспомните,** из каких материалов изготовлена упаковка товаров, которые вы покупаете в магазинах.
- **Как вы думаете?** Имеется ли достойная альтернатива пластиковым пакетам?
- **Вы узнаете** об особенностях современных упаковочных материалов.

Каждый из нас при покупке товаров сталкивается с упаковочными материалами. Часто именно красивая упаковка становится решающим фактором выбора товара. Однако мы редко задумываемся над тем, что упаковка выполняет не только рекламную функцию. К ней предъявляются определенные требования. Давайте их рассмотрим.

Требования к упаковке. Упаковка должна, *во-первых*, служить для сохранения качества продукции, предотвращения потерь ее массы, снижения нежелательных изменений химического состава и органолептических свойств (вкуса, запаха, консистенции, окраски, внешнего вида). *Во-вторых*, она должна создавать необходимые санитарные условия, предупреждающие загрязнение продуктов, обсеменение их микроорганизмами, поражение вредителями. *В-третьих*, она должна быть удобной при транспортировке, хранении и реализации продукта — легкой и прочной, оберегать товар от деформации.

Особенности синтетической упаковки. В современном производстве для упаковки пищевых продуктов повсеместно используются пластмассы, существенным недостатком которых является то, что для их разложения необходимо длительное время (табл. 15).

Таблица 15. **Время разложения упаковочных материалов**

Упаковочный материал	Время разложения
Вощеная бумага, упаковка из ламинированного картона	5 лет
Железная консервная банка	10 лет
Алюминиевая банка	500 лет
Полиэтиленовые пакеты	200—1000 лет

Интенсивные темпы роста использования полимерной упаковки приводят к резкому увеличению количества отходов. Традиционные способы обращения с такими отходами — захоронение, сжигание — не всегда являются экологически и экономически оправданными.

Правообладатель Народная асвета

Согласно Директиве Президента Республики Беларусь, в нашей стране определен курс на поэтапное снижение использования полиэтиленовой упаковки и ее замещение экологически безопасной, в том числе из стекла и бумаги.

Экологичная упаковка. Установлено, что ежегодно в океанах нашей планеты оказывается около 8 млн т мусора, основную массу которого составляет пластик.

Заменой синтетическим материалам могут стать биоразлагаемые полимерные материалы. Значительное место в производстве упаковочных материалов отводится биоразлагаемому компоненту — крахмалу. Упаковочные изделия из крахмала легко разрушаются под действием воды и микроорганизмов-биодеструкторов, не загрязняя при этом окружающую среду.

В Беларуси биоразлагаемые полимерные материалы широко применяются в качестве упаковки для пищевых продуктов. Контейнеры, пленки и пеноматериалы, изготовленные из таких полимеров, используются для упаковки мяса, молочных продуктов, выпечки. Одноразовые бутылки и стаканчики для напитков, тарелки и поддоны также находят широкое применение. Еще одним направлением применения таких материалов является производство мешков для сбора и компостирования пищевых отходов, а также пакетов для супермаркетов (рис. 33).

Рис. 33. Биоразлагаемые пакеты для продуктов питания и мусора

Достойной альтернативой для тех, кто заботится об окружающей среде, являются бумажные пакеты. Срок разложения бумажного пакета составляет около года. Одним из самых экологичных и удобных видов упаковочного материала является *крафт-бумага* (рис. 34, с. 116).

В переводе с немецкого языка слово *craft* означает «прочный». Именно это свойство и определило популярность данного материала. Преимущество крафт-бумаги перед синтетическими материалами заключается в том, что продукция в такой упаковке наименее подвержена колебаниям температуры и влажности.

Правообладатель Народная асвета

Рис. 34. Упаковка из крафт-бумаги

Крафт-бумага также обладает высокой прочностью и способностью впитывать влагу. Разные типы крафт-бумаги отличаются друг от друга не только по механическим свойствам, но и по цвету, фактуре, типу покрытия. Важно, что крафт-бумага разлагается на химически нейтральные элементы. В изделия из крафт-бумаги упаковывают продукты питания, промышленные изделия. Она применяется везде, где требуется пористая бумажная упаковка повышенной прочности.

Ученые не прекращают исследования в области упаковки, чтобы в будущем для пищевых продуктов полностью перейти на съедобную упаковку. Такие работы ведутся во многих странах мира. В нашей стране ученые ОАО «Борисовский завод полимерной тары «Полимиз» в сотрудничестве с БГУ также разработали *съедобную пленку*. Она состоит из крахмала и пищевых полимеров на основе воды, отлично усваивается организмом, увеличивает срок хранения продуктов, а также подходит для нанесения необходимой информации съедобными чернилами. Такую пленку можно использовать для упаковки конфет, специй, меда, спортивного питания, витаминных добавок и т. д. (рис. 35).

Рис. 35. Съедобная упаковка

Правообладатель Народная асвета

▶ **Это интересно.** В Германии созданы полимерные вещества из различных съедобных материалов: крахмала, желатина, целлюлозы. Из этих ингредиентов производится посуда для супов быстрого приготовления, десертов или мясных блюд. Разогревать и съедать продукты можно прямо в упаковке. Они абсолютно экологичны, безопасны и не наносят вреда человеку.

Исследователи из Самарского университета (Российская Федерация) предложили уникальную съедобную пленку, в которую можно заворачивать продукты питания для космонавтов. При изготовлении необычной упаковки предполагается использование овощного или фруктового пюре.

В Украине разработана упаковочная пленка из кукурузного крахмала, которую можно съесть вместе с запакованными в нее хлебом или колбасой. Необычную упаковку можно использовать в качестве бульона, растворив ее в кипятке.

На сегодняшний день главными причинами ограниченного применения биоразлагаемых материалов являются технологические трудности их производства и высокая стоимость. Однако, несмотря на это, исследователи продолжают активно работать, и, возможно, совсем скоро мир откажется от упаковочных материалов, которые оказывают негативное влияние, загрязняя окружающую среду.

■ **Повторим главное.** Широкое использование упаковки из пластика обусловлено тем, что она обеспечивает надежную защиту продукта от загрязнения и повреждения. Ее существенный недостаток — длительный период разложения. Альтернатива синтетическим упаковочным материалам — экологически безопасные биоразлагаемые пленки, пакеты для продуктов питания, мусора, крафт-бумага, съедобная упаковка.

Правообладатель Народная асвета

? Проверим знания

Ключевые вопросы. 1. Каким требованиям должна отвечать упаковка? **2.** В чем заключается существенный недостаток упаковочных материалов из пластика? **3.** Какие экологически безопасные упаковки используются в Республике Беларусь? **4.** Перечислите свойства упаковки из крафт-бумаги.

Сложные вопросы. 1. Почему экологически чистая упаковка — это выбор людей, заботящихся не только об охране окружающей среды, но и об общественном благополучии? **2.** Приведите примеры негативного воздействия на окружающую среду синтетических упаковочных материалов.

§ 28. Транспортировка и хранение продуктов питания

- **Вспомните** основные причины и симптомы пищевых отравлений человека.
- **Как вы думаете?** Насколько эффективны современные способы транспортировки и хранения продуктов питания?
- **Вы узнаете** о правилах транспортировки и хранения пищевой продукции.

Для того чтобы на наш стол попала качественная пища, ее мало произвести и упаковать. Важный этап на пути к потребителю — это транспортировка и хранение, которые осуществляются с соблюдением строгих санитарно-гигиенических правил.

Транспортировка сырья и пищевых продуктов должна осуществляться специальным транспортом и сопровождающими лицами, имеющими медицинский допуск. При этом продовольственное сырье и готовая пищевая продукция не должны контактировать друг с другом.

При хранении пищевых продуктов необходимо соблюдать нормы складирования, правила товарного соседства, сроки годности и условия хранения. Продукты, имеющие специфический запах, нужно хранить отдельно от продуктов, впитывающих запахи (сливочного масла, молока, макаронных изделий).

Выбирая в магазинах упакованные продукты питания, необходимо обязательно изучить маркировку. Важно знать состав, дату изготовления, срок годности и условия хранения. Не пренебрегайте этой информацией!

Следует помнить, что умение правильно покупать продукты питания может оказаться бесполезным без умения их хранить в домашних условиях. Качество хранения продуктов питания главным образом зависит от следующих факторов: освещенности, температуры, влажности и состава воздуха. Такие продукты, как халва, в которой около 30 % жира, шоколад (35—37 % жира) и майонез (до 67 % жира) следует оберегать от света, т. к. жир на свету разрушается.

Правообладатель Народная асвета

Овощи и фрукты на свету быстрее перезревают и портятся. Например, в картофеле образуется гораздо больше вредного для нашего организма вещества соланина, который накапливается на поверхности клубня. Поэтому позеленевший картофель употреблять не рекомендуется.

Важно знать, что правильное хранение продуктов питания предусматривает их сортировку. Овощи или фрукты сортируются по степени их зрелости, испорченные удаляются.

Некоторые продукты образуют газы, ускоряющие созревание. Например, бананы и яблоки выделяют этилен, поэтому хранящиеся рядом с ними продукты будут портиться быстрее. Кроме того, запах одних продуктов может испортить вкус и аромат других.

Универсальным местом хранения продуктов питания является холодильник. Лучше всего их хранить в специальных контейнерах, пергаменте или плотной бумаге. Для длительного хранения продуктов чаще всего используется морозильная камера.

Для качественного хранения пищевой продукции важно правильно подобрать упаковку (рис. 36).

Например, стеклянные банки — это не только безопасная, но и удобная форма хранения и транспортировки продуктов питания. Банки

Стеклянные банки

Пергаментная бумага

Алюминиевая фольга

Нержавеющая сталь

Силиконовые контейнеры

Вакуумные контейнеры

Рис. 36. Упаковка для хранения пищевой продукции

Правообладатель Народная асвета

подходят для разнообразных домашних заготовок. Многократно используя стеклянные банки, вы будете действовать на благо окружающей среды, уменьшая количество отходов.

Сухие или мелкие продукты можно хранить в бумажных пакетах, заворачивать в пергамент или вощеную бумагу. Благодаря этому они сохранят свежесть и аромат. Например, обернув сыр пергаментной бумагой, вы намного дольше сохраните его свежесть, чем оставив открытым на полке холодильника.

Нержавеющая сталь, керамика, эмалированная посуда идеальны для хранения салатов, но не подходят для разогрева в микроволновой печи.

Силиконовые контейнеры могут представлять собой формочки для десерта или завтрака. После каждого использования нужно тщательно ошпаривать контейнеры кипятком, чтобы они были чистыми и готовыми для повторного использования. Силиконовые формы можно применять и для микроволновых печей.

В последнее время становятся популярными пищевые вакуумные контейнеры, в которых создаются улучшенные условия хранения: уменьшается содержание кислорода (окисление идет медленнее) и не допускается появление влаги.

Но самым современным методом считается хранение продуктов с применением модифицированной газовой среды (МГС) (рис. 37).

В этом промышленном способе сохранения продуктов питания используются оптимальные пропорции кислорода, азота и углекислого газа.

Рис. 37. Хранение пищевых продуктов с применением модифицированной газовой среды (МГС)

Правообладатель Народная асвета

В вакуумных и МГС-упаковках должны сохраняться только свежие продукты питания с соблюдением требований к температурному режиму.

Увеличения срока хранения продуктов питания можно достичь, кроме того, при помощи многочисленных способов обработки (консервирования): заморозки, сушки, копчения, варки, соления, засахаривания, маринования, квашения и спиртования. В этом случае изменяется не только длительность хранения, но и вкусовые качества — появляются новые разновидности продуктов питания.

Чтобы избежать отравлений, старайтесь в повседневной жизни тщательно соблюдать правила транспортировки и хранения пищевых продуктов!

■ **Повторим главное.** В домашних условиях транспортировка и хранение продуктов питания осуществляются с помощью стеклянных банок, нержавеющей стали, керамики, эмалированной посуды, силиконовых и пищевых вакуумных контейнеров. На качество хранения существенно влияют освещенность, температура, влажность и состав воздуха. Перед закладкой на хранение продукты питания необходимо сортировать. Универсальным местом хранения является холодильник. Увеличить срок хранения продуктов можно с помощью многочисленных способов обработки (консервирования).

? Проверим знания

Ключевые вопросы. 1. Для чего необходимо перед покупкой продуктов питания изучить информацию на упаковке? **2.** Какие продукты и почему необходимо хранить раздельно? **3.** В какой упаковке лучше всего хранить продукты в холодильнике? **4.** Приведите примеры наиболее оптимальной тары для транспортировки и хранения продуктов питания в повседневной жизни.

Сложные вопросы. 1. Как вы думаете, можно ли хранить консервированные пищевые продукты в открытой консервной банке? Ответ аргументируйте. **2.** Можно ли определить наличие возбудителя ботулизма в консервированной продукции? Как обезопасить себя от ботулизма?

ПОДВЕДЕМ ИТОГИ

Человеку свойственна физиологическая адаптация к температурным изменениям среды, контролируемая гипоталамусом, и социальная — за счет создания комфортных условий проживания.

Правообладатель Народная асвета

Вирусы, бактерии, грибы, гельминты и членистоногие являются причиной инфекционных заболеваний, которые могут достаточно быстро распространяться среди людей.

Для того чтобы защитить себя от отравлений такими грибами, как бледная поганка, свинушка тонкая, мухомор красный, строчок обыкновенный, рядовка серно-желтая, необходимо уметь отличать ядовитые грибы от съедобных.

Наиболее часто встречающиеся в Беларуси ядовитые животные — это слепень бычий, пчела медоносная, оса обыкновенная, шмель полевой, шершень обыкновенный, жук нарывник, гадюка обыкновенная.

Опасность для здоровья и жизни человека представляют ядовитые растения: вех ядовитый, болиголов крапчатый, дурман обыкновенный, белена черная, волчье лыко, борщевик Сосновского.

Лекарственные растения содержат ценные химические вещества, поэтому широко используются для производства лекарственных препаратов.

Для здоровья человека серьезную опасность представляют такие загрязнители окружающей среды, как взвешенные частицы, оксиды азота и углерода, метан, тяжелые металлы, радионуклиды. В случае превышения санитарных норм электромагнитное излучение, шум, вибрация негативно влияют на сердечно-сосудистую, половую, эндокринную, иммунную, пищеварительную и нервную системы организма человека.

Для полноценной жизни человеку необходима пища, содержащая сбалансированное количество белков, жиров, углеводов, витаминов и минеральных веществ. Для улучшения внешнего вида продуктов питания, их органолептических (вкусовых) свойств, а также хранения и транспортировки используются пищевые добавки.

Такие загрязнители пищевой продукции, как радионуклиды, тяжелые металлы, нитраты, вызывают у человека серьезные заболевания. В Беларуси осуществляется строгий контроль за безопасностью пищевой продукции.

Все более широкое применение в Республике Беларусь в качестве упаковки получают экологически биоразлагаемые пленки, крафт-бумага, съедобная упаковка.

Для сохранения потребительских качеств продуктов питания их транспортировка и хранение осуществляются с помощью стеклянных банок, нержавеющей стали, керамики, эмалированной посуды, силиконовых и пищевых вакуумных контейнеров. Сроки хранения продуктов питания можно увеличить различными способами консервирования.

Правообладатель Народная асвета

Глава 3

Размножение и индивидуальное развитие организмов

Вы узнаете:

- *о способах бесполого размножения;*
- *о половом размножении и половом процессе;*
- *про осеменение и оплодотворение у животных;*
- *о партеногенезе как особом способе полового размножения;*
- *про чередование способов размножения и поколений в жизненном цикле растений;*
- *об основных периодах эмбрионального и постэмбрионального развития животных и человека.*

Вы научитесь:

- *приводить примеры бесполого размножения организмов, в том числе вегетативного размножения растений (в природе и в условиях культуры);*
- *характеризовать закономерности индивидуального развития организмов, в том числе организма человека;*
- *использовать приобретенные знания и умения при размножении комнатных и культурных растений, разведении домашних животных;*
- *использовать приобретенные знания и умения для объяснения влияния неблагоприятных факторов среды на организм человека.*

В данной главе вы познакомитесь с основными способами бесполого размножения у одноклеточных и многоклеточных организмов. Вы также узнаете, что половое размножение сопровождается половым процессом и может протекать с оплодотворением и без оплодотворения. Половому размножению с оплодотворением предшествует процесс образования мужских и женских половых клеток (гамет) — яйцеклеток и сперматозоидов. Заканчивается глава изучением онтогенеза — индивидуального развития животных и человека. Он включает два этапа: эмбриональное (зародышевое) развитие и постэмбриональное развитие, которое может быть прямое или непрямое (с превращением, или метаморфозом).

Правообладатель Народная асвета

§ 29. Типы размножения. Способы бесполого размножения

- **Вспомните,** с какими типами размножения вы познакомились при изучении растительного и животного мира.
- **Как вы думаете?** Почему типы размножения называют бесполым и половым? В чем заключаются их преимущества и недостатки?
- **Вы узнаете,** чем различаются бесполое и половое размножение организмов, какие способы бесполого размножения существуют у одноклеточных и многоклеточных организмов.

Типы размножения организмов. Одним из основных свойств живой материи является размножение — способность живых организмов воспроизводить себе подобных. Благодаря этому свойству обеспечивается непрерывность жизни на Земле.

Размножение организмов определенного вида предоставляет возможность воспроизведения признаков не только родительских особей, но и вида в целом. А увеличение численности особей в результате размножения способствует расселению вида и расширению его ареала. Следовательно, благодаря размножению обеспечивается непрерывность и преемственность в передаче наследственной информации от родителей к потомству в ряду поколений и поддерживается длительное существование вида.

Как вы уже знаете, наследственная информация хранится в хромосомах. При размножении организмов передача наследственной информации происходит с помощью хромосом. В соматических клетках (клетках тела) хромосомы парные. В каждой паре одна хромосома отцовская, другая — материнская, следовательно, в соматических клетках находится два набора (двойной набор) хромосом — каждый набор содержит наследственную информацию одного из родителей. В половых клетках (гаметах) хромосомы непарные. Следовательно, гаметы содержат один набор (одинарный набор) хромосом, которые несут наследственную информацию только одного из родителей.

В зависимости от типа клеток, являющихся основой для размножения, различают два типа размножения: бесполое и половое. Их сходство заключается в том, что оба типа приводят к увеличению численности особей и тем самым способствуют сохранению вида. Однако между бесполым и половым размножением существуют значительные различия по целому ряду признаков (табл. 16).

Правообладатель Народная асвета

Таблица 16. **Сравнительная характеристика бесполого и полового типов размножения**

Бесполое размножение	Половое размножение
Биологической основой для размножения является деление клеток с сохранением исходного двойного набора хромосом (за исключением спорообразования у растений)	Биологической основой размножения является деление клеток с образованием гамет
Принимает участие только одна особь	Принимают участие, как правило, две особи
Не происходит образование гамет	Образуются гаметы
Новая особь образуется из неспециализированных соматических клеток или из спор	Новая особь, как правило, образуется из зиготы, являющейся результатом слияния гамет
Дочерние организмы являются точными копиями материнского организма (за исключением потомства из спор у растений)	Дочерние организмы не являются точными копиями материнского организма
Позволяет сохранить чистоту вида	Создает разнообразие особей
Обеспечивает быстрое увеличение численности особей, но снижает их приспособленность к изменяющимся условиям среды	Численность особей увеличивается относительно медленно, но особи лучше приспосабливаются к изменяющимся условиям среды

Наличие различий в характеристиках бесполого и полового размножения — причина их разных последствий для вида.

Если вид размножается только бесполым путем, то будет происходить быстрое увеличение численности особей с сохранением постоянства признаков вида (преимущество бесполого размножения). Однако в изменяющихся условиях среды приспособительные возможности особей и жизнеспособность их потомства будут снижаться, вид не сможет эволюционировать и, в конечном итоге, он обречен на вымирание (недостаток бесполого размножения).

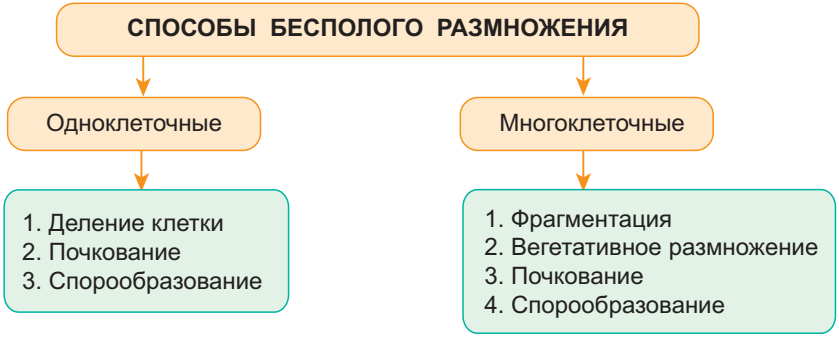
Правообладатель Народная асвета

При размножении вида только половым путем увеличивается разнообразие особей в пределах вида, повышаются их приспособительные возможности и жизнеспособность потомства в изменяющихся условиях среды. В результате вид способен эволюционировать и длительно существовать (преимущество полового размножения). В то же время возникшие неудачные комбинации хромосом могут стать причиной гибели организмов (недостаток полового размножения).

Бесполое и половое размножение у разных видов организмов может осуществляться разными способами.

§29-1

Способы бесполого размножения. У одноклеточных и многоклеточных организмов существуют разные по механизму протекания способы бесполого размножения. Как видно из схемы, у одноклеточных организмов встречаются три основных способа бесполого размножения.



Чаще всего имеет место ***деление клетки надвое***. У бактерий (стрептококки, бациллы) бактериальная хромосома вначале удваивается, затем между двумя дочерними хромосомами закладываются клеточные оболочки, которые делят материнскую клетку пополам с образованием двух одинаковых дочерних клеток. У одноклеточных эукариот разделению тела материнской клетки предшествует деление ядра — образуются два дочерних ядра, идентичные как друг другу, так и материнскому. У многих одноклеточных (эвглена зеленая, хламидомонада) деление ядра происходит в основном с разрушением ядерной оболочки, расхождением дочерних хромосом к полюсам клетки и формированием двух новых ядер. После этого следует разделение цитоплазмы и образование двух дочерних клеток. Иногда при делении клетки материнское ядро делится на дочерние ядра путем перетяжки без расхождения хромосом к полюсам клетки (амеба обыкновенная, инфузория туфелька) (рис. 38).

Правообладатель Народная асвета

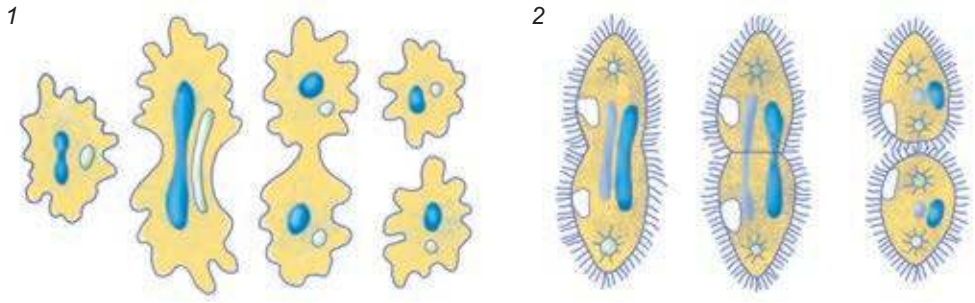


Рис. 38. Деление клеток амебы (*1*) и инфузории туфельки (*2*) как способ бесполого размножения одноклеточных

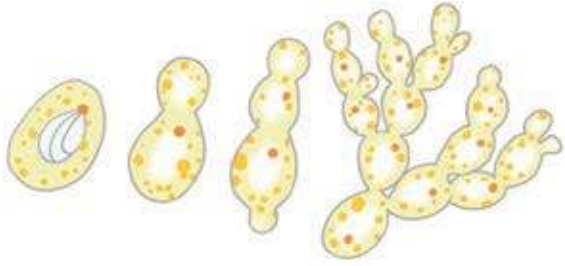


Рис. 39. Почкование дрожжей как способ бесполого размножения одноклеточных

У некоторых одноклеточных встречается размножение путем ***почкования***. В этом случае перед делением ядра в материнской клетке формируется небольшой вырост оболочки с цитоплазмой, куда потом перемещается одно из образовавшихся дочерних ядер. Формируется почка, которая отделяется от материнской клетки и превращается в малую дочернюю особь. Некоторое время она растет и развивается, достигая затем размеров материнского организма. Способом почкования размножаются и дрожжевые грибы (рис. 39).

Спорообразование у одноклеточных эукариот (хлорелла, хламидомонада) происходит путем многократного синхронного деления ядра и содержимого клетки с образованием вокруг дочерних клеток собственных клеточных оболочек при сохранении целостности оболочки материнской клетки (рис. 40, с. 128). В результате под общей оболочкой образуется много мелких клеток — спор. Например, у хлореллы в одной клетке может образоваться до 64 неподвижных спор. Споры, имеющие жгутики и способные к передвижению, называются *зооспорами* (хламидомонада). После разрыва оболочки материнской клетки споры выходят в окружающую среду и превращаются в новый организм. Они могут разноситься ветром или водой, что приводит не только к размножению, но и к расселению особей.

Правообладатель Народная асвета

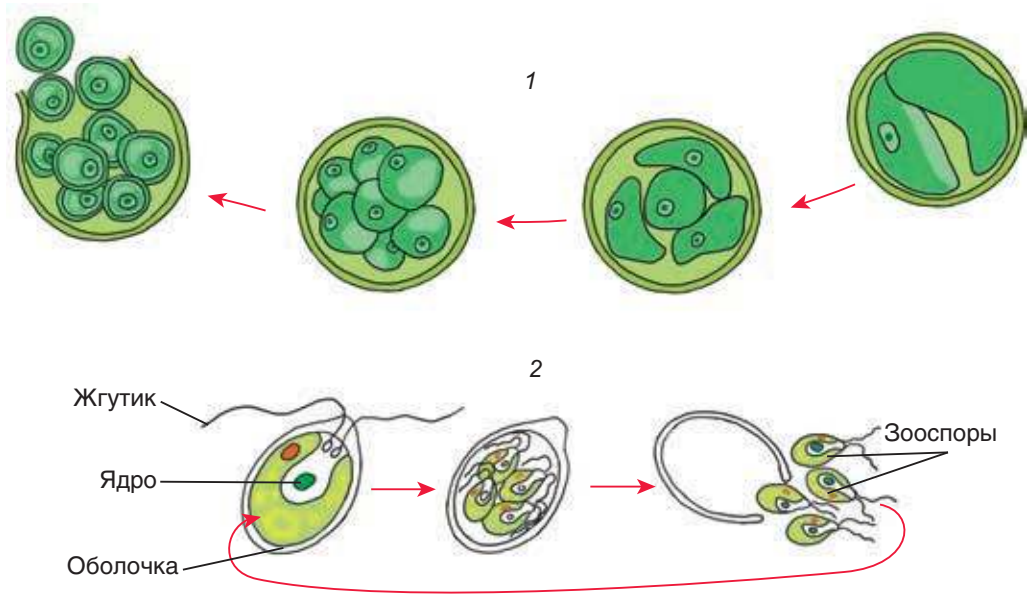


Рис. 40. Спорообразование у хлореллы (*1*) и хламидомонады (*2*) как способ бесполого размножения одноклеточных

▶ **Это интересно.** У бактерий при неблагоприятных условиях происходит образование спор, не участвующих в размножении. Бактериальные споры — это покоящиеся клетки со сниженным обменом веществ, окруженные многослойной оболочкой, устойчивые к высыханию и к другим неблагоприятным условиям, вызывающим гибель обычных клеток. Они служат для переживания таких условий, а также могут переноситься на большие расстояния с помощью ветра или воды. После попадания в благоприятную среду у спор разрушается прочная оболочка, и они превращаются в вегетативные (делящиеся) клетки.

Таким образом, *споры* (от греч. *sporá* — сеяние, посев) — микроскопические специализированные клетки, служащие для бесполого размножения, расселения и (или) сохранения при неблагоприятных условиях.

У многоклеточных организмов различают четыре основных способа бесполого размножения (см. схему на с. 126).

Фрагментация и вегетативное размножение основаны на способности организмов к регенерации (восстановлению недостающих частей тела).

У водорослей, грибов, лишайников размножение происходит фрагментами таллома (тела, не разделенного на органы), то есть способом ***фрагментации***. Этот способ наблюдается также у кишечнополостных,

Правообладатель Народная асвета

плоских (рис. 41) и кольчатых червей, морских звезд.

При ***вегетативном размножении*** дочерний организм формируется за счет вегетативного органа или его видоизменения (см. рис. 1). Вегетативное размножение у растений может осуществляться с помощью стебля (кактусы, элодея), листа (фиалка, бегония), корня (малина, слива, вишня). У некоторых растений для размножения используются видоизмененные побеги: луковицы (лук, чеснок, тюльпан, нарцисс), корневище (пырей, ландыш), усы (земляника), клубни (картофель), корневые клубни (георгин). Для размножения культурных растений человек применяет такие способы вегетативного размножения, как отводки и черенки, деление куста (смородина, крыжовник, малина). В садоводстве часто применяется прививка, когда хотят соединить ценные потребительские качества сорта прививаемого растения (привой) с неприхотливостью растения, на которое проводится прививка (подвой).

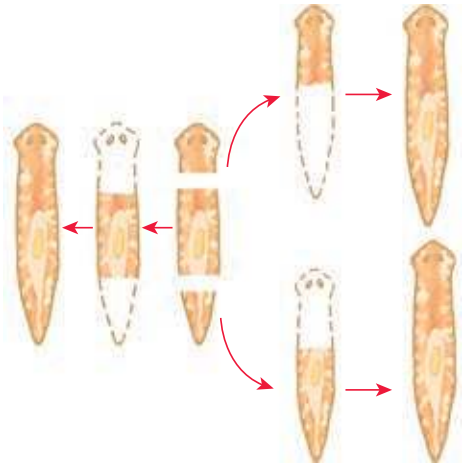


Рис. 41. Фрагментация тела планарии как способ бесполого размножения многоклеточных

Почкование среди многоклеточных наиболее характерно для двухслойных животных — кишечнополостных. У гидры, например, двухслойная стенка тела образует вырост (почку), на верхушке которого прорывается ротовое отверстие и образуются щупальца. Затем дочерняя особь отделяется, прикрепляется к субстрату, растет и становится самостоятельным организмом (рис. 42). Почкование встречается у некоторых видов грибов, мхов, водорослей, а также у ряда видов червей.

§29-2

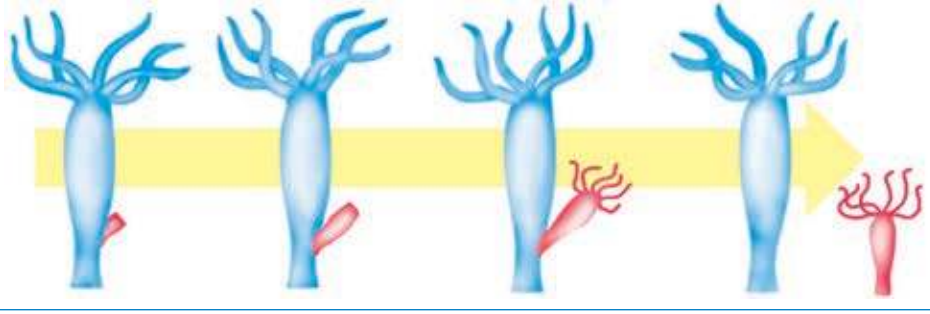


Рис. 42. Почкование гидры как способ бесполого размножения многоклеточных

Правообладатель Народная асвета

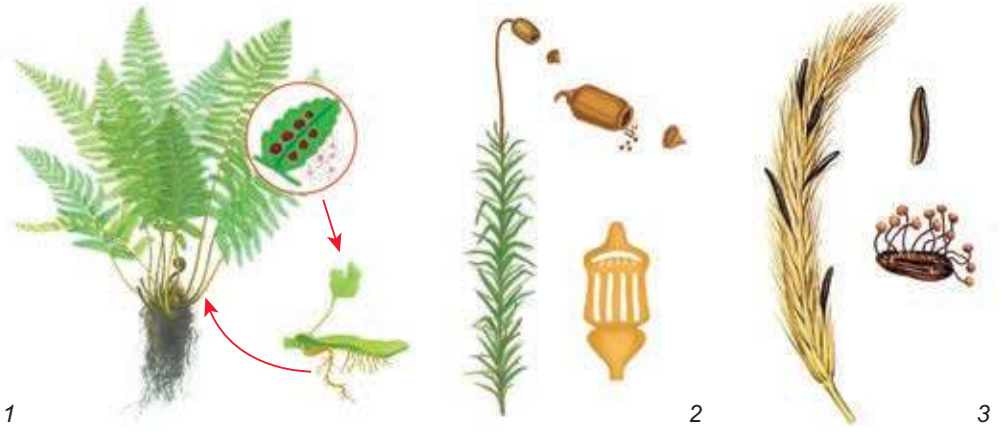


Рис. 43. Спорообразование у папоротника (*1*), мха кукушкина льна (*2*) и спорыньевого гриба (*3*) как способ бесполого размножения многоклеточных

Спорообразование наблюдается у водорослей, грибов, мхов, хвощей, плаунов, папоротников (рис. 43).

У растений и некоторых видов грибов (мукор) споры образуются в специальных органах (спорангиях). У большинства грибов и водорослей нет спорангиев и споры образуются открытым способом.

§29-3

■ **Повторим главное.** Размножение организмов в природе обеспечивает преемственность поколений и сохранение видов. Выделяют два типа размножения — бесполое и половое. У одноклеточных бесполое размножение может осуществляться делением клетки надвое, почкованием и спорообразованием. Многоклеточные организмы, обладающие способностью к регенерации, могут размножаться фрагментацией и вегетативным способом. У некоторых видов грибов, водорослей, мхов и ряда видов животных наблюдается почкование. Спорообразование у многоклеточных может осуществляться как открытым способом, так и в спорангиях.

? Проверим знания

Ключевые вопросы. 1. Какие типы размножения известны в природе? **2.** В чем состоят преимущество и недостаток бесполого размножения по сравнению с половым? Назовите способы бесполого размножения. **3.** В чем заключаются преимущество и недостаток полового размножения?

Правообладатель Народная асвета

Сложные вопросы. 1. Установите соответствие между одноклеточными организмами и способами их бесполого размножения. Организмы: дрожжи, кишечная палочка, амеба обыкновенная, хлорелла, хламидомонада. Способы бесполого размножения: деление клетки, спорообразование, почкование. **2.** Составьте пары «способ бесполого размножения у многоклеточных — организм». Способы бесполого размножения: спорообразование, почкование, фрагментация, вегетативное размножение. Организмы: дождевой червь, пеницилл, пырей, гидра, фиалка, головневый гриб, георгин. **3.** Какой из способов размножения организмов (вегетативное, бесполое, половое) возник позже в процессе развития органического мира? Дайте аргументированный ответ с использованием дополнительной информации.

§ 30. Понятие полового размножения и полового процесса

- **Вспомните,** по каким особенностям можно отличить половое размножение от бесполого.
- **Как вы думаете?** Чем отличаются понятия «половое размножение» и «половой процесс»? Есть ли различия в процессах образования мужских и женских половых клеток у млекопитающих?
- **Вы узнаете** о сути понятий «половое размножение» и «половой процесс», как протекают процессы образования мужских и женских половых клеток у млекопитающих, что у них общего и в чем различие.

Понятие полового размножения и полового процесса. Как вы уже знаете из предыдущего параграфа, половое размножение протекает с участием половых клеток (гамет). Оно обеспечивает наследственное разнообразие потомства и повышает его приспособленность к условиям среды обитания.

Половой процесс — биологическое явление, приводящее к обмену наследственным материалом между особями одного вида или к его объединению, что создает условия для возникновения разнообразия наследственной информации.

Половой процесс представляет собой начало полового размножения, происходящего с участием гамет. Но эти два явления нельзя отождествлять, так как половой процесс не всегда приводит к увеличению числа особей. Иногда половой процесс отождествляют с оплодотворением, то есть слиянием женской и мужской гамет. Этого тоже делать нельзя, поскольку половой процесс может протекать и без участия гамет (водоросли, инфузории).

Формами полового процесса являются конъюгация и копуляция.

Конъюгация — особая форма полового процесса, при которой происходит контакт одноклеточных организмов или соматических клеток

Правообладатель Народная асвета

многоклеточных организмов с образованием цитоплазматических мостиков для перехода ядер или всего содержимого клеток. Конъюгация у одноклеточных организмов (инфузории) несколько отличается от таковой у многоклеточных водорослей (спирогира). У инфузорий (инфузория туфелька) во время конъюгации две особи вступают в контакт и по цитоплазматическому мостику обмениваются подвижными малыми ядрами. Большие ядра у них погибают и в половом процессе не участвуют. При этом не происходит увеличения числа особей, но обеспечивается перекомбинация наследственного материала. У водорослей (спирогира) через цитоплазматический мостик происходит направленный перенос всего содержимого из одной вегетативной клетки в другую. В результате образуется крупная клетка, которая делится на две дочерние клетки, дающие начало двум новым особям. При этом количество особей увеличивается, так как в конъюгации могут участвовать многие клетки многоклеточных нитей водоросли.

Копуляция (слияние) — форма полового процесса, при которой у многоклеточных и одноклеточных организмов две различающиеся по полу клетки (гаметы) сливаются и образуют зиготу, содержащую одно ядро с новым набором наследственного материала. Из зиготы развивается новый организм.

Со строением мужских и женских половых клеток человека вы познакомились в курсе биологии 9-го класса. Известно, что главным отличием половых клеток от соматических является наличие половинного набора хромосом одного из родителей.

Рис. 44. Строение сперматозоида

Мужские половые клетки — *сперматозоиды* — мелкие, подвижные клетки, которые перемещаются с помощью одного или нескольких жгутиков. Форма мужских половых клеток у разных видов животных различна. Для позвоночных животных наиболее типичны сперматозоиды, имеющие головку, шейку и длинный жгутик для активного передвижения (рис. 44). Именно такое строение имеют сперматозоиды человека.

Женская половая клетка — *яйцеклетка* — крупная, неподвижная клетка, которая содержит запас питательных веществ (желток). Яйцеклетка обычно значительно крупнее соматических кле-

Правообладатель Народная асвета

ток и чаще всего имеет сферическую форму (рис. 45). Особенно больших размеров достигают яйцеклетки животных, эмбриональное развитие которых происходит вне тела матери (яйца птиц и рептилий, икра амфибий и рыб). Они имеют очень большой запас желтка.

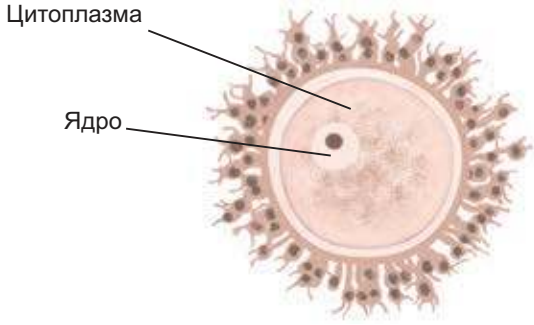


Рис. 45. Строение яйцеклетки

Особенности образования половых клеток у животных. Процесс образования и развития половых клеток у животных протекает в специальных половых железах — гонадах. Однако у кишечнополостных половые железы отсутствуют, и половые клетки образуются из резервных соматических клеток.

Сперматозоиды и яйцеклетки обычно формируются соответственно особями мужского и женского пола. Виды, у которых организмы делятся на самцов и самок, называются *раздельнополыми*. Встречаются виды, у которых один и тот же организм может образовывать как мужские, так и женские половые клетки. Такие организмы называются *гермафродитами*. Гермафродитизм наблюдается у многих видов моллюсков, плоских и кольчатых червей, но практически не встречается у хордовых животных.

Процесс образования половых клеток у животных включает ряд сложных преобразований исходных материнских клеток-предшественниц.

Мужские половые клетки образуются в мужских половых железах — ***семенниках***. Семенники млекопитающих животных состоят из извитых *семенных канальцев*. В стенках канальцев клетки находятся на разных стадиях развития и формируют зоны: размножения, роста, созревания и формирования (рис. 46).

Процесс образования мужских половых клеток начинается в период полового созревания и продолжается в течение всей жизни.

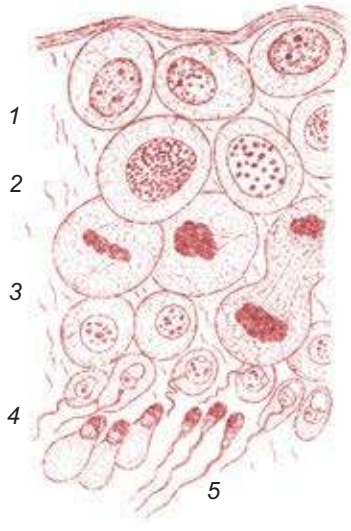


Рис. 46. Схема строения стенки семенного канальца млекопитающих: *1* — зона размножения; *2* — зона роста; *3* — зона созревания; *4* — зона формирования; *5* — сперматозоиды

Правообладатель Народная асвета

Он включает четыре периода: размножение, рост, созревание и формирование.

Каждый период протекает в одноименной зоне стенки семенного канальца и характеризуется специфическими процессами образования определенного типа клеток. В период размножения материнские клетки-предшественницы многократно делятся без стадии роста между делениями. Образуется большое количество мелких клеток, идентичных материнским. Они перемещаются в зону роста, где увеличиваются в размерах за счет накопления цитоплазмы. Далее они перемещаются в зону созревания, где претерпевают два деления с уменьшением вдвое числа хромосом. В зоне формирования у каждой клетки появляются головка, шейка и жгутик, и она превращается в сперматозоид. Таким образом, из каждой материнской клетки-предшественницы образуется 4 сперматозоида. У мужчин сперматозоиды образуются непрерывно — примерно 125 млн ежедневно — и теоретически постоянно способны к оплодотворению.

Развитие женских половых клеток — яйцеклеток — начинается в женских половых железах — ***яичниках***, а созревание яйцеклеток происходит в маточной трубе. Процесс образования яйцеклеток включает три периода: размножение, рост и созревание, в ходе которых протекают процессы, сходные с периодами образования сперматозоидов. Период размножения материнских клеток-предшественниц у женщины начинается еще во время внутриутробного развития и заканчивается к моменту рождения. Количество яйцеклеток, образующихся у женщин в течение жизни, индивидуально и колеблется в пределах 400—500.

Особенность процесса образования женских половых клеток по сравнению с образованием сперматозоидов состоит в том, что у женщины он прекращается после наступления *менопаузы* (*климакса*) — угасания гормональной функции яичников.

■ **Повторим главное.** Половой процесс обеспечивает обмен наследственным материалом между особями и создает условия для возникновения разнообразия наследственной информации. Формами полового процесса являются конъюгация и копуляция. При половом размножении половой процесс протекает в форме копуляции. У животных мужские половые клетки — сперматозоиды — образуются в семенниках. Процесс их образования протекает в семенных канальцах и включает периоды размножения, роста, созревания и формирования. Женские половые клетки — яйцеклетки — образуются в яичниках. В процессе их образования отсутствует период формирования.

Правообладатель Народная асвета

? Проверим знания

Ключевые вопросы. 1. Дайте определение понятий «половой процесс» и «половое размножение». **2.** Какие формы полового процесса известны? Чем они отличаются друг от друга? **3.** Охарактеризуйте строение сперматозоида с точки зрения соответствия его функции.

Сложные вопросы. 1. Сравните процессы образования яйцеклеток и сперматозоидов. Используя дополнительные источники информации, установите, в чем их существенные отличия. **2.** Почему у мужчин способность к образованию половых клеток сохраняется до конца жизни, а у женщин — только до наступления менопаузы? Дайте аргументированный ответ.

§ 31. Осеменение и оплодотворение у животных. Способы полового размножения у животных

- **Вспомните,** какие формы полового процесса существуют в природе. Что такое копуляция? Как происходит образование половых клеток у животных?
- **Как вы думаете?** Какие требуются условия, чтобы произошел процесс оплодотворения? Возможно ли половое размножение без оплодотворения?
- **Вы узнаете,** что в зависимости от способа осеменения оплодотворение может быть внешним или внутренним, что половое размножение может происходить как с оплодотворением, так и без него.

Осеменение и оплодотворение у животных. Как известно, половое размножение у животных сопровождается половым процессом в форме копуляции. При этом слияние яйцеклетки и сперматозоида с образованием зиготы называется ***оплодотворением.*** Сближение мужской и женской половых клеток перед оплодотворением называется ***осеменением.*** Процесс осеменения обусловлен совокупностью факторов, повышающих вероятность встречи половых клеток. К ним относятся: половая активность самцов и самок, избыточная продукция сперматозоидов, крупные размеры яйцеклеток, выделение половыми клетками специфических веществ, способствующих их сближению, половое поведение.

▶ **Это интересно.** Самцы древесных лягушек, надув голосовые мешки, поют хором, чтобы привлечь самок. Самцы сверчков, саранчи, кузнечиков для привлечения самок издают стрекотание за счет трения одной части тела о другую. Самки комаров в период спаривания привлекают самцов характерным писком, который издают крыльями. Самцы обыкновенных тритонов в брачный период украшены спинным гребнем и похожи на маленьких разноцветных драконов. Самец воротничкового рябчика привлекает самок при помощи звуков, напоминающих барабанную дробь, которые он издает, стоя на пне и стуча крыльями.

Правообладатель Народная асвета

В зависимости от того, где происходит процесс осеменения — в водной среде или половых путях самки, различают два способа оплодотворения: внешнее и внутреннее. Отличительные особенности этих способов представлены в таблице 17.

Таблица 17. **Сравнительная характеристика внешнего и внутреннего способов оплодотворения у животных**

Внешнее оплодотворение	Внутреннее оплодотворение
Не требуется встреча половых партнеров	Необходима встреча самца и самки
Необходимо большое количество половых клеток обоих типов	Не требуется большого числа женских половых клеток
Копулятивные органы отсутствуют	Имеются копулятивные органы
Мужские и женские половые клетки выделяются в окружающую среду	Мужские половые клетки вводятся в половые пути самки, где находятся женские половые клетки
Оплодотворение происходит в водной среде	Оплодотворение происходит в половых путях самки

Внешнее оплодотворение встречается у водных животных: многощетинковых червей, двустворчатых моллюсков, костных рыб, земноводных. Преимущество внешнего оплодотворения заключается в том, что оно приводит к образованию многочисленного потомства. Однако недостатком его является наличие экологических опасностей, значительно снижающих вероятность выживания потомства. Как известно, животные с внешним оплодотворением обычно не заботятся о своем потомстве.

Внутреннее оплодотворение характерно для наземных животных: плоских и круглых червей, брюхоногих моллюсков, паукообразных, насекомых, пресмыкающихся, птиц и млекопитающих. При внутреннем оплодотворении у птиц и пресмыкающихся оплодотворенные яйца покрыты защитной оболочкой, устойчивой к потере воды и повреждениям. У млекопитающих эмбрионы развиваются в теле матери и от нее получают все необходимое для процессов жизнедеятельности. Кроме того, большинство птиц и млекопитающих продолжают заботиться о своих детенышах и после рождения, что значительно повышает выживаемость потомства.

Независимо от способа осеменения оплодотворение включает три этапа: 1) проникновение ядра сперматозоида в яйцеклетку; 2) слияние

Правообладатель Народная асвета

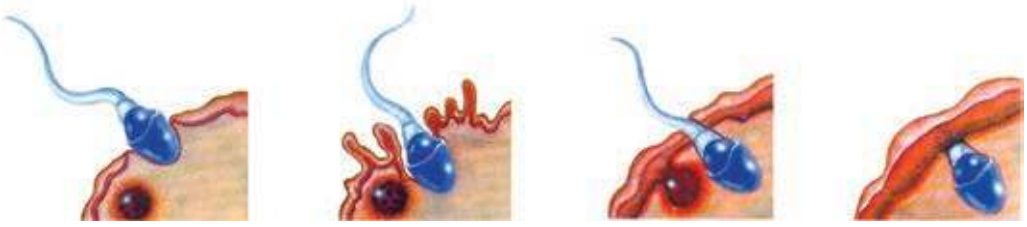


Рис. 47. Этапы проникновения сперматозоида в яйцеклетку

ядер сперматозоида и яйцеклетки с образованием ядра зиготы; 3) активизация зиготы к дроблению и дальнейшему развитию.

Установлено, что оболочка сперматозоида имеет специфические рецепторы, которые узнают химические вещества, выделяемые яйцеклеткой. Поэтому сперматозоиды способны к направленному движению к яйцеклетке. Неоплодотворенная яйцеклетка покрыта несколькими защитными оболочками, предохраняющими ее от неблагоприятных условий. При достижении сперматозоидом яйцеклетки в месте их контакта происходит растворение оболочек яйцеклетки, и сперматозоид проникает в яйцеклетку (рис. 47).

После того как ядро сперматозоида проникает в яйцеклетку, под влиянием специфических ферментов происходит образование оболочки оплодотворения. Она препятствует доступу других сперматозоидов. Это обеспечивает слияние с яйцеклеткой только одного сперматозоида. Ядро сперматозоида продвигается к ядру яйцеклетки, набухает и сливается с ним — происходит процесс оплодотворения. В результате слияния ядер образуется оплодотворенная яйцеклетка — ***зигота***.

Активизация зиготы происходит закономерно: в ней изменяется интенсивность обмена веществ, повышается потребность в кислороде, начинается активный синтез питательных веществ. Клетка готовится к делению.

Способы полового размножения у животных. Половое размножение у животных может происходить двумя способами:

1) с оплодотворением (яйцеклетка сливается со сперматозоидом с образованием зиготы, из которой развивается новый организм);

2) без оплодотворения (новая особь развивается из неоплодотворенной яйцеклетки).

Способ полового размножения, когда взрослая особь развивается из неоплодотворенной яйцеклетки, называется ***партеногенезом***. Хотя партеногенетическое размножение не сопровождается слиянием мужских и женских половых клеток, партеногенез все же считается половым

Правообладатель Народная асвета

размножением. Ведь организм в этом случае развивается из гаметы, а не из соматической клетки, как при бесполом размножении. Полагают, что партеногенез возник в процессе эволюции раздельнополых форм. Он может наблюдаться как при благоприятных условиях, так и при неблагоприятных. Например, у тлей, дафний летом развиваются самки, а осенью, когда условия среды ухудшаются, из неоплодотворенных яиц развиваются самцы. У пчел, клещей, муравьев и наездников (паразитических ос) партеногенетически появляются только самцы.

У позвоночных партеногенез встречается редко (не более чем у 0,1 % всех видов). Например, существует несколько видов ящериц, которые в естественных условиях размножаются партеногенезом (скальные ящерицы, комодские вараны). Партеногенетические популяции также найдены и у некоторых видов рыб, земноводных, птиц (в том числе у нескольких пород кур и индеек). Среди млекопитающих случаи партеногенеза не известны.

Партеногенез можно вызвать экспериментально воздействием разных раздражителей на неоплодотворенную яйцеклетку, в норме способную к оплодотворению. Применяя механическую или химическую стимуляцию неоплодотворенных яиц различными агентами, можно стимулировать образование оболочки оплодотворения, после чего происходит полноценное развитие. Такое развитие получило название *искусственного партеногенеза*.

▶ **Это интересно.** Русский зоолог А. А. Тихомиров установил, что неоплодотворенные яйца тутового шелкопряда начинали развиваться при изменении температуры, при механическом воздействии путем потирания яиц щеточкой, и из них выводились гусеницы. На основе этих исследований советский ученый Б. Л. Астауров разработал промышленный способ получения тутового шелкопряда из неоплодотворенных яиц, который широко применяется в народном хозяйстве.

■ **Повторим главное.** Половое размножение у животных происходит с участием половых клеток — сперматозоидов и яйцеклеток. Процесс сближения половых клеток называется осеменением, которое может происходить в водной среде или в половых путях самки. В связи с этим выделяют два типа оплодотворения: внешнее и внутреннее. При внутреннем оплодотворении вероятность выживания потомства выше, чем при внешнем. Особой формой полового процесса является партеногенез — размножение без оплодотворения.

Правообладатель Народная асвета

? Проверим знания

Ключевые вопросы. 1. Что такое осеменение? **2.** Чем оплодотворение отличается от конъюгации? **3.** Из предложенного перечня выберите организмы с внешним оплодотворением: муравьи, квакши, крокодилы, дафнии, караси, ласточки, устрицы, тритоны, черепахи.

Сложные вопросы. 1. В чем сущность партеногенеза? Приведите примеры организмов, у которых наблюдается партеногенез. Почему партеногенез считают разновидностью полового размножения? Какое значение он имеет для организмов? **2.** Сравните два способа оплодотворения: внешнее и внутреннее. Какой из способов появился раньше в ходе развития органического мира? Приведите доказательства, используя дополнительные источники информации.

§ 32. Чередование способов размножения и поколений в жизненном цикле растений

- **Вспомните,** как происходит бесполое размножение у растений.
- **Как вы думаете?** В чем биологический смысл чередования бесполого и полового типов размножения у растений?
- **Вы узнаете,** как происходит образование половых клеток, оплодотворение и половое размножение у покрытосеменных растений, как в ходе эволюции изменилось соотношение бесполого и полового поколений в жизненном цикле растений.

Образование половых клеток и оплодотворение у растений. В § 29 вы познакомились с бесполым размножением растений.

В образовании половых клеток и оплодотворении у покрытосеменных растений имеется ряд особенностей. Все эти процессы протекают в генеративном органе покрытосеменных — ***цветке*** (рис. 48). Генеративным называется орган, участвующий в половом размножении. Кроме цветка, к генеративным органам у покрытосеменных относятся семя и плод.

Частью цветка, предопределяющей мужской пол, является *тычинка*. Она состоит из тычиночной нити и пыльника (см. рис. 48). Пыльник содержит пыльцевые гнезда, в которых происходит образование спор. Из

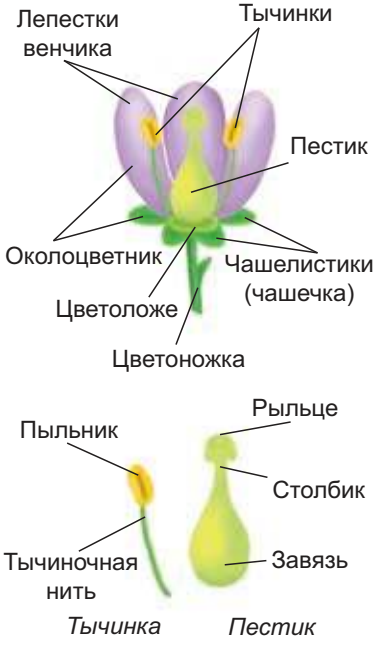


Рис. 48. Строение цветка покрытосеменных растений

Правообладатель Народная асвета

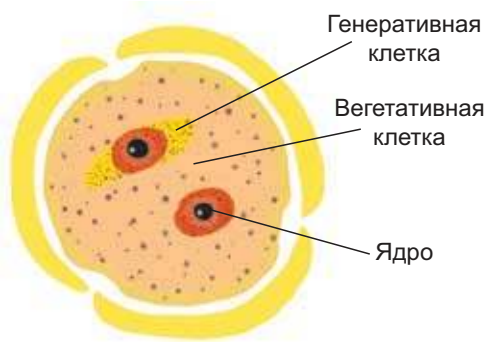


Рис. 49. Строение пыльцевого зерна

каждой материнской клетки путем деления образуется по четыре одноклеточные споры с одинарным набором хромосом. Затем каждая спора делится на две клетки: крупную вегетативную и малую генеративную. Они покрываются двойной плотной оболочкой с порами, и образуется пыльцевое зерно (рис. 49). После деления генеративной клетки формируются два спермия (мужские половые клетки без жгутиков). Все клетки в пыльцевом зерне содержат одинарный набор хромосом.

Частью цветка, предопределяющей женский пол, является *пестик*. Он состоит из рыльца, столбика и завязи (см. рис. 48). В завязи находится семязачаток (семяпочка), в котором снаружи имеются покровы. На верхушке семязачатка покровы не срастаются, и образуется пыльцевход. Одна из материнских клеток семязачатка вблизи пыльцевхода укрупняется, делится и образует четыре споры с одинарным набором хромосом. Три из них погибают. Из четвертой споры после нескольких делений ядра и цитоплазмы образуется семь клеток. По три клетки с одинарным набором хромосом находится у каждого полюса, а между ними располагается крупная центральная клетка с двойным набором хромосом. Одна из трех клеток у полюса возле пыльцевхода становится яйцеклеткой. Две соседние клетки называются клетками-синергидами, а три клетки на противоположном полюсе — клетками-антиподами. Образовавшаяся структура из семи клеток с яйцеклеткой представляет зародышевый мешок (рис. 50).

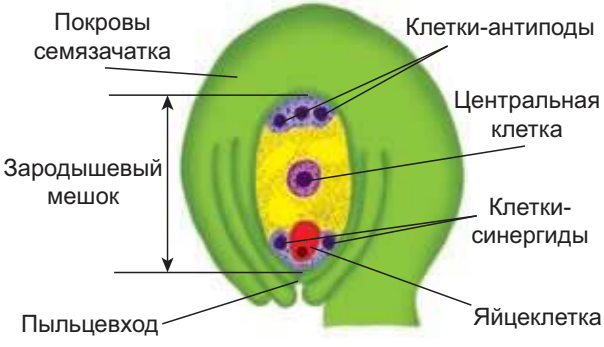


Рис. 50. Строение зародышевого мешка

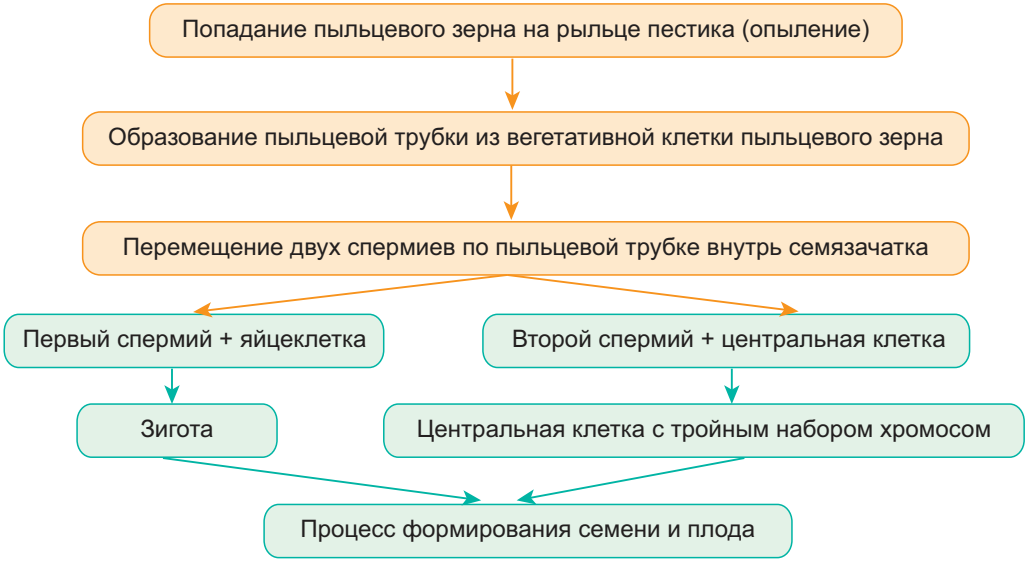
Перенос пыльцевого зерна из пыльника тычинки на рыльце пестика у покрытосеменных растений называется *опылением*. Оно может осуществляться с помощью насекомых, ветра, воды, птиц или самоопылением. После попадания на рыльце пестика пыль-

Правообладатель Народная асвета

цевое зерно прорастает: вегетативная клетка вытягивается в длинную пыльцевую трубку, которая растворяет ткань столбика, проникает в полость завязи и через пыльцевход достигает зародышевого мешка. Спермии продвигаются по пыльцевой трубке, попадают в зародышевый мешок. Один из них оплодотворяет яйцеклетку зародышевого мешка, а второй сливается с центральной клеткой (рис. 51).

Рис. 51. Двойное оплодотворение у покрытосеменных растений

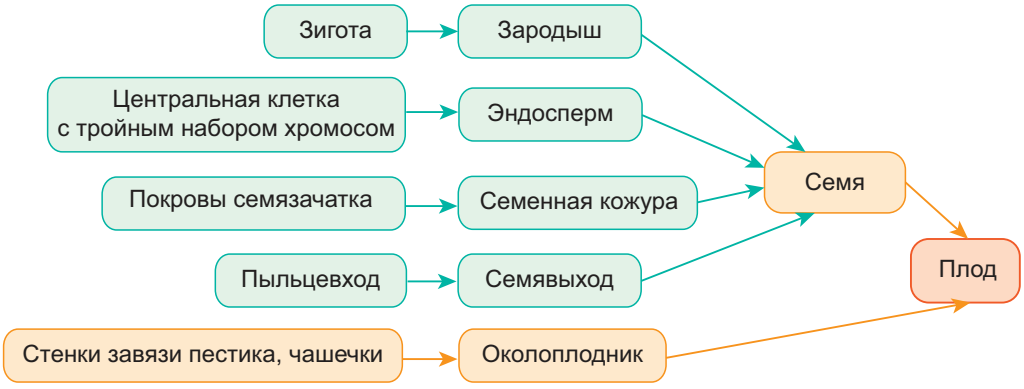
Этот тип оплодотворения был открыт в 1898 г. русским цитологом С. Г. Навашиным и получил название «двойное оплодотворение». Последовательность его этапов представлена на схеме.



После образования зиготы в зародышевом мешке погибают синергиды. Центральная клетка многократно делится, в результате чего образуется эндосперм. Его клетки содержат тройной набор хромосом. Из зиготы начинает формироваться зародыш семени. После образования

Правообладатель Народная асвета

зародыша антиподы погибают. Формирование семени и плода показано на схеме.



Таким образом, семя образуется из семязачатка, а на месте завязи развивается плод.

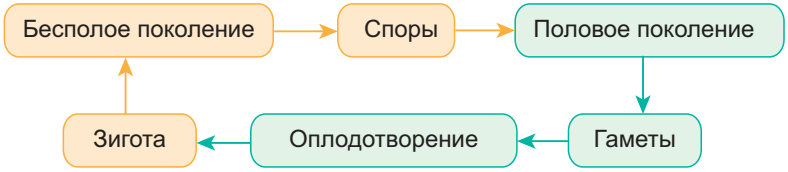
Биологический смысл двойного оплодотворения весьма велик. В отличие от голосеменных, где эндосперм развивается до оплодотворения, у покрытосеменных эндосперм образуется лишь в случае оплодотворения. Это обеспечивает существенную экономию энергетических ресурсов. Клетки эндосперма содержат тройной набор хромосом, что приводит к увеличению размеров клеток и количества питательных веществ, повышающих устойчивость зародыша к неблагоприятным факторам.

Чередование поколений в жизненном цикле растений. Многие организмы могут размножаться как бесполым, так и половым путем. При этом говорят о бесполом и половом поколениях данного вида. Если они закономерно сменяют друг друга, то такое явление называется ***чередованием поколений***. Границами, разделяющими бесполое и половое поколения в цикле развития, являются процесс образования спор с уменьшением вдвое набора хромосом и оплодотворение, в результате которого восстанавливается двойной набор хромосом.

У растений механизм чередования поколений заключается в том, что на растениях, представляющих собой бесполое поколение, развиваются споры, которые прорастают в обоеполые либо раздельнополые (мужские и женские) особи (половое поколение). У покрытосеменных мужское половое поколение представлено пыльцевым зерном, а женское — зародышевым мешком. Их клетки содержат одинарный набор хромосом (за исключением центральной клетки). Половое поколение образует гаметы — спермии (или сперматозоиды) и яйцеклетки. В ре-

Правообладатель Народная асвета

зультате оплодотворения образуется зигота, содержащая двойной набор хромосом, из которой вновь развивается бесполое поколение (см. схему).



Если проследить за соотношением между бесполым и половым поколениями у растений разного уровня организации, то можно увидеть, что в ходе эволюции развитию подвергалось бесполое поколение, тогда как для полового поколения было характерно постепенное упрощение строения (рис. 52). Например, у мхов преобладающим является половое поколение, на котором живет бесполое поколение. У папоротников преобладающим является бесполое поколение в виде хорошо развитого растения со стеблем, листьями и корнями, в то время как половое поколение представлено всего лишь небольшой зеленой пластинкой, прикрепляющейся к почве с помощью ризоидов. Далее, у голосеменных и покрытосеменных растений строение полового поколения упрощается до нескольких клеток, причем с полной редукцией органов полового размножения у покрытосеменных. Тогда как бесполое поколение у голосеменных представлено деревьями

Рис. 52. Соотношение бесполого и полового поколения в жизненном цикле растений разных систематических групп

Правообладатель Народная асвета

и кустарниками (иногда лианами), а у покрытосеменных — деревьями, кустарниками, кустарничками и травами.

Важно отметить, что бесполое поколение накапливает больше наследственной информации, чем половое, так как содержит двойной набор хромосом. Поэтому оно гораздо лучше приспосабливается к изменяющимся условиям среды. По всей видимости, именно это и обеспечило его доминирование над половым поколением в ходе эволюции растительного мира.

Повторим главное. Образование половых клеток у покрытосеменных растений происходит в генеративных частях цветка — тычинках и пестиках. Этому предшествует развитие полового поколения: в тычинках — пыльцевых зерен, в семязачатке — зародышевого мешка. Они образуют гаметы — спермии и яйцеклетки. После опыления происходит оплодотворение с участием двух спермиев. Из зиготы образуется зародыш, из семязачатка формируется семя, а на месте завязи развивается плод. В ходе эволюции происходило усложнение организации бесполого поколения, тогда как строение полового поколения постепенно упрощалось.

? Проверим знания

Ключевые вопросы. 1. В каких частях цветка происходит развитие мужских и женских половых клеток у покрытосеменных? **2.** Объясните биологическую роль пыльцевой трубки. **3.** Какой хромосомный набор характерен для зародыша и клеток эндосперма семени цветкового растения? Объясните, из каких клеток они образуются. **4.** Из предложенного перечня выберите структурные части зародышевого мешка: синергиды, центральная клетка, вегетативная клетка, яйцеклетка, антиподы, спермии.

Сложные вопросы. 1. Почему в ходе эволюции растений изменялось соотношение полового и бесполого поколений в сторону преобладания бесполого поколения? Приведите аргументированные объяснения, используя дополнительные источники информации. **2.** Для каждой части семени подберите структуры семязачатка, из которых они сформировались. Части семени: эндосперм, зародыш, семенная кожура, семявход. Структуры семязачатка: зигота, покровы, пыльцевход, центральная клетка. **3.** Выберите правильные суждения. При оплодотворении у цветковых растений: а) один из спермиев сливается с яйцеклеткой зародышевого мешка, а другой спермий исчезает; б) оба спермия сливаются с яйцеклеткой зародышевого мешка, образуя зиготу; в) один из спермиев сливается с яйцеклеткой зародышевого мешка, а другой — с центральной клеткой; г) из зиготы с тройным набором хромосом развивается эндосперм; д) центральная клетка после оплодотворения погибает; е) эндосперм имеет тройной набор хромосом.

Правообладатель Народная асвета

§ 33. Онтогенез животных. Эмбриональное развитие организмов

- **Вспомните,** чем заканчивается процесс оплодотворения у животных.
- **Как вы думаете?** Какие факторы играют определяющую роль в развитии организмов после процесса оплодотворения?
- **Вы узнаете,** что онтогенез включает два этапа — эмбриональное и постэмбриональное развитие, что эмбриональное развитие у всех позвоночных протекает с одинаковыми стадиями.

Онтогенез животных. Индивидуальное развитие организма в биологии называется онтогенезом.

Онтогенез (индивидуальное развитие организма) животных — совокупность последовательных морфологических, физиологических и биохимических преобразований, происходящих в организме животного от момента его зарождения (образования зиготы) до смерти.

В процессе онтогенеза происходит поэтапная реализация наследственной информации в определенных условиях среды. Окружающая среда может оказывать существенное влияние на развитие организма на разных стадиях онтогенеза. Онтогенез включает два этапа развития: эмбриональный (эмбриогенез) и постэмбриональный.

Эмбриональное развитие организмов. ***Эмбриональный этап (эмбриогенез)*** (от греч. *émbryon* — зародыш, *génesis* — развитие) — зародышевое развитие организма от образования зиготы до рождения или выхода из яйцевых оболочек. В течение данного этапа происходит преобразование зиготы в многоклеточный организм, который у животных выходит в окружающую среду либо из яйца, либо из организма матери. У растений зародыш развивается в семени и эмбриогенез завершается до момента его прорастания. В зависимости от характера протекающих процессов при развитии зародыша эмбриогенез у животных разделяют на три стадии: дробление, гаструляция, гисто- и органогенез (образование тканей и органов).

Рассмотрим более подробно процессы, протекающие на разных стадиях эмбриогенеза у животных на примере ланцетника (примитивного морского животного).

Дробление. Процесс дробления заключается в серии последовательных делений зиготы. Образующиеся при этом поколения клеток носят название *бластомеров*.

Правообладатель Народная асвета

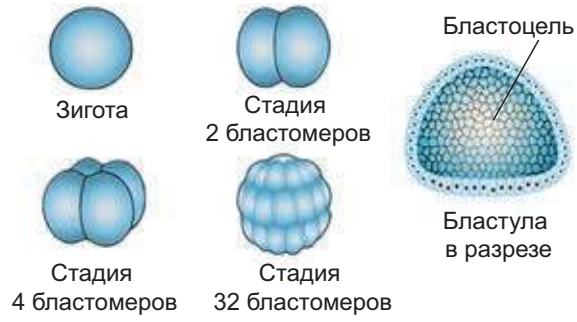


Рис. 53. Образование бластулы на стадии дробления

Между делениями не происходит роста образующихся бластомеров, вследствие чего каждое новое поколение представлено более мелкими клетками. В процессе дробления суммарный объем зародыша почти не изменяется, а размеры составляющих его клеток уменьшаются. Эта особенность клеточных делений зиготы и определила появление термина «дробление». Когда бластомеров становится много, они смещаются к периферии, образуя однослойную стенку — *бластодерму*. Появляющаяся при этом внутри зародыша полость заполняется жидкостью и становится первичной полостью тела — *бластоцелью*. Стадия дробления завершается образованием многоклеточного однослойного зародыша с первичной полостью тела, получившего название *бластула* (от греч. *blastós* — росток) (рис. 53). По размерам бластула не намного крупнее зиготы.

У разных видов животных яйцеклетки различаются по количеству и характеру распределения в цитоплазме запасных питательных веществ (желтка). Это в значительной степени определяет характер дробления зиготы и может влиять на строение бластулы. В типичном случае (например, у ланцетника) бластула представляет собой полый шар. У земноводных бластула имеет очень небольшую полость, а у членистоногих бластоцель может полностью отсутствовать.

Гаструляция. Стадия гаструляции (от греч. *gastér* — желудок) представляет собой процесс перемещения эмбрионального материала с образованием двух или трех зародышевых листков. Она может заканчиваться на стадии двухслойного или трехслойного зародыша — *гаструлы*.

Гаструляция может осуществляться разными способами и зависит от строения бластулы. У животных с однослойной бластулой (например ланцетник) происходит впячивание бластодермы в первичную полость, которая при этом почти полностью исчезает. Шаровидная бластула превращается в двухслойный чашевидный зародыш. Внешний слой клеток называется *эктодермой* (от греч. *ektós* — снаружи, *dérma* — кожа) — наружный зародышевый листок, а внутренний слой — *энтодермой*

Правообладатель Народная асвета

(от греч. *entós* — внутри, *dérma* — кожа) — внутренний зародышевый листок (рис. 54). Образовавшаяся внутри зародыша полость называется *гастроцелью* (первичной кишкой), а вход в нее — *бластопором* (первичным ртом).

Рис. 54. Образование двухслойной гаструлы

На стадии образования двух зародышевых листков заканчивается эмбриональное развитие кишечнополостных, поэтому их называют двухслойными животными. У всех остальных животных между наружным и внутренним зародышевыми листками закладывается средний зародышевый листок — *мезодерма* (от греч. *mésos* — средний, *dérma* — кожа). У хордовых животных энтодерма с двух сторон первичной кишки образует карманоподобные впячивания в бластоцель. Затем они отделяются от первичной кишки, разрастаются между экто- и энтодермой, образуя мезодерму. Полость внутри впячиваний представляет собой вторичную полость тела (*целом*). Таких животных называют трехслойными и вторичнополостными.

Стадия гисто- и органогенеза. Образованием трех зародышевых листков (экто-, энто- и мезодермы) завершается этап гаструляции. С этого момента начинаются процессы гисто- и органогенеза. Появляются морфологические и биохимические различия между клетками, что в дальнейшем приводит к формированию тканей и органов.

Начальным процессом, протекающим при гисто- и органогенезе, является *нейруляция* — образование нейрулы (рис. 55). *Нейрула* — стадия зародыша с комплексом осевых органов (нервная трубка, хорда, пищеварительная трубка), в которой далее активно происходит формирование всех остальных тканей и органов из зародышевых листков.

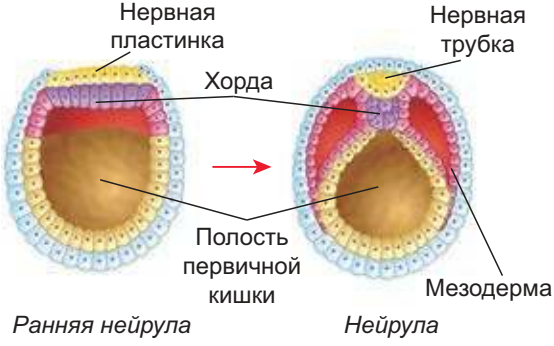


Рис. 55. Образование нейрулы на стадии гисто- и органогенеза

Правообладатель Народная асвета

Из каждого зародышевого листка под влиянием клеток других листков развивается строго определенный комплекс тканей и органов (табл. 18).

Таблица 18. **Дифференциация зародышевых листков на ткани и органы у хордовых**

Эктодерма	Энтодерма	Мезодерма
Нервная система: полая нервная трубка, спинной мозг, головной мозг	*Хорда* (у позвоночных впоследствии заменяется позвоночником)	*Опорно-двигательный аппарат*: мышцы, кости, хрящи, связки, сухожилия
Органы чувств: орган зрения, орган слуха, орган обоняния	*Пищеварительная система*: эпителий желудка, эпителий кишечника, печень, поджелудочная железа	*Кровеносная система*: кровь, сердце, артерии, вены, капилляры
Покровная система: эпидермис кожи, волосы, ногти, перья, когти, рога, копыта, молочные, сальные и потовые железы	*Дыхательная система*: жабры, легкие, эпителий трахеи и бронхов	*Лимфатическая система*: лимфа, лимфатические узлы, протоки, сосуды, капилляры
Эмаль зубов	*Эндокринные железы*: щитовидная железа, паращитовидные железы	*Выделительная система*: почки, мочеточники, мочевой пузырь
	Плавательный пузырь	*Половая система*: половые железы, половые органы
		Дентин зубов
		Дерма кожи

Если у зародыша ротовое отверстие образуется на месте первичного рта (бластопора), то этих животных называют *первичноротыми* (черви, моллюски, членистоногие). Если же бластопор становится анальным отверстием, а настоящий рот прорывается в противоположном месте, то таких животных называют *вторичноротыми* (иглокожие, хордовые).

Наземные позвоночные животные (пресмыкающиеся, птицы, млекопитающие), зародыш которых содержит оболочку *амнион*, создающую заполненную жидкостью полость, в которой он развивается, называются *амниотами*. У водных позвоночных (костные рыбы, земноводные) амнион отсутствует, поэтому их называют *анамниотами (анамниями)*.

Зародыш развивается как целостная система. Формирование строго определенных частей тела в нем достигается взаимодействием между клетками. В то же время внешние факторы среды (пестициды, радиоактивность, ультрафиолетовое излучение) могут существенно влиять на гисто- и органогенез зародыша.

Правообладатель Народная асвета

■ **Повторим главное.** Онтогенез животных включает два этапа развития: эмбриональный и постэмбриональный. На эмбриональном этапе выделяют три стадии: дробление, гаструляция, гисто- и органогенез. Дробление завершается образованием однослойного зародыша — бластулы. Стенка бластулы — бластодерма окружает первичную полость тела (бластоцель). В результате гаструляции образуется двухслойный или трехслойный зародыш — гаструла. Наружный зародышевый листок называется эктодермой, внутренний — энтодермой, между ними находится мезодерма. Гаструла у трехслойных животных имеет первичный рот — бластопор, полость первичной кишки — гастроцель и вторичную полость тела — целом. Начальным процессом, протекающим при гисто- и органогенезе, является нейруляция — образование нейрулы. Нейрула — стадия зародыша с комплексом осевых органов (нервная трубка, хорда, пищеварительная трубка), в которой активно происходит формирование всех остальных тканей и органов из зародышевых листков.

? Проверим знания

Ключевые вопросы. 1. Дайте определение понятия «онтогенез». Какие этапы он включает? **2.** Назовите стадии эмбриогенеза и название зародыша на этих стадиях. **3.** Охарактеризуйте стадию дробления и строение бластулы.

Сложные вопросы. 1. Животные каких систематических групп относятся к первичноротым, а какие — к вторичноротым? Почему? Приведите по три примера из каждой группы животных. **2.** Анализируя таблицу 18, установите соответствие между структурами зародыша (головной мозг, печень, орган зрения, волосы, дентин зубов, ногти, кости скелета, сердце, эмаль зубов, легкие, эпидермис кожи) и зародышевыми листками (эктодерма, энтодерма, мезодерма).

§ 34. Постэмбриональное развитие организмов

- **Вспомните,** как протекает эмбриональное развитие организмов. Чем заканчивается данный этап онтогенеза?
- **Как вы думаете?** Почему при общем сходстве эмбрионального развития у позвоночных животных постэмбриональное развитие протекает по-разному у разных систематических групп?
- **Вы узнаете,** что после рождения или выхода из яйцевых оболочек развитие организмов может быть прямым или непрямым, что непрямое развитие может протекать с неполным или полным превращением.

Правообладатель Народная асвета

В предыдущем параграфе вы познакомились с процессами, протекающими на этапе эмбрионального развития животных, который завершается формированием зародыша. Сформировавшийся зародыш далее выходит из яйца или тела матери в окружающую среду, где продолжает свое развитие.

Период развития организма с момента рождения или выхода из яйцевых оболочек до гибели называется ***постэмбриональным развитием***. Различают два типа постэмбрионального развития: прямое и непрямое (с превращением, или метаморфозом).

Прямое развитие характерно для животных, у которых яйцеклетки богаты желтком или зародыш развивается в организме матери, получая от него необходимые питательные вещества. Такой тип развития наблюдается у пресмыкающихся, птиц и млекопитающих. Рождающийся детеныш имеет все органы взрослого организма, но отличается от него меньшими размерами. Дальнейшее развитие сводится к росту и половому созреванию. Другими словами, на свет появляется уменьшенная копия исходной особи. Вылупившийся из яйца птенец или родившийся котенок похожи на взрослых животных соответствующего вида (рис. 56).

У птиц и млекопитающих сильно развита забота о потомстве. Детеныш, как правило, ведет такой же образ жизни, питается такими же видами корма, что и родители. Именно родители в ходе жизни обучают детеныша всему, что позволит ему максимально приспособиться к условиям среды и занять свою экологическую нишу в природе. Можно привести ряд примеров, подтверждающих это: хищники учат детенышей охотиться, птицы — птенцов летать.

Рис. 56. Сходство родителей и их потомков при прямом развитии

Правообладатель Народная асвета

Среди беспозвоночных прямое развитие наблюдается у кольчатых червей, брюхоногих и головоногих моллюсков, паукообразных и некоторых ракообразных (например, дафния, речной рак).

Преимущества прямого развития организмов: 1) формирование взрослой особи обычно проходит за более короткий промежуток времени; 2) не происходит существенной перестройки организма, соответственно, требуется сравнительно меньше энергии и питательных веществ.

Недостатки прямого развития организмов: 1) для осуществления эмбрионального развития требуется запасание большого количества питательных веществ (желтка) в яйцеклетках либо внутриутробное вынашивание потомства; 2) в случае перенаселения обостряется внутривидовая конкуренция между молодыми и взрослыми особями, поскольку они обитают в одинаковых условиях и используют общие источники пищи.

Непрямое развитие, или ***развитие с метаморфозом*** характерно для животных, у которых яйцеклетки бедны желтком. После оплодотворения в зиготе недостаточно питательных веществ для формирования у зародыша всех органов взрослой особи. Поэтому из яйца выходит личинка, имеющая более простое строение, со специальными личиночными органами, отсутствующими во взрослом состоянии. Личинка — организм, приспособленный к активному передвижению, питанию, росту и развитию, но не способный размножаться (за редким исключением). На стадии личинки организм растет и развивается не за счет запасных питательных веществ яйца, запас которых невелик, а за счет самостоятельного питания. Со временем личиночные органы заменяются органами, свойственными взрослым животным, т. е. происходит превращение (метаморфоз).

Метаморфоз представляет собой глубокие преобразования в строении личинки, в результате которых она превращается во взрослый организм. В зависимости от характера этих преобразований у животных различают два типа метаморфоза:

а) неполный метаморфоз, когда развитие животного включает три стадии: яйцо → личинка → взрослый организм;

б) полный метаморфоз, когда в развитии организма присутствует стадия куколки: яйцо → личинка → куколка → взрослая особь.

Рассмотрим более подробно их особенности. С *неполным метаморфозом* развиваются некоторые отряды насекомых (стрекозы, прямокрылые, равнокрылые, полужесткокрылые), двустворчатые моллюски, плоские

Правообладатель Народная асвета

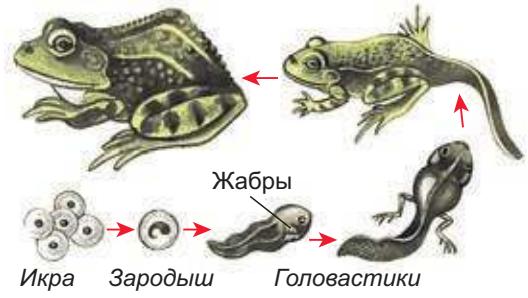


Рис. 57. Непрямое развитие с неполным метаморфозом на примере лягушки

(кроме ресничных) и круглые черви, некоторые ракообразные, костные рыбы, земноводные. Личиночная стадия может быть не похожа на взрослую особь как внутренним строением, так и внешним видом (рис. 57).

Часто личинка отличается от взрослой особи не только по строению, но и по образу жизни, способу питания, среде обитания.

▶ **Это интересно.** Например, у земноводных личинка (головастик) имеет жабры, боковую линию, двухкамерное сердце, один круг кровообращения, хорошо развитый хвост. Тогда как взрослые особи дышат покровами тела и легкими, имеют трехкамерное сердце, два круга кровообращения, две пары конечностей и большинство бесхвостые. Головастики обитают только в водной среде, кормятся растениями, а взрослые лягушки — хищники кормятся насекомыми, среда их жизни двойная (наземная и водная).

При неполном метаморфозе замена личиночных органов на органы взрослой особи происходит постепенно, без прекращения активного питания и передвижения личинки. У некоторых видов (членистоногие) развитие сопровождается линьками.

Полный метаморфоз дополнительно включает стадию куколки, в которой личинка превращается во взрослое животное (рис. 58). Такое развитие характерно только для некоторых отрядов насекомых (жесткокрылые, чешуекрылые, перепончатокрылые, двукрылые). Их личинка имеет червеобразную форму. У чешуекрылых она называется гусеницей и имеет очень простое строение. Ротовой аппарат у гусениц, в отличие от взрослых бабочек, всегда грызущий. Подавляющее большинство гусениц кормятся листьями. Когда гусеницы достигают больших размеров, они превращаются в куколок. В стадии покоящейся куколки личиночные органы подвергаются распаду, после чего клеточ-

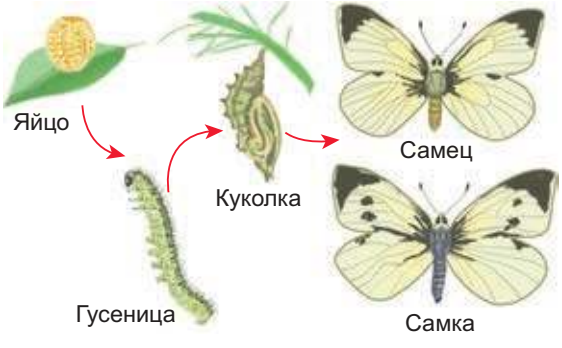


Рис. 58. Непрямое развитие с полным метаморфозом на примере бабочки

Правообладатель Народная асвета

ный материал и накопленные питательные вещества используются для формирования органов взрослого насекомого.

У многих видов насекомых личиночная стадия самая продолжительная, а взрослая (имаго) — короткая и служит исключительно для размножения.

▶ **Это интересно.** Например, у бабочек шелкопряда взрослые особи не имеют ротового аппарата, поэтому не могут кормиться. Личинки должны накопить достаточно питательных веществ, чтобы бабочки смогли спариваться и откладывать яйца. Действительно, большинство самок бабочек шелкопряда после выхода из куколки летают только один раз, чтобы отложить яйца. Затем они погибают.

Значение метаморфоза для развития многих видов животных очень велико. *Во-первых*, личинки самостоятельно накапливают материал для формирования постоянных органов, свойственных взрослым особям. *Во-вторых*, разные среда обитания, характер питания, образ жизни у личиночной стадии и взрослого организма снижают внутривидовую конкуренцию. Это способствует сохранению численности видов, так как отсутствует конкуренция за пищу, за места обитания и условия существования. *В-третьих*, активно передвигающаяся личинка для малоподвижных или прикрепленных животных (двустворчатые моллюски, коралловые полипы) способствует расселению вида и расширению ареала. Следовательно, непрямой тип развития дает организму значительные преимущества в борьбе за существование.

К недостаткам непрямого развития организмов можно отнести: 1) развитие во взрослую особь обычно занимает длительное время; 2) для осуществления метаморфоза требуется много энергии и пищи.

■ **Повторим главное.** Постэмбриональное развитие — период жизни организма с момента выхода в окружающую среду до гибели. Различают два типа постэмбрионального развития: прямое и непрямое (с превращением, или метаморфозом). Непрямое развитие включает стадию личинки и может протекать с неполным или полным метаморфозом. При неполном метаморфозе личинка превращается во взрослый организм (яйцо → личинка → взрослая особь). Такое развитие наблюдается у плоских (кроме ресничных) и круглых червей, двустворчатых моллюсков, некоторых ракообразных и насекомых, костных рыб и земноводных. При полном метаморфозе личинка превращается в куколку (яйцо → личинка → куколка → взрослая особь), а из нее выходит взрослый организм. Стадия куколки присутствует в жизненном цикле некоторых отрядов насекомых (жесткокрылые, чешуекрылые, перепончатокрылые, двукрылые).

Правообладатель Народная асвета

? Проверим знания

Ключевые вопросы. 1. Дайте определение понятия «постэмбриональное развитие». **2.** Какие типы постэмбрионального развития характерны для животных? Чем они различаются? **3.** Укажите преимущества и недостатки прямого развития животных. **4.** Из предложенного перечня выберите животных с полным превращением: лягушка, ящерица, капустная белянка, комнатная муха, устрица, майский жук, медоносная пчела.

Сложные вопросы. 1. Для каждого типа постэмбрионального развития подберите представителей животных, для которых он характерен. Типы развития: 1 — прямое, 2 — непрямое. Животные: щука, перловица, дождевой червь, лягушка, аскарида, прудовик, ящерица, стрекоза, аист, волк. **2.** Какие утверждения являются верными: 1) онтогенез — процесс внутриутробного развития живых организмов; 2) метаморфоз — процесс превращения личинки во взрослую особь; 3) головастик — личиночная стадия развития лягушки; 4) образование плаценты характерно для яйцекладущих животных; 5) в онтогенезе выделяют эмбриональный и постэмбриональный этапы; 6) внутриутробное развитие заканчивается выходом особи из яйца; 7) постэмбриональный этап начинается с оплодотворения?

§ 35. Онтогенез человека

- **Вспомните,** какие этапы включает онтогенез у животных. Какие стадии развития проходит зародыш? Какие типы постэмбрионального развития характерны для животных?
- **Как вы думаете?** Имеются ли отличительные особенности в онтогенезе человека по сравнению с животными?
- **Вы узнаете,** как протекает эмбриональное развитие человека, какие факторы окружающей среды оказывают влияние на развитие зародыша, какие стадии выделяют на этапе постэмбрионального развития человека.

Половые клетки человека. В курсе биологии 9-го класса вы познакомились со строением женской и мужской половых систем человека и с процессом созревания половых клеток — яйцеклеток и сперматозоидов. Они имеют такое же строение, как и половые клетки млекопитающих (см. рис. 44, 45). Вспомним процесс их образования.

Особенностью образования яйцеклеток у человека является то, что они закладываются в виде материнских клеток-предшественниц при развитии яичников у плода на эмбриональном этапе. С наступлением половой зрелости происходит поочередное созревание яйцеклеток с интервалом примерно в 28 дней — менструальный цикл. На полноценность созревающей яйцеклетки, ее жизнеспособность могут влиять как факторы внешней

Правообладатель Народная асвета

среды, так и внутриклеточные механизмы. Несозревшая или ослабленная яйцеклетка часто становится причиной бесплодия.

Процесс формирования сперматозоидов в семенниках мужчины начинается с периода полового созревания и происходит постоянно в течение всей жизни.

В ядрах клеток тела человека содержится по 46 хромосом. Из них 44 хромосомы одинаковы у мужчин и женщин — это *соматические хромосомы*, которые обеспечивают проявление основных процессов жизнедеятельности. Две другие — это *половые хромосомы*, определяющие пол организма. У мужчин это X- и Y-хромосомы, а у женщин — две X-хромосомы. В итоге общее количество хромосом в клетках тела мужчины составляет «44 + XY», а у женщины — «44 + XX». В ядрах половых клеток человека содержится по 23 хромосомы. Соответственно, набор хромосом в половых клетках мужчины — «22 + X» и «22 + Y», а у женщины — только «22 + X». Сочетание половых хромосом в зиготе определяет пол будущего ребенка.

Онтогенез человека, как и животных, включает два этапа: 1) эмбриональный (внутриутробный); 2) постэмбриональный.

Эмбриональный (внутриутробный) этап онтогенеза — развитие человека от образования зиготы до рождения. В нем различают три периода: начальный, зародышевый, плодный. Зародыш человека до завершения формирования зачатков органов называют эмбрионом, а после этого вплоть до рождения — плодом.

Начальный период длится от образования зиготы до формирования *бластоцисты* (5—6 дней). Оплодотворение у женщины происходит в маточной трубе, после чего образовавшаяся зигота продолжает движение по маточной трубе в сторону матки. Этому способствуют сокращения мышечного слоя трубы и движения ресничек эпителия. Питание зиготы до внедрения в маточную стенку осуществляется за счет желтка, в состав которого входят белки, жиры, минеральные соли, витамины.

После оплодотворения (через 24—30 ч) начинается *дробление* зиготы. Первоначально эмбрион представляет собой шаровидное образование из плотно прилегающих друг к другу 12—16 бластомеров, лишенное полости.

К 5—6 дню развития дробящийся эмбрион формирует *бластоцисту* — стадию зародыша, отличающуюся от бластулы и характерную только для плацентарных млекопитающих. Бластоциста представляет

Правообладатель Народная асвета

Оплодотворение яйцеклетки

1 день
Зигота

5 дней
Бластоциста

10 дней
Гаструла

4 недели
Начало органогенеза

5—6 недель
Появляются зачатки рук и ног, сердце начинает пульсировать

8—10 недель
Плод начинает двигаться, развивается головной мозг

11—12 недель
Появляются зачатки ногтей и зубов, основные органы сформированы

16 недель
Плод быстро растет, двигает ручками

18 недель
Рост плода достигает 20—25 см, масса 250—300 г

7 месяцев
Завершающий период развития

9 месяцев
Рождение человека

Рис. 59. Стадии эмбрионального развития человека

собой полый шар из наружного слоя клеток — бластомеров и расположенных внутри и прикрепленных к одной из стенок шара клеток внутреннего слоя (рис. 60).

Бластоциста попадает в матку, где около двух дней находится в свободном состоянии. В дальнейшем наружный слой клеток формирует пальцевидные выросты, обеспечивающие внедрение бластоцисты в слизистую оболочку матки (рис. 61). После этого начинается зародышевый период.

Зародышевый период — период от внедрения бластоцисты в стенку матки до формирования у эмбриона зачатков основных органов и их систем (от 7 дней до 8 недель).

Правообладатель Народная асвета

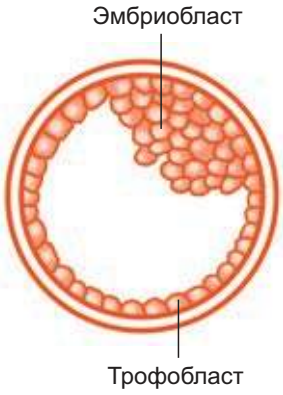


Рис. 60. Строение бластоцисты

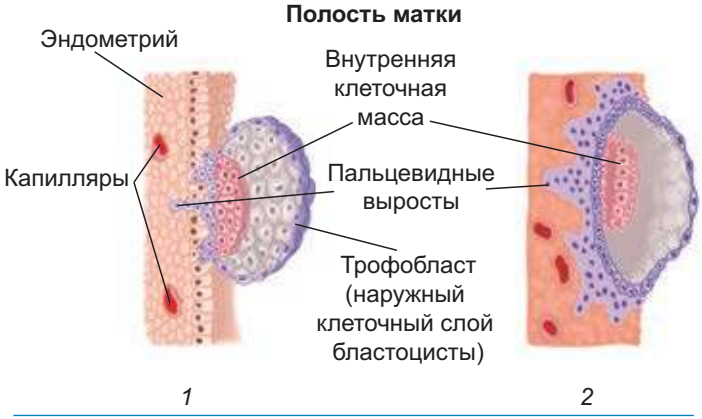


Рис. 61. Внедрение бластоцисты в стенку матки: *1* — начало; *2* — завершение

После внедрения в эмбрионе начинается стадия *гаструляции*. Образуются зародышевые листки: эктодерма, энтодерма и мезодерма. Затем следует период закладки зачатков основных органов и их систем — *гисто-* и *органогенез*. Так у восьминедельного эмбриона при длине около 40 мм и массе порядка 5 г уже имеются почти все структуры тела человека.

К концу 2-го месяца эмбрион приобретает черты внешнего сходства с человеком и, как отмечалось, называется *плодом*. С этого момента начинается плодный период.

Плодный период длится от образования плода и формирования плаценты до рождения (от 9 до 40 недель). Метаболизм плода осуществляется через плаценту, с которой он связан пупочным канатиком (пуповиной) (см. рис. 59). В плаценте имеются кровеносные сосуды, обеспечивающие плацентарное кровообращение. Через стенки кровеносных капилляров и ворсинок плаценты идет обмен газами и питательными веществами между организмами матери и плода. Кровь матери и плода никогда не смешиваются.

Общая продолжительность беременности составляет 270—280 дней (10 лунных месяцев). К моменту рождения плод в среднем весит 3—3,5 кг и имеет рост 50—55 см.

Влияние условий окружающей среды на внутриутробное развитие ребенка. Развитие организма человека представляет собой сложное сочетание таких процессов, как деление клеток, их перемещение и взаимодействие, образование тканей и органов. Любое нарушение этих процессов может вызвать ***пороки развития*** эмбриона или плода. Такие

Правообладатель Народная асвета

нарушения могут возникать под действием различных повреждающих факторов. К факторам риска развития врожденных пороков относятся: ионизирующее излучение, вирусные и бактериальные инфекции, патогенные микроорганизмы, гельминты, некоторые лекарственные препараты, алкоголь, курение, наркотики, недостаточное питание, профессиональные вредности, поздний материнский возраст, недостаточный медицинский контроль.

Нарушения в развитии чаще вызывают те факторы, которые действуют в определенные *критические периоды*, когда эмбрион или плод максимально чувствительны к конкретным воздействиям. У человека критическими периодами эмбрионального развития являются: оплодотворение; внедрение бластоцисты в стенку матки (7—8-й день эмбриогенеза); развитие комплекса осевых органов и плаценты (3—8-я недели); развитие головного мозга (15—20-я недели); формирование основных систем организма, в том числе половой (20—24-я недели).

§35-1

Постэмбриональный этап — развитие человека от рождения до смерти. В нем различают три периода: ювенильный, пубертатный, период старости.

Ювенильный (дорепродуктивный) период — начинается с момента рождения и продолжается до полового созревания. Главная особенность периода — это активный рост и развитие. У человека это период детства, который длится до окончания подросткового возраста. На этом этапе организму требуется достаточное количество питательных веществ и витаминов.

Пубертатный (репродуктивный) период — период зрелости. У разных людей этот возраст варьирует от 14—16 и до 55—60 лет. Наследственные особенности у каждого человека индивидуальны, поэтому сложно обозначить четкие границы. В этом периоде проходит основной жизненный этап, в том числе воспроизведение потомства, его воспитание и обучение.

Период старости (пострепродуктивный) — заключительный этап в жизни каждого человека, который заканчивается смертью. Люди в полной мере познают всю суть данного этапа, потому что старение происходит постепенно, смерть также наступает не мгновенно, если говорить о естественной смерти. Что же происходит в организме в этот период? Прежде всего, в организме человека снижается интенсивность обмена веществ. И как следствие, происходит нарушение ряда физиологических функций. Данный период завершает постэмбриональное развитие человека.

Правообладатель Народная асвета

■ **Повторим главное.** Онтогенез человека включает два этапа: эмбриональный и постэмбриональный. На эмбриональном этапе различают три периода: начальный, зародышевый, плодный. В начальном периоде происходят процессы образования бластоцисты из зиготы. В зародышевом периоде бластоциста внедряется в стенку матки и постепенно превращается в плод. Плодный период — это период развития плода до рождения. Постэмбриональный этап — развитие человека от рождения до смерти. Он включает три периода: ювенильный, пубертатный, период старости.

? Проверим знания

Ключевые вопросы. 1. Укажите продолжительность эмбрионального периода развития человека: 20 недель; 28 недель; 40 недель; 45 недель. **2.** Почему беременной женщине противопоказано курить? **3.** Назовите периоды эмбрионального и постэмбрионального этапов онтогенеза человека.

Сложные вопросы. 1. Как условия жизни матери влияют на формирование и развитие плода? Какие факторы нашей жизни могут повлиять на здоровье будущих детей? **2.** Как вы можете объяснить выражение «осознанное материнство и отцовство»? Что такое планирование беременности? Как оно способствует рождению здорового ребенка?

§35-2

ПОДВЕДЕМ ИТОГИ

Для живых организмов характерны два типа размножения организмов в природе — бесполое и половое. Бесполое размножение может осуществляться делением клетки, почкованием, спорообразованием, фрагментацией и вегетативно. При половом размножении наблюдается половой процесс, формами которого являются конъюгация и копуляция. Мужские гаметы образуются в семенниках, женские — в яичниках. После осеменения происходит оплодотворение. Оно может быть наружное (в водной среде) или внутреннее (в половых путях самки). Особой формой полового процесса является партеногенез — размножение без оплодотворения.

При размножении растений происходит чередование бесполого и полового поколений. Бесполое поколение образует споры, из которых развивается половое поколение. У покрытосеменных половое поколение представлено пыльцевым зерном, содержащим два спермия, и зародышевым мешком с одной яйцеклеткой. После опыления происходит двойное оплодотворение с участием двух спермиев. Из зиготы образуется зародыш, из семязачатка — семя, а из завязи — плод.

Правообладатель Народная асвета

В ходе эволюции происходило усложнение организации бесполого поколения, тогда как строение полового поколения упрощалось.

Онтогенез у животных включает два этапа: эмбриональный и постэмбриональный. На эмбриональном этапе выделяют три стадии: дробление, гаструляция, гисто- и органогенез. Дробление завершается образованием однослойного зародыша — бластулы. В результате гаструляции образуется двухслойный или трехслойный зародыш — гаструла. Наружный зародышевый листок называется эктодерма, внутренний — энтодерма, между ними находится мезодерма. На начальной стадии гисто- и органогенеза образуется нейрула, в которой из зародышевых листков вначале формируются осевые органы (нервная трубка, хорда, пищеварительная трубка), а затем все остальные ткани и органы.

Постэмбриональное развитие у животных может быть прямое или непрямое (с превращением, или метаморфозом). Прямое развитие у позвоночных происходит без личиночной стадии. Непрямое развитие включает стадию личинки и может протекать с неполным или полным метаморфозом. При неполном метаморфозе личинка превращается во взрослый организм: яйцо → личинка → взрослая особь. При полном превращении личинка превращается в куколку: яйцо → личинка → куколка → взрослая особь.

Онтогенез человека, как и животных, включает два этапа: эмбриональный и постэмбриональный. На эмбриональном этапе различают три периода: начальный, зародышевый, плодный. В начальном периоде происходят процессы образования бластоцисты из зиготы. В зародышевом периоде бластоциста внедряется в стенку матки и постепенно превращается в плод. Плодный период — это период развития плода до рождения. Постэмбриональный этап — это этап развития человека от рождения до смерти. Он включает три периода: ювенильный, пубертатный, период старости.

Правообладатель Народная асвета

Глава 4

Вид и популяция

Вы узнаете:

- *критерии вида;*
- *основные свойства популяции;*
- *какова структура популяции.*

Вы научитесь:

- *проводить сравнение разных видов организмов по разным критериям;*
- *прогнозировать дальнейшее развитие популяций по их свойствам;*
- *использовать приобретенные знания о видах и популяциях для правильного отношения к ним.*

В данной главе вы узнаете, что вид как биологическая система включает особей, сходных по ряду критериев. Структурной единицей существования вида в пределах ареала является популяция. Вы изучите свойства и типы структуры популяций. Узнаете, что на основании информации о свойствах и структуре популяции человек может составлять прогноз дальнейшего изменения ее численности. Это дает возможность правильно планировать мероприятия по взаимодействию с популяцией: использовать ее для своих целей или аргументированно обосновать меры по охране.

§ 36. Вид — биологическая система. Критерии вида

- **Вспомните,** что такое вид как структурная единица живой природы.
- **Как вы думаете?** Что объединяет организмы в один вид? Достаточно ли для этого одного какого-то признака? Почему вы так считаете?
- **Вы узнаете** о критериях вида и их относительном характере, о видах-эндемиках и видах-космополитах.

Понятие вида как формы существования жизни. При изучении многообразия растительного и животного мира в 7-м и 8-м классах вы познакомились с понятием вида как таксономической единицей. Во введении к данному пособию говорилось о том, что жизнь на планете Земля

Правообладатель Народная асвета

представляет собой совокупность соподчиненных биологических систем, различающихся по уровню организации. Одним из уровней организации жизни является *популяционно-видовой*. В данном параграфе вам предстоит познакомиться с понятием вида как формы существования жизни — биологической системы, представляющей популяционно-видовой уровень организации жизни.

Согласно биологической концепции, вид рассматривается как репродуктивно закрытая биологическая система живой природы, состоящая из относительно изолированных групп особей — популяций, которые способны скрещиваться между собой.

Вид — совокупность особей, обладающих наследственным сходством по морфофизиологическим, биохимическим, эколого-географическим и генетическим признакам, способных свободно скрещиваться между собой и давать плодовитое потомство.

Для того чтобы отнести особей к одному и тому же или к разным видам, их сравнивают между собой по ряду определенных характерных признаков — критериев.

Критерии вида. ***Критерием вида*** называют совокупность характерных однотипных признаков, по которым особи одного вида схожи, а особи разных видов различаются между собой. Единственного критерия, позволяющего различать виды, не существует. Поэтому исследователям всегда приходится пользоваться комплексом разных критериев. В современной биологии выделяют следующие основные критерии вида: морфологический, физиологический, биохимический, генетический, экологический, географический.

Рис. 62. Морфологические различия разных видов клевера

Морфологический критерий отражает совокупность характерных признаков внешнего строения. Например, виды клевера различаются по окраске соцветий, форме и окраске листьев (рис. 62). Этот критерий относительный. В пределах вида особи могут заметно различаться по строению в зависимости от

Правообладатель Народная асвета

Рис. 63. Внешние различия самцов и самок — доказательство относительности морфологического критерия

пола (*половой диморфизм*), стадии развития, способа размножения, условий среды обитания, принадлежности к сортам или породам.

Например, у львов самцы имеют гриву, а у самок ее нет, у кряквы самец ярко окрашен, а самка темно-бурая (рис. 63). У бабочки капустной белянки гусеница отличается от взрослой особи внешними признаками. У папоротника щитовника мужского бесполое поколение имеет листья и корни, а половое — представлено зеленой пластинкой с ризоидами. В то же время ряд видов настолько схожи по морфологическим признакам, что их называют видами-двойниками. Например, некоторые виды малярийных комаров, дрозофил внешне не различаются, но не скрещиваются между собой.

Таким образом, на основании одного морфологического критерия нельзя судить о принадлежности особи к тому или иному виду.

Физиологический критерий — совокупность характерных особенностей жизнедеятельности (размножения, пищеварения и др.). Одним из признаков является способность особей скрещиваться. Особи разных видов не могут скрещиваться из-за несовместимости половых клеток, несоответствия строения копулятивных органов и поведения в брачный период. У особей разных видов могут быть значительные различия по способу питания, виду корма. Например, среди жесткокрылых одни жуки питаются частями растений (майский жук, колорадский жук), другие являются хищниками (зернистая жужелица, божья коровка), а третьи питаются экскрементами (обыкновенный навозник). Из курса биологии 8-го класса вспомните различия видов по другим процессам жизнедеятельности.

Этот критерий относительный, поскольку особи одного вида иногда не могут скрещиваться. У мух дрозофил невозможность спаривания может быть обусловлена различием в строении полового аппарата. И наоборот, известны такие виды, представители которых могут скрещиваться между собой, например лошадь и осел. Представители некоторых видов ив,

Правообладатель Народная асвета

тополей, зайцев при скрещивании также образуют межвидовые гибриды. Это доказывает их сходство по процессу размножения. Особи одного вида на разных стадиях развития могут различаться по пищевым предпочтениям. Например, у насекомых взрослые бабочки питаются пыльцой и нектаром, а их личинки — листогрызущие; взрослые лягушки являются хищниками, а головастики — растительноядные. В то же время у разных видов может быть одинаковый способ питания. Например, личинки бабочек, кузнечиков, саранчи имеют грызущий ротовой аппарат и питаются растительной пищей. Из этого следует, что для определения видовой принадлежности особей недостаточно сравнивать их только по физиологическому критерию.

Биохимический критерий отражает характерный химический состав организма и обмен веществ. Нет веществ или биохимических реакций, характерных только для определенного вида. Особи одного вида могут значительно различаться по этим показателям. Тогда как у особей разных видов синтез белков и нуклеиновых кислот происходит одинаково. Ряд биологически активных веществ играют аналогичную роль в обмене веществ у разных видов. Например, хлорофилл у всех зеленых растений участвует в фотосинтезе, гемоглобин у всех позвоночных животных переносит кислород. Значит, определение видовой принадлежности особей на основании одного биохимического критерия тоже невозможно.

Генетический критерий характеризуется определенным набором хромосом, сходных по размерам, форме и составу. Этот критерий является фактором репродуктивной изоляции, поддерживающей генетическую целостность вида. Однако и этот критерий не является абсолютным. У особей одного вида число, размеры, форма и состав хромосом могут различаться в результате разного рода изменений, произошедших под действием факторов среды. В то же время при скрещивании некоторых видов иногда появляются жизнеспособные плодовитые межвидовые гибриды. Например, рожь и пшеница, канарейка и зяблик не только скрещиваются, но и дают плодовитое потомство, что доказывает сходство их наборов хромосом. Таким образом, сходства по данному критерию также недостаточно, чтобы отнести особей к одному виду.

Экологический критерий — это совокупность характерных факторов среды, необходимых для существования вида. Каждый вид может обитать в той среде, где климатические условия, особенности почвы, характер рельефа и источники пищи соответствуют его пределам выносливости. Например, лютик едкий произрастает на пойменных лугах, лютик ползучий — по берегам рек и канав, лютик жгучий — на заболоченных местах. Существуют, однако, виды, которые не имеют строгой экологической приуроченности. Это виды, которые находятся под опекой человека:

Правообладатель Народная асвета

комнатные и культурные растения, домашние животные. Их условия среды существенно отличаются от природных условий обитания представителей этих видов. У вида с разорванным ареалом особи будут обитать в различающихся условиях среды. В то же время большое число видов имеет совпадающие (накладывающиеся) или перекрывающиеся ареалы, поэтому обитает в одинаковых экологических условиях.

Приведенные примеры доказывают относительный характер экологического критерия и необходимость использования других критериев при определении принадлежности особей к данному виду.

Географический критерий определяет способность особей данного вида заселять определенную часть земной поверхности (территорию или акваторию) — ареал. Например, лиственница сибирская распространена в Сибири (Зауралье), а лиственница даурская — в Приморском крае (Дальний Восток), морошка — в тундре, а черника — в умеренном поясе, медведь белый — в арктическом поясе, а медведь бурый — в лесах умеренного пояса.

Этот критерий указывает на приуроченность вида к определенному местообитанию. Но есть виды, не имеющие четких границ расселения, а обитающие практически повсеместно (подорожник большой, пастушья сумка, крыса серая, воробей городской). К ним можно отнести виды, которые обитают рядом с человеком или его жилищем и называются *синантропными видами* (муха комнатная, клоп постельный, мышь домовая, таракан рыжий). Существуют виды, которые имеют разорванный ареал. Так, например, липа растет в Европе и встречается в Кузнецком Алатау и Красноярском крае. Голубая сорока также имеет две части ареала — западноевропейскую и восточносибирскую. У разных видов могут быть совпадающие местообитания. В силу этих обстоятельств географический критерий, как и другие, не является абсолютным и не может использоваться в качестве единственного для определения видовой принадлежности особей.

Таким образом, ни один из описанных критериев не является абсолютным и универсальным, поэтому при определении принадлежности особи к конкретному виду следует учитывать все критерии.

Ареал вида. Понятие об эндемиках и космополитах. Согласно географическому критерию, каждый вид в природе занимает определенную территорию или акваторию — ареал.

Ареал (от лат. *area* — площадь, пространство) — часть земной поверхности, в пределах которой распространены и проходят полный цикл развития особи данного вида.

Ареал может быть сплошным или прерывистым, обширным или ограниченным. Виды, имеющие обширный ареал в пределах разных

Правообладатель Народная асвета

континентов, называются ***видами-космополитами*** (грибы, лишайники, человек и синантропные виды).

Когда ареал распространения очень узкий и находится в пределах небольшого региона, то населяющий его вид называется ***эндемиком*** (от греч. *éndēmos* — местный). Например, ехидна и утконос обитают только в Австралии. Гинкго билоба в естественных условиях произрастает только в Китае, рододендрон остроконечный и лилия даурская — только на Дальнем Востоке.

■ **Повторим главное.** Вид представляет собой совокупность особей, сходных по следующим критериям: морфологическому, физиологическому, биохимическому, генетическому, экологическому, географическому. Однако все эти критерии носят относительный характер, поэтому при определении видовой принадлежности особей используют все перечисленные критерии. Каждый вид в природе населяет определенную часть земной поверхности — ареал, в пределах которого проходит полный цикл развития его особей. Виды, имеющие обширный ареал, называются космополитами, а виды с очень узким ареалом — эндемиками.

? Проверим знания

Ключевые вопросы. 1. Что из перечисленного не относится к критериям вида: 1) генетический; 2) биоценотический; 3) клеточный; 4) географический; 5) морфологический? **2.** В приведенном перечне назовите представителей видов-эндемиков: утконос, заяц беляк, медведь бурый, ехидна, гинкго билоба, ландыш, кенгуру, лилия даурская. **3.** Выберите характеристики генетического критерия вида: 1) существует ряд критериев, по которым один вид отличается от другого; 2) каждый вид имеет свой видовой кариотип; 3) важным признаком вида является ареал его обитания; 4) у особей одного вида хромосомы имеют сходное строение; 5) соматические клетки человека имеют 46 хромосом; 6) для большинства млекопитающих характерен половой диморфизм. Почему его нельзя считать абсолютным?

Сложные вопросы. 1. Прочитайте текст. Выберите три предложения, в которых даны описания биохимического критерия вида Крапива двудомная. 1) Крапива двудомная — многолетнее травянистое растение с мощной корневой системой. 2) Крапива защищена от поедания травоядными животными жгучими волосками. 3) Каждый волосок представляет собой крупную клетку. 4) В стенке волоска содержатся соли кремния, которые придают ему хрупкость. 5) Содержание муравьиной кислоты в клеточном соке волосков не превышает 1,34 %. 6) Молодые листья крапивы содержат много витаминов, поэтому используются в пищу. Почему этот критерий нельзя считать абсолютным? **2.** Какие критерии вида можно определить по названиям следующих групп видов: 1) мышь домовая, муха комнатная, клоп постельный; 2) медведь бурый, заяц беляк, крыса серая, медведь белый? Какое общее название можно дать видам первой группы? Почему они могут служить доказательством относительного характера одного из критериев вида?

Правообладатель Народная асвета

§ 37. Понятие популяции. Свойства популяции

- **Вспомните,** что такое вид. По каким критериям особей относят к одному виду?
- **Как вы думаете?** Отличаются ли особи одного вида, населяющие разные участки ареала, неоднородного по условиям среды?
- **Вы узнаете** о структурных единицах вида — популяциях, познакомитесь с их основными свойствами.

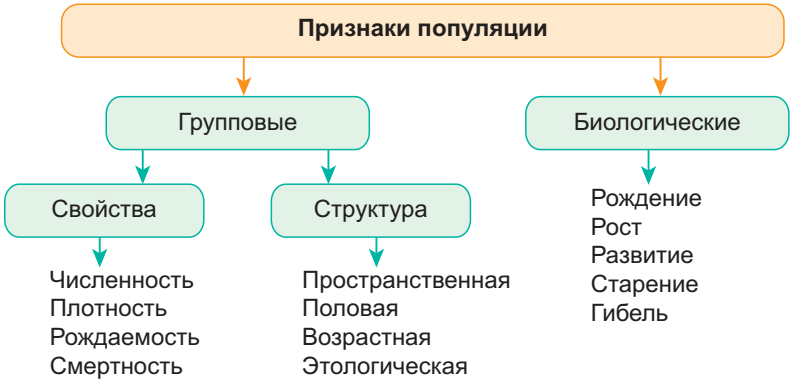
Популяция — структурная единица существования вида. Каждый вид заселяет ареал не просто как скопление особей, а в виде относительно обособленных групп разного масштаба. Формирование этих групп является следствием разнообразия абиотических факторов и наличия различных преград (реки, горы) в пределах ареала. Такие группы особей, неравноценные по ряду признаков и населяющие разные по условиям участки ареала, были названы популяциями. Термин «популяция» ввел в экологию датский биолог В. Иогансен в 1903 г.

Популяция (от лат. *populus* — народ, население) — способная к саморегуляции группа особей одного вида, обитающих на общей территории, свободно скрещивающихся между собой и дающих плодовитое потомство.

Популяция — это форма существования вида в пространстве с относительно однородными условиями обитания.

Как биологическая система популяция имеет свои собственные признаки (*групповые признаки*). Но поскольку она состоит из особей одного вида, то ей присущи и общие видовые признаки (*биологические признаки*), характеризующие стадии ее жизненного цикла. Любая популяция в природе существует ограниченное время. Этот интервал времени можно назвать *жизненным циклом популяции*, поскольку он включает стадии, аналогичные стадиям жизненного цикла организма. В определенный момент времени в определенной среде появляется группа особей одного вида (рождение популяции). Численность и биомасса особей увеличиваются (рост популяции), происходит изменение половой и возрастной структуры (развитие популяции). В определенный момент исторического времени в силу ряда внешних или внутренних причин численность популяции начинает снижаться (старение популяции) и популяция прекращает свое существование в данной среде (гибель популяции). Однако признаки популяции, характеризующие стадии ее жизненного цикла, не позволяют получить полное представление о ней как о самостоятельной биологической системе. Разнообразие признаков популяции можно показать с помощью схемы (с. 168).

Правообладатель Народная асвета



Групповые признаки разделяют на свойства и структуру. Именно они позволяют человеку прогнозировать будущее популяции и правильно с ней взаимодействовать. Рассмотрим характеристику свойств популяций.

Численность — это общее количество особей одного вида на участке ареала с однородными экологическими условиями. Например, 3500 сосен в смешанном лесу или 160 лягушек в водоеме. Определить общую численность популяции можно только для крупных и хорошо заметных особей. Чаще всего ее показатель рассчитывают путем умножения плотности на площадь ареала популяции. Численность популяции постоянно изменяется, но ее колебания ограничиваются верхним и нижним пределами. Выход за эти пределы может привести к гибели популяции.

Верхний предел численности — максимальное количество особей, способных существовать в данной части ареала. Оно зависит от количества корма, площади занимаемой территории и силы воздействия экологических факторов. Если численность достигает верхнего предела, то начинается гибель особей из-за нехватки корма. Из-за повышенной контактности возникают эпидемии, что в конечном итоге может привести к гибели всей популяции. Следовательно, если численность близка к верхнему пределу, то часть особей следует изъять из популяции. Это может быть переселение на свободную территорию, использование в хозяйственных целях, санитарный отстрел или вырубка.

Нижний предел численности — минимальное количество особей, способных обеспечить длительное существование популяции. Он зависит от биологических свойств организмов и является величиной постоянной для всех популяций в пределах вида. Снижение численности ниже нижнего предела является причиной снижения возможности встречи полов для размножения особей. Это неизбежно приводит к вымиранию популяции. Вот почему популяции с очень малой численностью особей длительно существовать не могут. Известны случаи вымирания популяций

Правообладатель Народная асвета

даже в заповедниках со строгим режимом охраны, когда их численность снижалась ниже нижнего предела.

Следовательно, если численность приближается к нижнему пределу, следует осуществлять охрану популяции или вселять новые особи, чтобы не допустить уменьшения численности ниже предела. Всем популяциям присущи периодические (сезонные и многолетние) колебания численности под влиянием биотических и абиотических факторов среды (*популяционные волны*, или *волны жизни*).

Плотность — количество особей популяции или биомассы в расчете на единицу площади или объема. Например, 120 сосен на 1 га леса или 0,5 г биомассы дафний в 1 л воды водоема характеризуют плотность популяции этих видов. Этот показатель прямо пропорционален численности. При увеличении численности плотность не повышается или даже снижается лишь в том случае, если возможно расселение особей вследствие расширения ареала. При отсутствии расселения показатель плотности популяции позволяет количественно сравнивать отдельные популяции, независимо от общего размера занимаемой ими территории или акватории. Плотность, как и численность, имеет верхний и нижний пределы, поэтому прогноз для популяции можно давать и на основании плотности.

Рождаемость — число особей, появившихся в популяции в единицу времени за счет размножения особей. В экологии под рождаемостью понимают любой способ появления новых особей (деление клетки, прорастание семян, вылупливание из яиц, живорождение). Для популяции можно рассчитать абсолютную и удельную рождаемость. *Абсолютная рождаемость* — отношение числа потомков к периоду времени, за который они появились. *Удельная рождаемость* — число особей, появившихся в единицу времени в расчете на одну особь популяции. В популяциях людей расчет проводится на 1000 человек.

§37-1

Как правило, при повышении рождаемости численность популяции увеличивается, если смертность не превышает ее. Но иногда в популяции отмечается высокая рождаемость, а численность особей в ней остается либо прежней, либо даже снижается. Это может быть связано с повышением смертности особей или с их расселением на новые территории.

Смертность — количество особей, погибших за единицу времени. Смертность по характеру влияния на численность природных популяций является свойством, противоположным рождаемости. Но охарактеризовать ее можно аналогичными по способу расчета показателями: *абсолютной смертностью* и *удельной смертностью*. Увеличение смертности, как правило, приводит к снижению численности популяции, если нет увеличения рождаемости, и свидетельствует о неблагоприятном воздействии факторов окружающей среды.

Правообладатель Народная асвета

Соотношение между рождаемостью и смертностью определяет скорость роста численности популяции. Если показатель рождаемости ниже показателя смертности, то численность популяции снижается (отрицательный рост численности), и она нуждается в охране. Наоборот, если смертность ниже рождаемости, то численность популяции возрастает (положительный рост численности), и из нее возможно изъятие особей. В случае равенства рождаемости и смертности численность популяции поддерживается на постоянном уровне, и популяция является стабильной.

■ **Повторим главное.** Популяция — способная к саморегуляции группа особей одного вида, обитающих на общей территории, свободно скрещивающихся между собой и дающих плодовитое потомство. Любая популяция имеет биологические и групповые признаки (свойства и структуру). К свойствам популяции относятся численность, плотность, рождаемость и смертность. Численность и плотность имеют верхний и нижний пределы, выход за которые приведет к гибели популяции. Для рождаемости и смертности можно рассчитать их абсолютный и удельный показатели. Соотношение между рождаемостью и смертностью определяет скорость роста численности популяции и позволяет прогнозировать изменение численности популяции.

? Проверим знания

Ключевые вопросы. 1. Укажите, какие группы особей из приведенных примеров можно назвать популяциями: а) кустарники на опушке леса; б) березы в березовой роще; в) виноградные улитки на садовом участке; г) водоплавающие птицы на Браславских озерах; д) особи зеркального карпа в рыбоводном пруду. Обоснуйте ваш выбор. **2.** Перечислите свойства популяции. Для определения каких свойств требуется интервал времени, а какие из них можно оценить в любой момент? **3.** От чего зависят верхний и нижний пределы численности популяции? Дайте прогноз для популяции, если ее численность выйдет за эти пределы. Какие меры нужно предпринять, чтобы этого не произошло?

Сложные вопросы. 1. Сколько видов и сколько популяций можно насчитать в сочетаниях особей: мыши полевые на пшеничном поле и мыши лесные в смешанном лесу; растения рябины обыкновенной в лесу и в парке; растения сосны обыкновенной в центре леса и на его окраине; растения ели европейской в хвойном лесу и сосны обыкновенной в смешанном лесу? **2.** Каким образом осушение болота и строительство на его месте жилых домов или шоссе с движением в четыре ряда может нанести вред популяциям организмов, обитающим в этом районе? Ответ дайте с учетом свойств популяции. **3.** В одном из парков 20 семей грачей отложили за 2 года 160 яиц. Из них вылупилось и оперилось только 80 птенцов. Рассчитайте для данной популяции величину абсолютной и удельной рождаемости. Чему будет равна плотность популяции грачей к концу второго года, если за этот период погибло 60 особей, а площадь парка составляет 2 га?

§37-2

Правообладатель Народная асвета

§ 38. Структура популяции

- **Вспомните,** какие свойства характеризуют популяции как структурные единицы вида.
- **Как вы думаете?** Достаточно ли знать только свойства популяции, чтобы прогнозировать дальнейшее изменение ее численности? Почему экологию популяций нельзя свести к экологии особей?
- **Вы узнаете** об особенностях пространственной, половой, возрастной и этологической (поведенческой) структуры популяций, об их роли в формировании численности популяций.

Структура популяции — это соотношение особей по какому-либо признаку или по характеру их распределения в среде обитания. Различают пространственную, половую, возрастную и этологическую (поведенческую) структуры популяции.

Пространственная структура — это характер распределения особей популяции на занимаемой территории. В природе популяциям свойственны три типа пространственного распределения особей: случайное, равномерное, групповое (рис. 64). Они формируются в зависимости от степени неоднородности среды обитания, биологических особенностей вида и поведения особей.

Случайное распределение отмечается тогда, когда особи встречаются редко и их местонахождение не зависит друг от друга. Оно наблюдается, если среда обитания достаточно благоприятна и однородна по экологическим условиям. При этом плотность популяции невелика и биологические особенности вида не позволяют особям образовывать группы. Например, редкие растения, гидры, пауки, двустворчатые моллюски, мелкие животные степей и пустынь.

Равномерное распределение наблюдается у видов, жестко конкурирующих за

Случайное

Равномерное

Групповое

Рис. 64. Типы пространственного распределения особей в популяциях

Правообладатель Народная асвета

пищевые ресурсы и территорию. Тенденция к равномерному распределению особей у некоторых животных может быть обусловлена мечением и охраной мест обитания. В природе равномерное распределение встречается довольно редко. Например, кустарники в пустыне, конкурируя за влагу, распределены довольно равномерно. Поддерживают между собой определенную дистанцию некоторые виды хищных рыб, птиц и млекопитающих, охраняющих свои кормовые территории.

Групповое распределение наиболее распространено в природе. Неоднородность среды, ограниченность мест обитания, биологические особенности вида, способы размножения могут приводить к объединению особей в группы. Групповое распределение у растений обусловлено их способами размножения и распространения семян и плодов. Например, некоторые растения образуют крупные, тяжелые плоды (орех лещины, желудь дуба), которые падают рядом с деревом и тут же прорастают, образуя группы. При вегетативном размножении корневищами у растений также формируются группы (пырей ползучий, ландыш майский, клевер ползучий).

У многих млекопитающих и птиц наблюдается социальное поведение, которое приводит к образованию групп с социальной иерархией (стаи, стада, колонии, табуны, семьи, гаремы) (рис. 65).

Выживаемость особей в группе повышается благодаря лучшим возможностям для защиты от врагов, обнаружения корма, противостояния неблагоприятным факторам среды, формирования микроклимата. Например, стае волков легче охотиться, а табуну лошадей — защищаться от волков. Стае скворцов проще спастись от ястреба, косяку мелких рыб — от крупных хищных рыб. Пингвины в колонии, образуя плотное скопление и постоянно меняясь местами, легче переносят холод. В семь-

Рис. 65. Социальные группы животных: *1* — колония пингвинов; *2* — стадо слонов

Правообладатель Народная асвета

ях птиц и млекопитающих благодаря заботе родителей повышается выживаемость потомства. Группа растений способна лучше противостоять ветру, эффективнее использовать воду.

Половая структура — это соотношение численности особей разного пола в популяции. В природных популяциях при половом размножении в момент оплодотворения соотношение зигот по половой принадлежности, как правило, близко к 1 : 1. В дальнейшем это соотношение может меняться в зависимости от различных факторов среды.

▶ **Это интересно.** Изменение соотношения полов на эмбриональном этапе развития отмечается у тутового шелкопряда. Пол особи у него зависит от температуры окружающей среды. Эту особенность использует в шелководстве человек. Поскольку в коконах, завиваемых самцами, шелка на 25 % больше, то для получения большего количества самцов яйца выдерживают при температуре, благоприятной для их развития.

Таким образом, в эмбриональный период на генетическую обусловленность пола накладывается влияние факторов среды, что приводит к изменению соотношения полов при рождении особей.

К моменту полового созревания соотношение полов также изменяется. Оно зависит от устойчивости особей разного пола к факторам среды, что связано с физиологическими, экологическими, поведенческими и другими особенностями самцов и самок. Так, в популяциях фазанов, больших синиц, крякв отмечается преобладание численности самок, а в популяциях пингвинов, наоборот, преобладают самцы.

▶ **Это интересно.** У человека в среднем на 100 девочек рождается 106 мальчиков. В течение жизни из-за повышенной смертности мужского пола это соотношение изменяется и к 50 годам составляет 85 мужчин на 100 женщин, а к 80 годам — 50 мужчин на 100 женщин.

Соотношение особей разного пола и особенно доля размножающихся самок значительно влияют на численность, плотность и рождаемость популяции. Поэтому определение половой структуры природных популяций позволяет человеку правильно планировать мероприятия по взаимодействию с ними: использовать популяции для своих целей или принимать меры по их охране.

Возрастная структура — соотношение в популяции возрастных групп особей, различающихся по способности к воспроизводству. В природных популяциях животных выделяют три возрастные группы. Молодые особи,

§38-1

Правообладатель Народная асвета

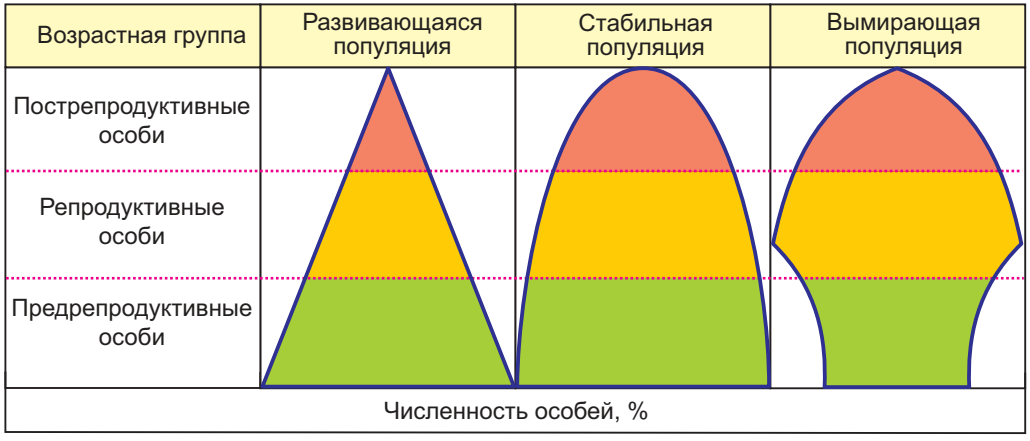


Рис. 66. Типы возрастных пирамид в популяциях животных

не достигшие полового созревания и еще не способные давать потомство, — это *предрепродуктивные особи*. Половозрелые размножающиеся особи — это *репродуктивные особи*. Старые особи, утратившие функцию размножения и уже не дающие потомства, — это *пострепродуктивные особи*.

Количественное соотношение численности (в %) разных возрастных групп в популяциях животных выражают с помощью возрастных пирамид (рис. 66). Они позволяют прогнозировать дальнейшее изменение численности популяции. Популяция с большой долей предрепродуктивных особей относительно других возрастных групп будет иметь возрастную пирамиду с широким основанием — она будет увеличивать свою численность. При относительно равномерном распределении особей по возрастным группам популяция находится в стабильном состоянии. При малой доле предрепродуктивных особей популяция будет иметь возрастную пирамиду с узким основанием — ее численность будет снижаться. Она нуждается в охране или дополнительном вселении особей.

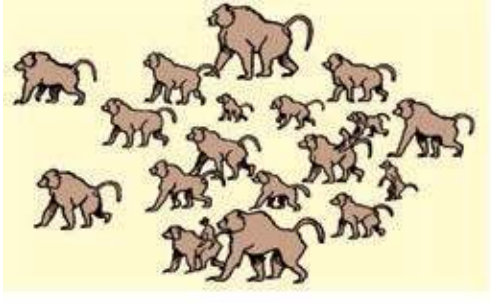
Возрастные различия в популяции существенно усиливают ее экологическую неоднородность, то есть обеспечивают особям неодинаковую сопротивляемость факторам среды. Возрастная структура популяции имеет приспособительный характер. Она формируется на основе биологических свойств вида, но всегда отражает и силу воздействия факторов окружающей среды. Возрастная структура популяции влияет как на рождаемость, так и на смертность в данный момент и показывает, что может произойти с популяцией в будущем. Изучение соотношения возрастных групп в популяциях имеет практическую значимость для человека. Оно позволяет

Правообладатель Народная асвета

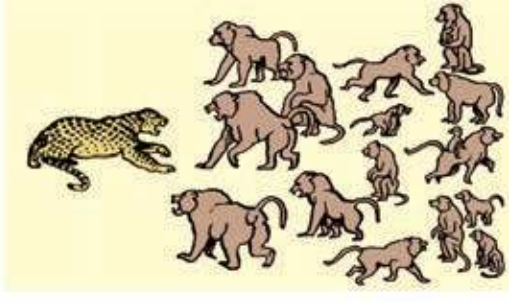
оценить, какую возрастную группу и в каком объеме можно изъять для использования. Или наоборот, какая возрастная группа особей в наибольшей степени нуждается в охране.

Этологическая (поведенческая) структура — соотношение особей по комплексу поведенческих реакций в социальных группах. Эта структура характерна для животных. При изучении биологии в 8-м классе вы познакомились с разнообразием поведенческих реакций животных. В некоторых популяциях особи ведут одиночный образ жизни. По поведению они равнозначны и независимы друг от друга (божьи коровки, жужелицы, бабочки). Есть временные группы особей, например скопления морских черепах на островах в период размножения, скопления животных у водопоя в период засухи, в которых особи по поведению также независимы друг от друга. В большинстве случаев особи объединяются в социальные группы — семьи, колонии, стада, стаи, гаремы. При семейном образе жизни у птиц и млекопитающих поведение родителей различается в зависимости от того, кто из них ухаживает за потомством. В связи с этим различают семьи отцовского, материнского и смешанного типов. В семьях пчел, термитов, муравьев этологические группы формируются в результате разделения труда и специализации особей.

Наиболее сложная этологическая структура отмечается в стаях и стадах, где имеет место система «доминирования-подчинения». У разных видов животных она зависит от типа иерархии. При иерархической организации популяций особям свойствен закономерный порядок перемещения, расположения на отдых, определенная организация при защите от врагов (рис. 67).



При движении к месту кормления



При нападении хищника

Рис. 67. Порядок расположения особей в стаде павианов: первое кольцо образуют самцы, второе — самки, в центре — молодняк

Правообладатель Народная асвета

■ **Повторим главное.** Для популяций характерны пространственная, половая, возрастная и этологическая структуры. Пространственная структура — случайное, равномерное или групповое распределение особей. Половая структура — соотношение мужских и женских особей, зависит от возраста особей и факторов среды. Возрастная структура — соотношение предрепродуктивных, репродуктивных и пострепродуктивных особей. Этологическая (поведенческая) структура — соотношение особей, различающихся по комплексу поведенческих реакций.

? Проверим знания

Ключевые вопросы. 1. Назовите типы пространственной структуры популяций и причины их формирования. Приведите примеры живых организмов с различным типом пространственной структуры популяций. **2.** Почему изменяется соотношение полов в популяциях на разных стадиях жизненного цикла особей? **3.** Приведите примеры разных типов этологической структуры в социальных группах животных.

Сложные вопросы. 1. Какое значение для хозяйственной и природоохранной деятельности человека имеет изучение возрастной структуры популяций? **2.** Две популяции промысловых рыб обитают в разных водоемах и имеют разную возрастную структуру: у одной популяции возрастная пирамида с широким основанием, а у другой — с узким. Составьте план мероприятий по нормализации возрастной структуры данных популяций. **3.** Две популяции северных оленей оказались в разных условиях среды, что повлияло на их возрастную структуру. В первой популяции было 140 предрепродуктивных особей, 80 особей репродуктивного и 40 особей пострепродуктивного возраста. Во второй популяции оказалось 60 предрепродуктивных, 140 репродуктивных и 80 пострепродуктивных особей. Постройте возрастные пирамиды, используя масштаб 1 см = 20 особей. Дайте прогноз на будущее для этих популяций. Укажите, какие действия в отношении каждой из популяций должен предпринять человек, чтобы они сохранили свое существование.

§38-2

§ 39. Механизмы сохранения и поддержания свойств и структуры популяций

■ **Вспомните,** как численность особей в популяции зависит от ее свойств и структуры.

■ **Как вы думаете?** Каким образом экологические факторы среды влияют на численность популяций?

■ **Вы узнаете** о механизмах регуляции численности популяций, благодаря чему в природе сохраняются популяции и виды в целом.

Причины и типы изменения численности популяции. Вся совокупность факторов среды в природе постоянно изменяется и вызывает колебания численности популяций. Диапазон колебаний численности зависит

Правообладатель Народная асвета

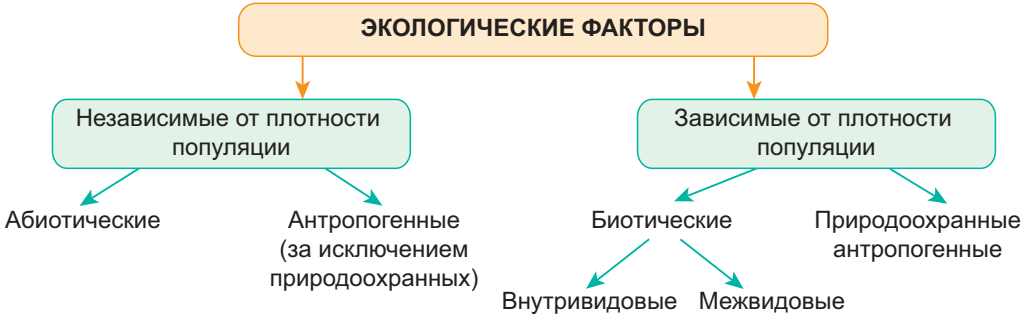
от степени изменчивости абиотических, биотических и антропогенных факторов среды, а также от биологических особенностей вида. Изменение численности популяции во времени называется ***динамикой численности***. Различают два типа динамики численности популяций: периодические и непериодические колебания численности.

Периодические колебания численности (*популяционные волны*, или *волны жизни*) происходят под влиянием закономерно изменяющихся факторов среды (особенно кормовых ресурсов) при смене сезонов. Они могут быть связаны и с особенностями жизненного цикла (размножение в определенное время года) особей самой популяции. У некоторых видов млекопитающих, птиц, рыб, насекомых, растений наблюдается четко выраженное регулярное чередование всплесков и спадов численности.

Например, у многих насекомых, однолетних растений потомство появляется в весенний период. А с наступлением зимы численность взрослых особей может снижаться до нуля. Ширина амплитуды колебания численности зависит от степени обеспеченности потомства кормом. Так, в чистых однопородных лесах численность насекомых-вредителей может регулярно возрастать в тысячи раз. Тогда как в смешанных лесах у этой же популяции численность будет колебаться незначительно.

У многих видов размножение и степень обеспеченности кормом не приурочены к определенному времени года, а зависят от динамики экологических факторов в течение сезона или на протяжении года. В популяциях таких видов наблюдаются *непериодические колебания численности*.

Факторы регуляции численности популяций. В природных системах с низким уровнем видового разнообразия численность популяций подвержена сильному воздействию абиотических и антропогенных факторов. Она зависит от погоды, химического состава среды и степени ее загрязнения. В системах с высоким уровнем видового разнообразия колебания численности популяций в основном контролируются биотическими факторами. Все экологические факторы в зависимости от характера их влияния на численность популяции можно разделить на две группы (см. схему).



Правообладатель Народная асвета

Факторы, независимые от плотности популяции, изменяют численность популяций в одном направлении независимо от количества особей в них. Абиотические и антропогенные (за исключением природоохранной деятельности человека) факторы влияют на численность особей независимо от плотности популяции. Так, суровые зимы снижают численность популяций пойкилотермных животных (змей, лягушек, ящериц). Толстый слой льда и отсутствие подо льдом достаточного количества кислорода снижают численность популяций рыб зимой. Сухие лето и осень с последующей морозной зимой уменьшают численность популяций колорадского жука. Неконтролируемый отстрел животных или отлов рыбы снижают восстановительные возможности их популяций. Высокие концентрации загрязнителей в окружающей среде отрицательно сказываются на численности всех чувствительных к ним видов.

Факторы, зависимые от плотности популяции, изменяют ее численность в сторону оптимального уровня и предотвращают перенаселение, поэтому их еще называют регулирующими факторами. К ним относятся

Рис. 68. Схема регуляции численности популяции животных под действием фактора, зависимого от плотности популяции (запасы кормовых ресурсов)

Правообладатель Народная асвета

биотические и природоохранные антропогенные факторы. Зависимыми от плотности факторами являются запасы кормовых ресурсов, наличие естественных врагов, природоохранная деятельность. На рисунке 68 видно, что изменение количества кормовых ресурсов приводит к синхронному изменению численности популяции. Как вы думаете, какие свойства популяции и в каком направлении будут при этом изменяться?

Так, численность популяций снижается пропорционально количеству хищников, паразитов, возбудителей болезней и возрастает пропорционально запасу кормовых ресурсов. Таким образом, их наличие в среде обитания сглаживает резкие колебания численности популяции и способствует ее поддержанию в равновесном состоянии.

Емкость среды — число особей популяции, потребности которых могут быть удовлетворены ресурсами данного местообитания. Когда численность популяции приближается к емкости среды, возникает нехватка корма вследствие его усиленного выедания. И тогда приводится в действие механизм регуляции численности популяции через внутривидовую конкуренцию за лимитирующие ресурсы. Если плотность популяции высокая, ее регулирует повышение смертности в результате обострения конкуренции. Часть особей погибает либо из-за нехватки корма (травоядные животные), либо в результате физического или химического воздействия особей друг на друга. Повышение смертности приводит к снижению плотности. Если плотность популяции низкая, происходит ее пополнение за счет увеличения рождаемости вследствие возобновления кормовых ресурсов и ослабления конкуренции.

Регуляция численности популяции через количество кормовых ресурсов четко прослеживается на примере взаимодействия популяций хищника и жертвы. Они оказывают взаимное влияние на численность и плотность друг друга, вызывая повторяющиеся подъемы и спады численности обеих популяций. Причем в этой системе колебаний увеличение численности хищника отстает по фазе от увеличения численности жертвы (рис. 69).

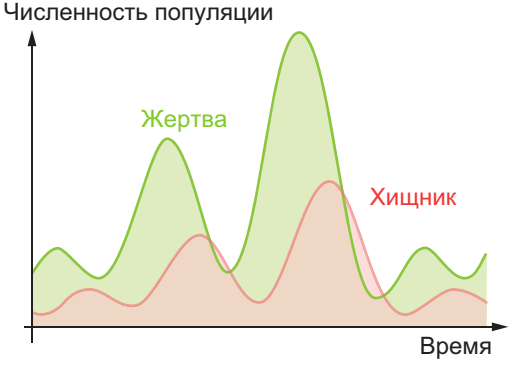


Рис. 69. Динамика численности хищника (рысь) и жертвы (заяц)

Примерно по тому же механизму осуществляется взаимная регуляция численности популяций паразита и хозяина при паразитизме. При повышении плотности популя-

Правообладатель Народная асвета

ции организмов-хозяев облегчается передача возбудителей от одной особи к другой, так как увеличивается частота контактов. В результате возникает вспышка заболевания, приводящая к увеличению смертности. Снижение плотности популяции хозяина препятствует переносу возбудителя, и здоровые особи начинают размножаться. Следовательно, хищники и паразиты в природе играют регулирующую роль, препятствуя чрезмерному росту численности других популяций. Полное их уничтожение может привести к нарушению равновесия в природных системах.

▶ **Это интересно.** Важным механизмом регуляции численности в переуплотненных популяциях является стресс-реакция. Повышение плотности популяции приводит к увеличению частоты встреч между особями, что вызывает у них такие физиологические изменения, которые ведут либо к снижению рождаемости, либо к увеличению смертности. Это является причиной уменьшения численности популяции. Стресс не вызывает необратимых изменений в организме, а лишь приводит к временному блокированию некоторых функций организма. При устранении перенаселения способность к размножению быстро восстанавливается.

Все зависимые от плотности популяции механизмы регуляции численности включаются до того, как произойдет полное исчерпание ресурсов среды. Благодаря этому в популяциях сохраняются и поддерживаются оптимальные свойства и структура, что позволяет им длительно находиться в равновесном состоянии. Сохранение многочисленности популяций в пределах ареала обеспечивает сохранение и эволюцию вида.

■ **Повторим главное.** У популяций в природе наблюдается два типа динамики численности: периодические и непериодические колебания. Факторы среды, влияющие на численность популяций, разделяют на факторы, независимые от плотности популяции, и факторы, зависимые от плотности популяции. Регуляция численности популяций в природе осуществляется преимущественно через конкуренцию за ресурсы, хищничество, паразитизм. Благодаря регуляторным механизмам популяции сохраняют свое существование, а значит, и существование вида в целом.

Правообладатель Народная асвета

? Проверим знания

Ключевые вопросы. 1. Почему в природе численность популяции не остается постоянной? **2.** Укажите причины периодических и непериодических колебаний численности популяций. **3.** Как влияют на численность популяций факторы, независимые от их плотности?

Сложные вопросы. 1. Используя рисунок 68, охарактеризуйте регуляцию численности популяции жука короеда, вспышка численности которого представляет угрозу для лесов юга Беларуси. Поможет ли вырубка лесов справиться с этой проблемой? **2.** При разработке программы по биологической борьбе с конкретным вредителем вы выберете неспециализированных или специализированных хищников? Почему?

§39-1
§39-2

ПОДВЕДЕМ ИТОГИ

Вид — совокупность особей, которые сходны по следующим критериям: морфологическому, физиологическому, биохимическому, генетическому, экологическому, географическому. Все критерии вида носят относительный характер, поэтому при определении видовой принадлежности особей используются все данные критерии.

Группы особей одного вида, неравноценные по ряду признаков и населяющие разные по условиям участки ареала, называются популяциями. Популяция является структурной единицей существования вида в пределах ареала. Популяция как биологическая система имеет свои свойства и структуру. К свойствам популяции относятся численность, плотность, рождаемость и смертность. Рождаемость и смертность разнонаправленно влияют на численность и плотность популяции. В зависимости от их соотношения популяция может быть растущей, стареющей или стабильной.

Для популяции характерна определенная пространственная, половая, возрастная и этологическая структура. Пространственная структура — случайное, равномерное или групповое распределение особей. Половая структура отражает соотношение полов. Возрастная структура — соотношение предрепродуктивных, репродуктивных и пострепродуктивных особей. Половая и возрастная структуры влияют на характер изменения численности популяции. Этологическая структура — соотношение особей, различающихся по комплексу поведенческих реакций.

У популяций в природе наблюдаются два типа динамики численности: периодические и непериодические колебания численности. Факторы среды, влияющие на численность популяций, разделяют на факторы, независимые от плотности популяции, и факторы, зависимые от плотности популяции. Регуляция численности популяций в природе осуществляется преимущественно через конкуренцию за ресурсы, хищничество, паразитизм. Благодаря регуляторным механизмам популяции сохраняют свое существование, а значит, и существование вида в целом.

Правообладатель Народная асвета

Глава 5

Экосистема — основная единица биосферы

Вы узнаете:

- *структуру биоценоза, биотопа, биогеоценоза, экосистемы;*
- *связи и взаимоотношения организмов в биоценозах;*
- *о функциональных группах организмов, цепях и сетях питания в экосистеме, продуктивности экосистем;*
- *о динамике экосистем и экологической сукцессии;*
- *основные агроэкосистемы и их отличия от естественных экосистем.*

Вы научитесь:

- *объяснять взаимодействие и взаимосвязь компонентов экосистемы;*
- *составлять цепи и сети питания, экологические пирамиды и анализировать их;*
- *характеризовать продуктивность экосистем;*
- *сравнивать естественные и искусственные экосистемы;*
- *решать экологические задачи;*
- *обосновывать меры по охране естественных экосистем; по уменьшению загрязнения окружающей среды бытовыми отходами, экономному расходованию воды, электроэнергии, тепла и т. д.;*
- *владеть приемами экологического поведения в быту, в природных и искусственных экосистемах.*

В данной главе приведена характеристика основных структурных единиц живой природы — биоценозов, биогеоценозов, экосистем. Вначале вы познакомитесь с понятиями: «биоценоз», «сообщество», «биотоп», «экотоп». Вы узнаете, за счет каких связей и взаимоотношений из популяций формируются биоценозы. Изучите состав и структуру биогеоценоза и экосистемы, характеристику цепей и сетей питания, типы экологических пирамид. Изучая биологическую продуктивность экосистем, вы познакомитесь с разными видами продукции и закономерностями ее распределения в экосистеме. Узнаете, что такое правила 1 % и 10 %, как их нужно использовать при решении экологических задач. В конце главы рассматриваются типы динамики экосистем, вводится понятие «сукцессия». Завершается глава сравнительной характеристикой природных экосистем и агроэкосистем.

Правообладатель Народная асвета

§ 40. Биоценоз и биотоп. Связи организмов в биоценозах

- **Вспомните,** с какими типами связей между разными видами организмов вы познакомились при изучении растительного и животного мира.
- **Как вы думаете?** Благодаря чему разные виды организмов, имеющие разные потребности, могут существовать как единая биологическая система?
- **Вы узнаете,** что такое биоценоз (сообщество) и биотоп (экотоп), познакомитесь с трофическими, топическими, форическими и фабрическими связями между организмами.

Понятие биоценоза и биотопа. В природе популяции разных видов, существующие в одной среде, вступают друг с другом в разнообразные связи и взаимоотношения в зависимости от их потребностей. В результате образуется более сложная биологическая система — биоценоз. Этот термин ввел немецкий гидробиолог К. Мебиус в 1877 г.

Биоценоз (от греч. *bíos* — жизнь, *koinós* — общий) — исторически сложившаяся совокупность взаимосвязанных популяций растений, животных, грибов и микроорганизмов, населяющих экологически однородную среду обитания.

Часто в экологии вместо термина «биоценоз» используется термин «сообщество». Биоценоз (сообщество) является основным компонентом природных надорганизменных систем.

Место обитания биоценоза — ***биотоп*** (от греч. *bíos* — жизнь, *tópos* — место) — участок территории с однородными условиями среды. Иногда вместо термина «биотоп» используется термин «экотоп».

Состав биоценоза и биотопа. Составляющими компонентами биоценоза являются: фитоценоз, зооценоз, микоценоз, микробоценоз. ***Фитоценоз*** (от греч. *phytón* — растение) — растительное сообщество, произрастающее на определенной территории и изменяющееся как по сезонам, так и по годам. ***Зооценоз*** (от греч. *zóon* — животное) — совокупность популяций животных, населяющих определенный биотоп. ***Микоценоз*** (от греч. *mýkes* — гриб) — сообщество различных видов грибов. ***Микробоценоз*** (от греч. *micrós* — малый) — совокупность популяций бактерий и одноклеточных протистов.

Граница между биоценозами определяется по фитоценозам, которые всегда имеют специфические особенности. Например, луг резко отличается от леса, лес — от болота, хвойный лес — от лиственного, березовая роща — от дубравы. Фитоценоз определяет видовой состав зооценоза,

Правообладатель Народная асвета

микоценоза и микробоценоза, т. е. является главным структурным компонентом биоценоза.

По происхождению различают первичные и вторичные биоценозы. *Первичные* биоценозы сформировались в природных условиях в ходе эволюции (недоступные участки тайги, горные леса). Их компоненты (организмы) адаптировались к окружающей среде. Это придает биоценозам динамическую устойчивость. К *вторичным* относятся созданные или преобразованные человеком биоценозы (большинство биоценозов на Земле).

В курсе географии вы познакомились с разнообразием природных биоценозов Беларуси. Наиболее типичными для нашей страны являются хвойные и смешанные леса, березовые рощи, дубравы, пойменные и суходольные луга, болота. Все они испытывают разную степень влияния хозяйственной деятельности человека.

Биотоп включает воздух с климатическими факторами (***климатоп***), почву (***эдафотоп***) и воду (***гидротоп***). Эти компоненты взаимодействуют между собой и формируют среду обитания биоценоза. Биоценоз своим существованием изменяет состояние биотопа. В свою очередь изменяющийся биотоп может влиять на видовой состав биоценоза.

Связи популяций в биоценозах. Структура биоценоза поддерживается во времени и пространстве за счет разнообразных связей между популяциями. Связи возникают с целью удовлетворения определенных потребностей одной популяции за счет другой. В зависимости от характера потребностей выделяют четыре типа связей: трофические, топические, форические, фабрические.

Трофические связи (от греч. *trophé́* — пища) — связи между популяциями, в результате которых особи одной популяции получают пищу за счет особей другой популяции. Это может происходить путем поедания особей, питания отмершими органическими остатками или продуктами жизнедеятельности особей другого вида. Например, лягушка питается насекомыми, аист — лягушками, дождевой червь — опавшими листьями.

Топические связи (от греч. *tópos* — место) — связи между популяциями, когда особи одной популяции используют особей другой популяции в качестве местообитания или испытывают их влияние на свою среду обитания. Например, птицы используют деревья и кустарники как места для гнездования, мальки рыб находят укрытие под зонтиком медузы, эпифиты и лианы используют стволы деревьев как субстрат (рис. 70). В лесу высокие деревья под своим пологом могут создавать благоприятные условия для тенелюбивых растений.

Правообладатель Народная асвета

Орхидеи (эпифиты) на стволе дерева

Лианы в тропическом лесу

Рис. 70. Топические связи в биоценозах

Форические связи (от греч. *phóra* — ношение) — связи между популяциями, когда особи одной популяции участвуют в расселении (распространении) особей другой популяции. Например, птицы, питаясь ягодами брусники, черники, рябины, боярышника, распространяют семена этих растений вместе с экскрементами. Млекопитающие переносят блох, клещей. Белки, сойки, запасая орехи и желуди на зиму, иногда теряют их, и те весной прорастают.

Эволюция животных и растений протекала взаимосвязанно, поэтому они вырабатывали приспособления для форических связей. Например, пищеварительные ферменты млекопитающих и птиц не переваривают семена растений, а наоборот, обеспечивают им высокую всхожесть. Плоды и семена некоторых растений имеют крючки, зацепки для прикрепления к шерсти зверей с целью распространения.

▶ **Это интересно.** Если в роли распространителей семян, плодов, спор, пыльцы выступают звери, то такой процесс называют зоохорией. Семена лопуха или череды могут цепляться своими шипами за шерсть крупных млекопитающих и переноситься на большие расстояния. Если животные переносят (транспортируют) других, более мелких животных, — это форезия. Птицы нередко на перьях и ногах переносят мелких животных или их яйца, а также цисты протистов. Характерной особенностью форезии является отсутствие паразитизма.

Фабрические связи (от лат. *fabrico* — изготовлять) — связи между популяциями, когда особи одной популяции используют выделения или мертвые части тел особей другой популяции в качестве материала для строительства гнезд, нор, убежищ.

Правообладатель Народная асвета

Муравейник

Гнездо грача

Рис. 71. Фабрические связи в биоценозах

Например, бобры сооружают бобровые хатки из стволов и ветвей деревьев. Муравьи используют опад хвойных растений как основной строительный материал для муравейников (рис. 71). Птицы применяют сухие веточки, траву, пух, шерсть зверей для строительства гнезд. Некоторые лесные звери выстилают свои норы мхом, опавшими листьями, сухой травой.

Популяция любого вида в биоценозе постоянно вступает в различные связи с другими популяциями. Например, дятел, поедающий насекомых, вступает с ними в трофическую связь, а выдалбливая в стволе дерева дупло, он вступает в топическую связь с деревом.

■ **Повторим главное.** Биоценоз — совокупность взаимосвязанных популяций растений (фитоценоз), животных (зооценоз), грибов (микоценоз) и микроорганизмов (микробоценоз), населяющих участок территории с однородными условиями среды — биотоп. Биотоп включает воздух с климатическими факторами (климатоп), почву (эдафотоп) и воду (гидротоп). В биоценозе между популяциями разных видов возникают трофические, топические, форические и фабрические связи.

? Проверим знания

Ключевые вопросы. 1. Дайте определение понятий «биоценоз» и «биотоп». Назовите их структурные компоненты. **2.** Выберите пример биоценоза из предложенных совокупностей организмов: 1) деревья и кустарники в парке; 2) растения, выращиваемые в ботаническом саду; 3) птицы и млекопитающие, обитающие в еловом лесу; 4) все организмы, обитающие на болоте. **3.** Какие типы связей между популяциями поддерживают структуру биоценоза? Покажите их на примере биоценоза смешанного леса.

Правообладатель Народная асвета

Сложные вопросы. 1. В какие связи вступают азотфиксирующие бактерии, находящиеся в клубеньках бобовых растений; омела, произрастающая на тополе? **2.** Установите типы связей, в которые вступают популяции перечисленных пар видов: а) лягушки и кузнечики; б) лишайники и деревья; в) мальки рыб и медузы; г) лианы и деревья; д) осины и подосиновики; е) птицы и семена рябины; ж) медведи и клещи; з) муравьи и лесной опад. **3.** Объясните экологический смысл пословиц. О каких типах связей в них идет речь? 1. Мужик березу рубит, а щепа по грибам да ягодам бьет. 2. Лиса с зайцем дружно не живут. 3. Ты посей рожь — васильки сами взойдут. 4. Коли тесно, так и курица курицу с насеста сталкивает. 5. На то и щука в море, чтоб карась не дремал.

§ 41. Типы биотических взаимоотношений организмов в биоценозах

- **Вспомните,** в какие типы связей вступают организмы популяций разных видов, обитающих в одном биоценозе.
- **Как вы думаете?** Как могут влиять типы связей на численность взаимодействующих популяций?
- **Вы узнаете** о разнообразии взаимоотношений, возникающих на основе разных типов связей между организмами в биоценозе, об их влиянии на численность взаимодействующих популяций разных видов.

Из предыдущего параграфа вы узнали о типах связей, возникающих между организмами разных видов, существующих в одном биоценозе. На основе этих связей формируются различные биотические взаимоотношения, которые могут по-разному отражаться на численности и жизнеспособности взаимодействующих популяций.

Американский эколог Ю. Одум предложил классифицировать биотические взаимоотношения по характеру их влияния на численность взаимодействующих популяций (видов). Согласно этой классификации, любое взаимоотношение между организмами можно описать с помощью сочетания двух символов, показывающих его последствия для взаимодействующих видов. Символ «0» означает отсутствие заметных для вида последствий данного взаимоотношения. Польза для вида от взаимодействия с организмами другого вида обозначается символом «+», а отрицательное влияние — символом «−». Используя эти символы, характеристику наиболее распространенных в экосистеме типов взаимоотношений организмов разных видов можно представить в виде таблицы 19 (с. 188).

Правообладатель Народная асвета

Таблица 19. **Классификация биотических взаимоотношений**

Тип взаимоотношений	Вид А	Вид Б	Характеристика взаимоотношений
Конкуренция	–	–	Прямое и непрямое подавление обоих видов при дефиците общего ресурса
Хищничество	+	–	Хищник получает пользу, а жертва несет урон
Паразитизм	+	–	Паразит получает пользу, а хозяин угнетается
Комменсализм	+	0	Вид А получает пользу, а виду Б это взаимодействие безразлично
Мутуализм	+	+	Взаимодействие благоприятно для обоих видов и обязательно

Для регуляции численности популяций в биоценозе наибольшее значение имеют такие взаимоотношения, как конкуренция, хищничество и паразитизм.

Конкуренция (от лат. *concurrentia* — соперничество) — взаимоневыгодный тип взаимоотношений между организмами разных видов со сходными потребностями. Она проявляется либо в форме прямой конкуренции, когда организмы вступают в открытую борьбу, либо в форме косвенной конкуренции за ограниченный ресурс или территорию.

В результате *прямой* конкуренции организмы разных видов физически или химически взаимодействуют, при этом происходит либо изгнание организмов одного из конкурирующих видов с общей территории, либо угнетение их жизнедеятельности. Например, скворцы и воробьи в гнездовой период нападают друг на друга, конкурируя за места гнездования. Известно, что серая крыса крупнее и агрессивнее черной, поэтому в схватках чаще одерживает верх. Вследствие этого в поселениях человека в Европе серая крыса почти вытеснила черную.

В случае *косвенной* конкуренции численность организмов обоих видов снижается вследствие недостатка общего ресурса. Примером может служить конкуренция между растениями разных видов за свет, воду и минеральные вещества (культурные растения и сорняки), между травоядными животными разных видов за растительные ресурсы (зубр и благородный олень).

Правообладатель Народная асвета

Было замечено, что организмы близкородственных видов с одинаковыми потребностями, как правило, не могут существовать вместе. Один вид организмов (более конкурентоспособный) вытесняет особей другого вида (менее конкурентоспособного). Этот принцип важно учитывать при вселении видов в другую среду.

Хищничество — тип взаимоотношений организмов, при котором организм одного вида (хищник) удовлетворяет пищевые потребности за счет особей другого вида (жертвы) в результате его умерщвления и поедания. Однако когда в качестве жертвы выступают растения, то эти взаимоотношения называют *растительноядностью*. В ходе эволюции хищник и жертва параллельно эволюционируют, приспосабливаясь друг к другу. Примерами хищничества являются взаимоотношения: паук — муха, сова — мышь, удав — кролик, каракатица — рыба иглобрюх.

Паразитизм (от греч. *parásitos* — нахлебник) — тип взаимоотношений организмов разных видов, при котором организм одного вида (паразит) использует организм другого вида (хозяина) в качестве среды обитания и источника пищи. Паразитизм возник на основе трофических и топических связей. Паразит по размерам меньше хозяина. Он не убивает хозяина, но угнетает жизнедеятельность, что может стать причиной его гибели. Паразитами чаще всего являются мелкие организмы — вирусы, бактерии, одноклеточные грибы. Среди беспозвоночных наибольшее количество видов-паразитов имеется среди червей (особенно плоских и круглых). Встречаются паразиты и среди растений (повилика, заразиха). В ходе эволюции формируются взаимные приспособления паразита и хозяина. Примерами паразитизма могут служить взаимоотношения между аскаридой и человеком, печеночным сосальщиком и крупным рогатым скотом, повиликой и клевером. Паразитизм, так же как хищничество и конкуренция, играет важную роль в регуляции численности популяций в природе. Неразумное вмешательство в эти взаимоотношения часто наносит вред природе и человеку.

Комменсализм (от лат. *commensalis* — сотрапезник) — тип взаимоотношений, при котором организмы одного вида извлекают пользу, не принося ни вреда, ни пользы организмам другого вида. Если взаимоотношения возникают на основе трофических связей, то такая форма комменсализма называется *нахлебничеством*. Например, птицы питаются остатками пищи крокодилов (рис. 72, с. 190), а песцы доедают остатки трапезы белого медведя.

§41-1

Если же организмы взаимодействуют на основе топических связей, то это проявление комменсализма называется *квартирантством*.

Правообладатель Народная асвета

Нахлебничество

Квартирантство

Рис. 72. Примеры комменсализма

Например, рыба-прилипала и водная черепаха (см. рис. 72), беспозвоночные в гнездах птиц.

Мутуализм (от лат. *mutuus* — взаимный) — взаимовыгодный и обязательный для жизни организмов хотя бы одного из взаимодействующих видов тип взаимоотношений. При нарушении этих взаимоотношений жизнь организмов одного или обоих видов становится невозможной. Примером могут служить отношения клубеньковых бактерий и бобовых растений, шляпочного гриба и древесного растения (рис. 73).

Рис. 73. Мутуализм (микориза, образованная гифами масленка и корнями лиственницы)

Биотические взаимоотношения имеют большое экологическое значение. Конкуренция, хищничество и паразитизм участвуют в саморегуляции любого биоценоза, помогая сохранить его устойчивость. Комменсализм и мутуализм обеспечивают максимальное использование пищевых ресурсов и среды обитания. Взаимовыгодные взаимоотношения способствуют лучшему выживанию видов, их размножению, а значит, поддержанию видового многообразия биоценоза.

Правообладатель Народная асвета

■ **Повторим главное.** Биотические взаимоотношения в биоценозе формируются на основе трофических, топических, форических и фабрических связей между организмами разных видов. Наибольшее значение для регуляции численности популяций имеют конкуренция, хищничество и паразитизм. Комменсализм и мутуализм обеспечивают максимальное использование пищевых ресурсов и среды обитания, что способствует выживанию видов и сохранению видового разнообразия. Устойчивость биоценозов обеспечивается благодаря многообразию биотических взаимоотношений и взаимоуравновешиванию разнонаправленных взаимоотношений.

? Проверим знания

Ключевые вопросы. 1. Какие типы взаимоотношений между организмами разных видов могут регулировать численность популяций (видов)? Приведите примеры. **2.** В чем сходство и различие хищничества, паразитизма и комменсализма? **3.** Хищные млекопитающие имеют немало особенностей, помогающих им на охоте. Почему в природе численность самих хищников и их жертв остается примерно на одном уровне?

Сложные вопросы. 1. Установите соответствие между типами взаимоотношений организмов и их примерами. Типы взаимоотношений: 1 — комменсализм; 2 — мутуализм. Примеры: подосиновик — осина; песцы — белый медведь; рыбы-прилипалы — водные черепахи; клубеньковые бактерии — бобовые растения. **2.** Существует представление о том, что одни виды вредны, а другие полезны. Правильно ли это? Дайте аргументированный ответ и подтвердите его примерами. **3.** Объясните, почему хищник, специализирующийся на питании одним видом жертвы, с большей вероятностью может регулировать численность популяции жертвы, чем хищник, питающийся разными видами.

§41-2

§ 42. Видовая структура биоценоза

- **Вспомните,** какие структурные компоненты входят в состав биоценоза.
- **Как вы думаете?** Влияет ли разнообразие видов растений, животных, грибов и микроорганизмов в биоценозе на его устойчивость?
- **Вы узнаете** о характеристиках видовой структуры биоценоза, позволяющих оценить степень его устойчивости.

Природные биоценозы характеризуются определенной видовой структурой. ***Видовая структура*** — это видовое разнообразие биоценоза и соотношение видов по численности.

Правообладатель Народная асвета

Видовое разнообразие биоценоза. Достаточно только посмотреть на разные биоценозы, чтобы заметить их различия по видовому составу. Составить полное представление о видовом разнообразии биоценоза практически невозможно, так как нельзя учесть все виды микроорганизмов. Но даже количественная характеристика хорошо заметных организмов дает возможность получить о биоценозе важную информацию. Видовое разнообразие биоценоза можно охарактеризовать с помощью двух количественных показателей: видовое богатство и видовая насыщенность.

Видовое богатство — общее количество видов, обитающих в биотопе. Каждый вид в биоценозе представлен популяцией. Природные биоценозы считаются бедными, если их видовое богатство составляет сотни и тысячи видов (биоценозы хвойных лесов, пустынь, высокогорий). В богатых биоценозах количество видов достигает десятков и сотен тысяч (тропические леса, саванны). Чем выше видовое богатство, тем устойчивее биоценоз по отношению к резким изменениям условий среды и нашествию вредителей. Чем можно объяснить такую зависимость? *Во-первых*, у каждой популяции есть возможность образовать большее количество связей и удовлетворить свои экологические потребности. Это повышает ее выживаемость, а значит, и сохранение биоценоза в целом. *Во-вторых*, имеется возможность взаимозаменяемости одних видов другими при выполнении их функции, благодаря чему при исчезновении какого-либо вида не нарушается функциональная структура биоценоза.

Видовая насыщенность — количество видов, приходящихся на единицу площади или единицу объема биотопа. Два биоценоза, имеющие одинаковое видовое богатство, не будут в равной степени устойчивы, если они занимают разные по площади биотопы. Устойчивее будет биоценоз с меньшей площадью биотопа. В нем будет выше видовая насыщенность, а значит, больше вероятность образования связей между популяциями и выше их прочность.

Таким образом, чтобы получить представление о видовом разнообразии биоценоза, недостаточно знать общее количество видов в биотопе. Необходимо иметь информацию и о плотности его заселения видами — видовой насыщенности.

Видовое разнообразие биоценоза зависит от условий среды в биотопе. Например, в тундре, где постоянно ощущается дефицит тепла, биоценозы имеют небольшое видовое разнообразие большей частью за счет мхов и лишайников. В умеренных широтах видовое разнообразие в основном определяется видовым богатством покрытосеменных и

Правообладатель Народная асвета

голосеменных растений, животного мира и в меньшей степени видовой насыщенностью грибов. В тропических лесах самое богатое многообразие флоры и фауны.

Таким образом, можно сделать вывод, чем благоприятнее условия среды, тем больше видовое разнообразие биоценозов, и наоборот. Значит, по видовому разнообразию биоценоза можно судить о степени благоприятности условий среды для обитания организмов в данном биотопе.

Видовое разнообразие зависит и от возраста биоценоза. Молодые, только начинающие развиваться биоценозы бедны по видовому составу. Богаче они становятся по мере развития. Наибольшее видовое разнообразие наблюдается в зрелых устойчивых биоценозах. Следовательно, по видовому разнообразию можно определить стадию развития биоценоза.

Соотношение видов по их численности. В любом биоценозе есть виды, преобладающие по численности и занимающие большую часть биотопа. Эти виды называются ***доминантными*** или ***доминантами***. Они определяют тип биоценоза. Это, например, сосна — в сосновом лесу, береза — в березовой роще, дуб — в дубраве, ольха — в ольшанике. Доминирование вида не всегда означает его обилие, доминантный вид может иметь и низкую абсолютную численность (например, верблюжья колючка в пустыне). Но по сравнению с численностью других видов в данном биоценозе его численность самая высокая. Доминанты, которые участвуют в формировании среды для всего сообщества (средообразующие виды), называются ***видами-эдификаторами***. Эдификатор верхового болота — это сфагнум, степи — ковыль, дубравы — дуб. Иногда эдификаторами могут быть и животные: бобры формируют бобровые ландшафты, копытные животные — степные ландшафты. Удаление вида-эдификатора может настолько изменить условия среды обитания, что данный биотоп окажется непригодным для ранее существовавших там видов. В него станут заселяться новые виды, и это приведет к смене биоценоза.

Кроме видов-доминантов, любой биоценоз включает множество других видов с меньшей численностью. Они поддерживают разнообразие связей в биоценозе и служат резервом для замещения доминантов, т. е. придают стабильность биоценозу.

Особого внимания заслуживают виды с очень малой численностью, встречающиеся только в отдельных местах биотопа. Когда их численность и (или) ареалы быстро сокращаются за короткие промежутки времени, то они заносятся в Международную или Национальные Красные книги и подлежат охране. Эти виды называются ***редкими***.

Правообладатель Народная асвета

■ **Повторим главное.** Видовая структура биоценоза характеризуется видовым разнообразием и соотношением видов по их численности. Видовое разнообразие определяется такими показателями, как видовое богатство и видовая насыщенность. Виды, преобладающие по численности и занимающие большую часть биотопа, называются доминантными. Если они участвуют в формировании среды для всего сообщества, то их называют видами-эдификаторами. Виды, численность и (или) ареал которых очень малы и быстро сокращаются за короткие промежутки времени, заносятся в Красную книгу, называются редкими и подлежат охране.

? Проверим знания

Ключевые вопросы. 1. Какими показателями характеризуется видовое разнообразие биоценоза? **2.** Как по видовому разнообразию можно определить стадию развития биоценоза? **3.** Какую роль в жизни биоценоза играют виды-эдификаторы?

Сложные вопросы. 1. Приведите доказательства зависимости устойчивости биоценозов от их видового разнообразия. **2.** Из приведенного перечня видов растений выберите названия видов-эдификаторов биоценозов: верхового болота, степи, тайги, тундры, смешанного леса. Виды-эдификаторы: ковыль, осина, сфагнум, сосна, ель, береза, клюква, ягель (олений мох), карликовая береза. **3.** Назовите виды-эдификаторы типичных биоценозов вашего региона. Укажите, какие охраняемые виды растений или животных обитают в вашем регионе.

§ 43. Пространственная структура биоценоза

- **Вспомните,** чем отличаются жизненные формы растений леса и луга.
- **Как вы думаете?** От чего зависит видовой состав ярусов и их количество в вертикальной пространственной структуре?
- **Вы узнаете** о вертикальной и горизонтальной структуре биоценоза и причинах их формирования.

Любой биоценоз в природе занимает определенное пространство. Оно разделяется между видами в зависимости от их биологических особенностей. Это приводит к формированию пространственной структуры. ***Пространственная структура биоценоза*** — закономерное расположение видов в биотопе, как в вертикальном, так и в горизонтальном направлениях. Для биоценоза характерны вертикальная (ярусность) и горизонтальная (мозаичность) структуры.

Правообладатель Народная асвета

Вертикальная структура биоценоза (ярусность). В наземных биоценозах основную роль в формировании вертикальной структуры играют растения разной высоты. Совокупность растений, занимающих одинаковое положение по отношению к уровню почвы, называется растительным ***ярусом***.

Главную роль при формировании видового состава растительных ярусов играет количество света, достигающее каждого яруса. От него зависят температурный режим и влажность на разных уровнях (ярусах) биоценоза. Верхние ярусы составляют светолюбивые растения. Ниже располагаются теневыносливые, а в самом низу произрастают тенелюбивые виды. Такое распределение растений способствует более полному усвоению солнечной энергии. До поверхности почвы доходит лишь 1—5 % солнечного света, поступающего в биоценоз. В одноярусных фитоценозах большая часть поступающей солнечной энергии не усваивается. Она идет на нагревание почвы и частично отражается.

В каждом ярусе складывается своя система связей и взаимоотношений между компонентами. Растительные ярусы создают микроклимат для существования других видов. Каждый растительный ярус заселяется определенными видами животных и микроорганизмов. Ярусы отличаются друг от друга совокупностью экологических условий, составом видов растений, животных и микроорганизмов. Вертикальная структура биоценоза, состоящая из разных ярусов, называется ***ярусностью***.

Большинство видов приспособлено к конкретным ярусам. Однако некоторые виды в силу различных обстоятельств в разное время жизни занимают разные ярусы. Их называют внеярусными видами. Например, нельзя отнести к конкретному ярусу лианы, лишайники, некоторые виды мхов и неспециализированных паразитов.

В наземных биоценозах различают надземную и подземную ярусность. Ярусы нумеруются римскими цифрами. Первым считается самый удаленный от уровня почвы ярус (как надземный, так и подземный). Наиболее четко ярусность выражена в лесных биоценозах. В них фитоценозы образованы различными жизненными формами растений. Там представлены деревья, кустарники, кустарнички, однолетние и многолетние травы, занимающие разное положение относительно уровня почвы.

Надземная ярусность в лиственном лесу обычно включает пять, иногда шесть, растительных ярусов (рис. 74, с. 196). Ярус I образован деревьями первой величины (дуб, береза, ясень, липа). К ярусу II относятся деревья второй величины (дикие яблоня и груша, черемуха, рябина). Ярус III — это подлесок из кустарников (лещина, бересклет, можжевельник, калина,

Правообладатель Народная асвета

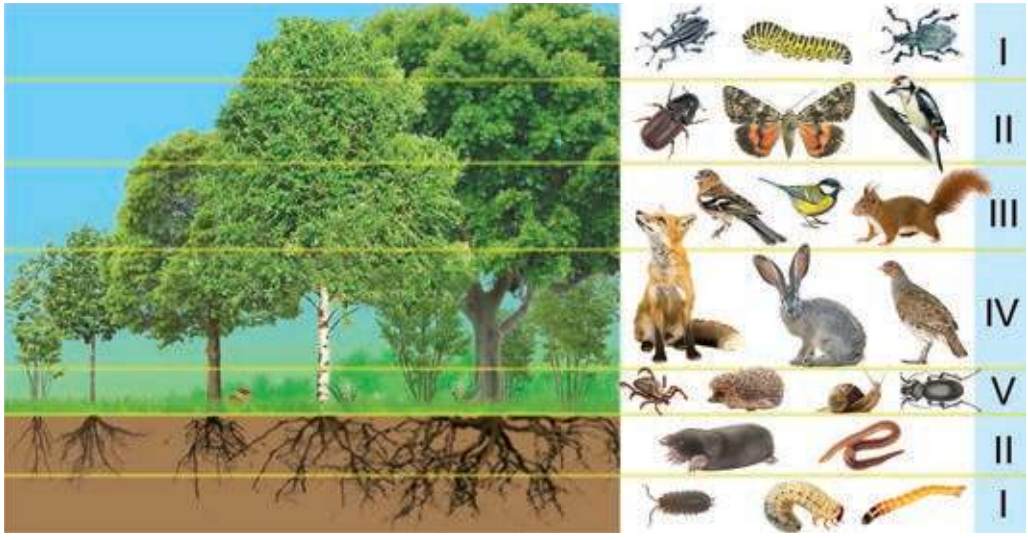


Рис. 74. Схема вертикальной структуры (ярусности) биоценоза лиственного леса

бузина). Ярус IV представлен высокими травами и кустарничками (папоротники, крапива, чистотел, вереск, багульник). Ярус V составляют низкие травы и кустарнички (черника, брусника, земляника, толокнянка, ландыш), а также мхи и лишайники. В нижних ярусах обычно присутствует подрост древесных растений. Если ярусов много (4—5), то фитоценоз считается сложным, а если их мало (1—2), — простым.

Животные приурочены к определенным ярусам фитоценоза. Ярус I населяют листогрызущие насекомые (обитатели кроны деревьев). В ярусе II обитают птицы и стволовые вредители (жуки короеды, усачи, златки). В ярусах III и IV — копытные и хищные млекопитающие, птицы, грызуны. Ярус V богат различными многоножками, жужелицами, клещами и другими мелкими животными.

Подземная ярусность обусловлена разной глубиной расположения корневой системы. Чем выше деревья, тем глубже в почву проникают их корни. Расположение корней на разной глубине снижает остроту конкуренции между растениями за воду и минеральное питание.

Возникновение ярусности — результат длительного приспособления разных видов друг к другу и формирования межвидовых связей и взаимоотношений. Ярусность способствует значительному ослаблению конкуренции между видами за ресурсы и территорию. Благодаря этому увеличивается численность особей на единице площади, более полно и рационально используются условия и ресурсы биотопа.

Правообладатель Народная асвета

Вертикальное распределение видов в биоценозе оказывает влияние на его горизонтальную структуру.

Горизонтальная структура биоценоза (мозаичность). Неоднородность почвенных условий, рельефа, деятельность человека определяют характер горизонтального распределения видов в биотопе — горизонтальную структуру биоценоза. Под действием вышеуказанных факторов в биоценозе происходит формирование растительных микрогруппировок. Например, в луговых биоценозах можно обнаружить микрогруппировки бобовых, злаков, сложноцветных. Они различаются видовым составом, соотношением численности видов, продуктивностью, биомассой. В каждой такой растительной микрогруппировке формируется определенный микроклимат, видовой состав животных, грибов и микроорганизмов. Совокупность всех этих компонентов, связанных трофическими и топическими связями, является структурной единицей горизонтальной структуры биоценоза. В лесном биоценозе, например, четко видны различия между опушкой и поляной в глубине леса. Существенно отличаются участки леса с выраженным кустарниковым подростом и со сплошным моховым покровом или с покровом из черничника. Таким образом, горизонтальная структура биоценоза является отражением разнообразия условий среды в биотопе в горизонтальном направлении.

Благодаря формированию горизонтальной структуры биоценоз более полно использует возможности биотопа. В нем активно потребляются пищевые ресурсы, увеличивается количество видов и, как следствие, возрастает стабильность биоценоза.

■ **Повторим главное.** Пространственная структура биоценоза — расположение видов в вертикальном (ярусность) и горизонтальном (мозаичность) направлениях. Вертикальная структура формируется благодаря наличию растений разной высоты, образующих ярусы. В биоценозах различают надземную и подземную ярусность. Горизонтальная структура биоценоза формируется вследствие неоднородности почвы и рельефа в биотопе.

? Проверим знания

Ключевые вопросы. 1. Какой компонент биоценоза играет главную роль в формировании вертикальной структуры биоценоза? **2.** В каком ярусе лесного биоценоза живут дождевые черви? Какова их роль в образовании почвы? **3.** Из приведенного перечня растений выберите представителей яруса II лиственного леса: бузина, дуб, папоротник орляк, липа, черемуха, ясень, береза, рябина, лещина, дикая яблоня, крушина, ежевика, черника.

Правообладатель Народная асвета

Сложные вопросы. 1. Установите соответствие между надземными ярусами лиственного леса и входящими в их состав видами животных. Ярусы: I; II; III; IV; V. Виды: а) заяц, кабан, лисица, волк; б) клещи, жужелицы, многоножки, шмели; в) птицы, жуки короеды, усачи, златки; г) листогрызущие насекомые; д) лось, косуля, зубр, благородный олень. **2.** Установите причинно-следственные связи между экологическими факторами биотопа и видовым составом растительных ярусов биоценоза. Исходя из этого, объясните причину различия видового состава растений в разных ярусах.

§ 44. Экосистема. Биогеоценоз

- **Вспомните,** что такое биоценоз. Что такое биотоп?
- **Как вы думаете?** Какие процессы связывают биоценоз и биотоп в единую биологическую систему, способную к длительному существованию?
- **Вы узнаете** о понятиях «экосистема», «биогеоценоз», о распределении организмов на группы в зависимости от их роли в обмене веществ и превращении энергии.

Понятие экосистемы и биогеоценоза. Термин «экосистема» впервые был предложен английским экологом А. Тенсли в 1935 г. Экосистемы считаются основными структурными единицами природы на Земле.

Экосистема — биологическая система, состоящая из живых организмов и среды их обитания, связанных совокупностью связей, осуществляющих обмен веществом и энергией между ними. Для обозначения подобных систем на однородных участках суши русский геоботаник В. Н. Сукачев в 1942 г. предложил термин «биогеоценоз».

Биогеоценоз (от греч. *bíos* — жизнь, *gé* — земля, *koinós* — общий) — биологическая система, включающая сообщество живых организмов (*биоценоз*) и тесно связанную с ним совокупность абиотических факторов среды (*биотоп*) в пределах однородной территории, связанных между собой круговоротом веществ и потоком энергии.

Как видно из приведенного определения, биогеоценоз включает две структурные части — биоценоз и биотоп. Каждая из этих частей состоит из определенных компонентов, которые между собой взаимосвязаны (рис. 75).

Биогеоценоз и экосистема — близкие понятия, обозначающие биосистемы одного уровня организации. Общим признаком для этих систем является наличие в них обмена веществом и энергией между живым и неживым компонентами. Однако вышеуказанные понятия не являются синонимами.

Экосистемы имеют разную степень сложности, разные масштабы, они могут быть естественными (природными) и искусственными (созданны-

Правообладатель Народная асвета

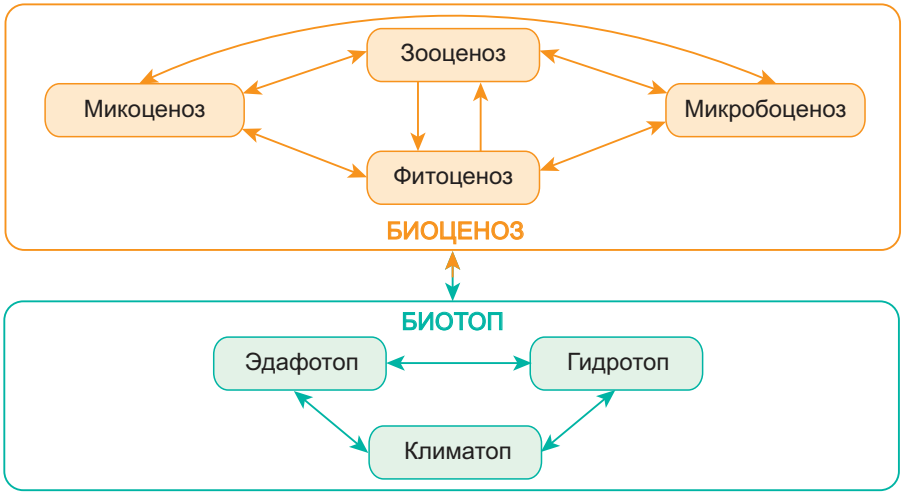


Рис. 75. Схема биогеоценоза

ми человеком). Экосистемы не имеют определенной размерности. Гниющий пень с населяющими его беспозвоночными, грибами и бактериями представляет собой экосистему небольшого масштаба (микроэкосистема). Озеро с водными и околоводными организмами является экосистемой среднего масштаба (мезоэкосистема). А море с его многообразием водорослей, рыб, моллюсков, ракообразных — экосистема крупного масштаба (макроэкосистема).

Биогеоценоз отличается от экосистемы территориальной ограниченностью. Его границы определяются наземным растительным покровом (фитоценозом). Изменение растительности свидетельствует об изменении условий в биотопе и о границе с соседним биогеоценозом. Например, переход от древесной растительности к травянистой свидетельствует о границе между лесным и луговым биогеоценозами. Биогеоценозы выделяют только на суше, так как их обязательным компонентом является почва.

С точки зрения обеспечения питательными веществами биогеоценозы более автономны (независимы от других биогеоценозов), чем экосистемы. В каждом из устойчивых (существующих длительное время) биогеоценозов осуществляется достаточно полный круговорот веществ, сопоставимый по характеру с круговоротом веществ в биосфере планеты Земля, но только в гораздо меньшем масштабе. Экосистемы же более открытые системы для притока и оттока вещества и энергии. Это еще одно отличие биогеоценозов от экосистем.

Правообладатель Народная асвета

Следовательно, понятие «экосистема» более широкое, чем «биогеоценоз». Экосистемой можно назвать любой биогеоценоз, а вот биогеоценозом можно назвать только наземные экосистемы.

Структурные и функциональные блоки экосистемы. В экосистеме виды организмов выполняют разные функции, благодаря которым осуществляется круговорот веществ. В зависимости от роли, которую виды играют в круговороте, их относят к разным функциональным блокам (группам): продуцентам, консументам и редуцентам.

Продуценты (от лат. *producens* — создающий), или ***производители***, — автотрофные организмы, синтезирующие органическое вещество из минерального с использованием энергии. Если для синтеза органического вещества используется солнечная энергия, то продуцентов называют *фотоавтотрофами*. К фотоавтотрофам относятся все зеленые растения, водоросли, лишайники, цианобактерии, автотрофные протисты, зеленые и пурпурные бактерии. Продуценты, использующие для синтеза органического вещества энергию химических реакций окисления неорганических веществ, называются *хемоавтотрофами*. Ими являются железобактерии, бесцветные серобактерии, нитрифицирующие и водородные бактерии.

Консументы (от лат. *consumo* — потребляю), или ***потребители***, — гетеротрофные организмы, потребляющие живое органическое вещество и передающие содержащуюся в нем энергию по пищевым цепям. К ним относятся все животные и растения-паразиты. В зависимости от вида потребляемого органического вещества консументы разделяются на порядки. Организмы, потребляющие продуцентов, называются консументами I порядка. К ним относятся растительноядные животные (саранча, грызуны, парно- и непарнокопытные животные) и растения-паразиты. Консументов I порядка потребляют консументы II порядка, которые представлены плотоядными животными. Консументами III и последующих порядков являются плотоядные животные, питающиеся консументами II и последующих порядков. Количество порядков консументов в экосистеме ограниченно и определяется объемом биомассы, созданной продуцентами.

Редуценты (от лат. *reducens* — возвращающий), или ***разрушители***, — гетеротрофные организмы, разрушающие отмершее органическое вещество любого происхождения до минерального. В экологии отмершее органическое вещество, вовлекаемое в процесс разложения, называется детритом. *Детрит* (от лат. *detritus* — истертый) — отмершие остатки растений и грибов, трупы и экскременты животных с содержащимися в

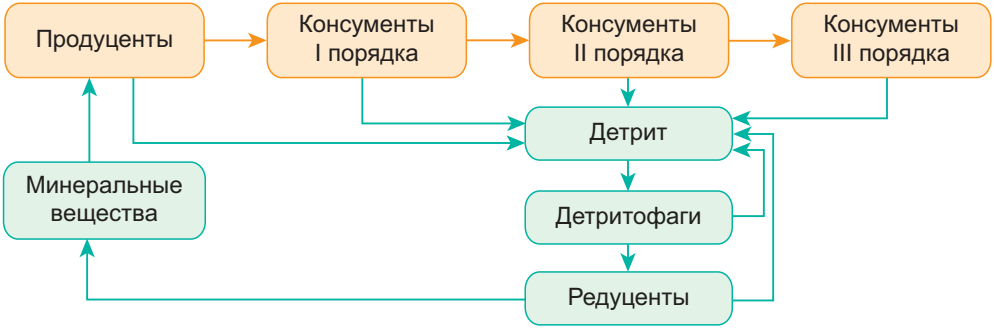
Правообладатель Народная асвета

них бактериями. Образующееся из детрита минеральное вещество накапливается в почве и в дальнейшем поглощается продуцентами.

В процессе разложения детрита участвуют детритофаги и истинные редуценты. К *детритофагам* относятся мокрицы, ряд клещей, многоножки, ногохвостки, жуки мертвоеды, некоторые насекомые и их личинки, черви. Они потребляют детрит и в ходе жизнедеятельности оставляют содержащие органику экскременты. *Истинными редуцентами* считаются грибы, гетеротрофные протисты, почвенные бактерии, которые разрушают органическое вещество до минерального. Все представители детритофагов и редуцентов, отмирая, также образуют детрит.

Роль редуцентов в природе очень велика. Без них в биосфере накапливались бы отмершие органические остатки, а минеральные вещества, необходимые продуцентам, иссякли бы. И жизнь на Земле в той форме, которую мы знаем, прекратилась бы.

Взаимосвязь функциональных групп в экосистеме можно показать на следующей схеме.



В экосистеме с большим видовым разнообразием может осуществляться взаимозаменяемость одного вида другим без нарушения функциональной структуры.

■ **Повторим главное.** Экосистема — биологическая система, состоящая из живых организмов и среды их обитания, связанных совокупностью связей, осуществляющих обмен веществом и энергией между ними. Наземные экосистемы называют биогеоценозами. Биогеоценоз — совокупность биоценоза и биотопа, связанных между собой круговоротом веществ и потоком энергии. Функциональными компонентами экосистемы являются продуценты, консументы и редуценты.

Правообладатель Народная асвета

? Проверим знания

Ключевые вопросы. 1. Сравните определения понятий «биогеоценоз» и «экосистема». Что между ними общего? В чем отличие? **2.** Какие из перечисленных экосистем можно назвать биогеоценозами: пойменный луг, озеро, дубрава, гнилой пень, море, хвойный лес, река? **3.** В чем состоит роль продуцентов в экосистеме? Приведите примеры фото- и хемоавтотрофов.

Сложные вопросы. 1. Выберите три существенных признака экосистемы: 1) высокая численность видов консументов III порядка; 2) наличие круговорота веществ и потока энергии; 3) сезонные изменения температуры и влажности; 4) неравномерное распределение особей вида-эдификатора; 5) наличие продуцентов, консументов и редуцентов; 6) взаимосвязь абиотических и биотических компонентов. **2.** Дайте экологический прогноз возможных последствий в экосистеме, если в ней произойдет резкое сокращение численности детритофагов.

§ 45. Цепи и сети питания. Трофические уровни

- **Вспомните,** на какие функциональные группы в экосистеме разделяются организмы по роли в превращении вещества и энергии.
- **Как вы думаете?** Чем будут отличаться пищевые взаимоотношения, которые начинаются с зеленого растения и с листового опада?
- **Вы узнаете** о пастбищных и детритных цепях питания, о трофических уровнях и сети питания, обеспечивающей непрерывный круговорот веществ и превращение энергии в экосистеме.

Понятие о цепях питания. Трофические уровни. Основное условие существования экосистемы — это поддержание круговорота веществ и превращения энергии. Наиболее полный круговорот веществ происходит в наземных экосистемах — биогеоценозах. Он обеспечивается благодаря трофическим (пищевым) связям между организмами разных видов, относящимися к разным функциональным группам. Именно на основе этих связей органические вещества, синтезированные продуцентами из минеральных веществ с поглощением солнечной энергии, передаются консументам и претерпевают химические превращения. В результате жизнедеятельности редуцентов происходит разрушение органических веществ, входящих в состав отмерших организмов, до неорганических (CO_2, NH_3, H_2S, H_2O). Затем неорганические вещества используются продуцентами для создания новых органических веществ, которые с помощью консументов снова вовлекаются в круговорот. Если бы эти вещества не использовались многократно, жизнь на Земле была бы невозможна. Ведь запасы веществ, поглощаемых продуцентами, в природе не безграничны. Для осуществления полноценного круговорота веществ в экосистеме

Правообладатель Народная асвета

должны быть в наличии все три функциональные группы организмов. И между ними должно происходить постоянное взаимодействие в виде трофических связей с образованием трофических (пищевых) цепей, или цепей питания.

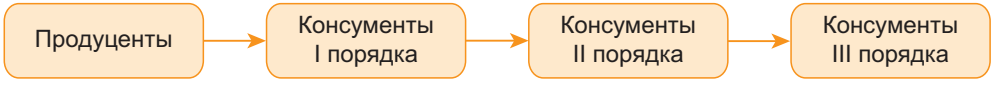
Цепь питания (пищевая цепь) — последовательность организмов, в которой происходит поэтапный перенос вещества и энергии от источника (предыдущего звена) к потребителю (последующему звену). При этом один организм может поедать другой, питаться его отмершими остатками или продуктами жизнедеятельности.

Каждый организм в цепи питания относится к определенному трофическому уровню. ***Трофический уровень*** — это совокупность организмов, которые в зависимости от способа их питания и вида корма составляют определенное звено пищевой цепи.

Трофические уровни принято нумеровать римскими цифрами. Первый трофический уровень составляют автотрофные организмы — растения (продуценты), ко второму трофическому уровню относятся растительноядные животные (консументы I порядка), к третьему и последующим уровням — плотоядные животные (консументы II, III и т. д. порядков).

Пастбищные и детритные цепи. В зависимости от вида источника вещества и энергии цепи питания разделяют на два типа: пастбищные (цепи выедания) и детритные (цепи разложения) (рис. 76, с. 204).

Пастбищные цепи (цепи выедания) — пищевые цепи, которые начинаются с продуцентов и включают консументов разных порядков. В общем виде пастбищную цепь можно показать следующей схемой.



Например: *пищевая цепь луга*: клевер луговой → бабочка → лягушка → змея; *пищевая цепь водоема*: хламидомонада → дафния → пескарь → судак. Стрелки в схеме показывают направление переноса вещества и энергии в цепи питания.

▶ **Это интересно.** В природе почти все организмы питаются не одним, а несколькими видами корма. Следовательно, любой организм может находиться на разных трофических уровнях в одной и той же пищевой цепи в зависимости от характера корма. Например, ястреб, питаясь мышами, занимает третий трофический уровень, а поедая змей — четвертый. Кроме того, один и тот же организм может быть звеном разных пищевых цепей, связывая их между собой. Так, ястреб может съесть ящерицу, зайца или змею, которые входят в состав разных цепей питания.

Правообладатель Народная асвета

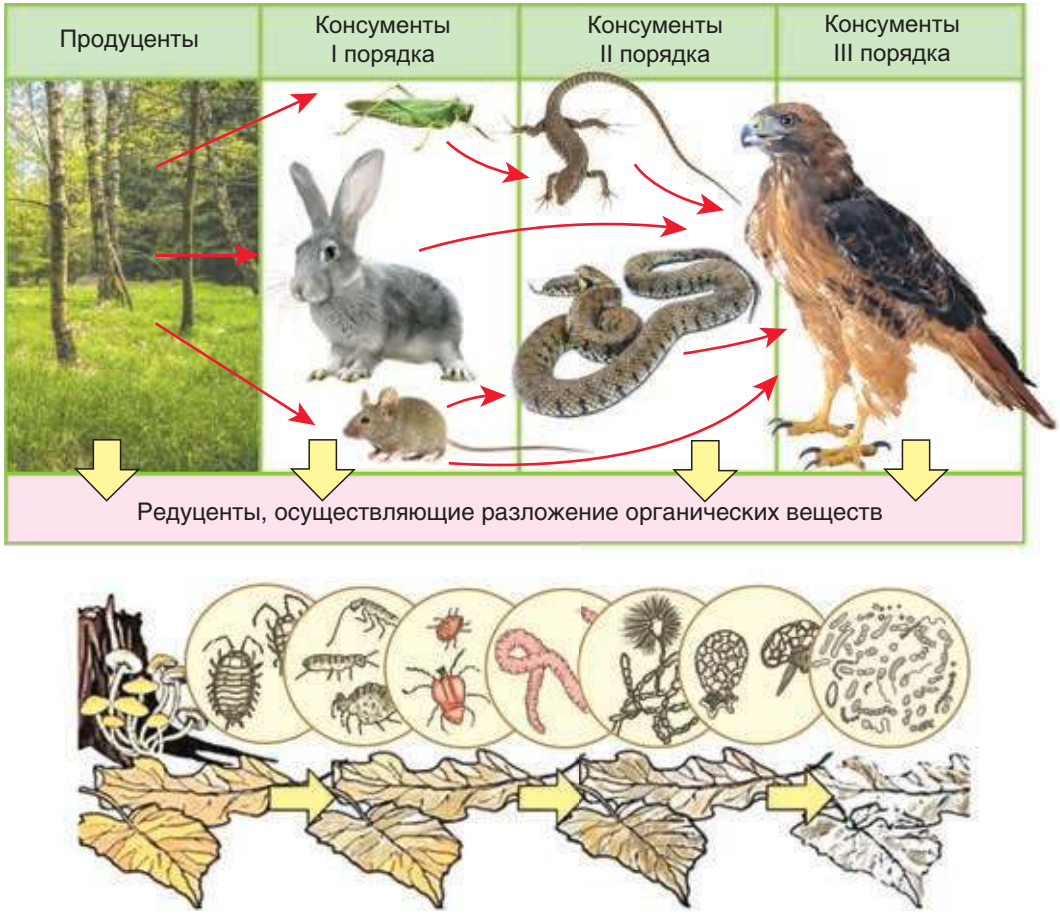


Рис. 76. Цепи питания: пастбищные (вверху) и детритные (внизу)

Детритные цепи (цепи разложения) — пищевые цепи, которые начинаются с отмерших органических остатков (детрита), включают детритофагов и редуцентов и заканчиваются образованием минеральных веществ. В детритных цепях происходит перенос вещества и энергии детрита между детритофагами и редуцентами через продукты их жизнедеятельности.

Например: опавшие листья → дождевые черви и мелкие членистоногие → грибы → гетеротрофные протисты → почвенные бактерии, образующие минеральные вещества. Если детрит не требует механического разрушения, то он сразу превращается в перегной (гумус) с последующей

Правообладатель Народная асвета

минерализацией. Благодаря детритным цепям в природе замыкается круговорот веществ. Отмершее органическое вещество в детритных цепях превращается в минеральные вещества, которые поступают в среду, а из нее поглощаются растениями (продуцентами). Пастбищные цепи преимущественно располагаются в надземных, а цепи разложения — в подземных ярусах экосистем.

Сети питания. В природе пастбищные цепи в чистом виде не встречаются. Они связаны между собой и с детритными цепями общими пищевыми звеньями и образуют ***пищевую сеть***, или ***сеть питания*** (рис. 77).

Взаимосвязь пастбищных цепей с детритными осуществляется через детрит, который образуется в результате отмирания продуцентов и

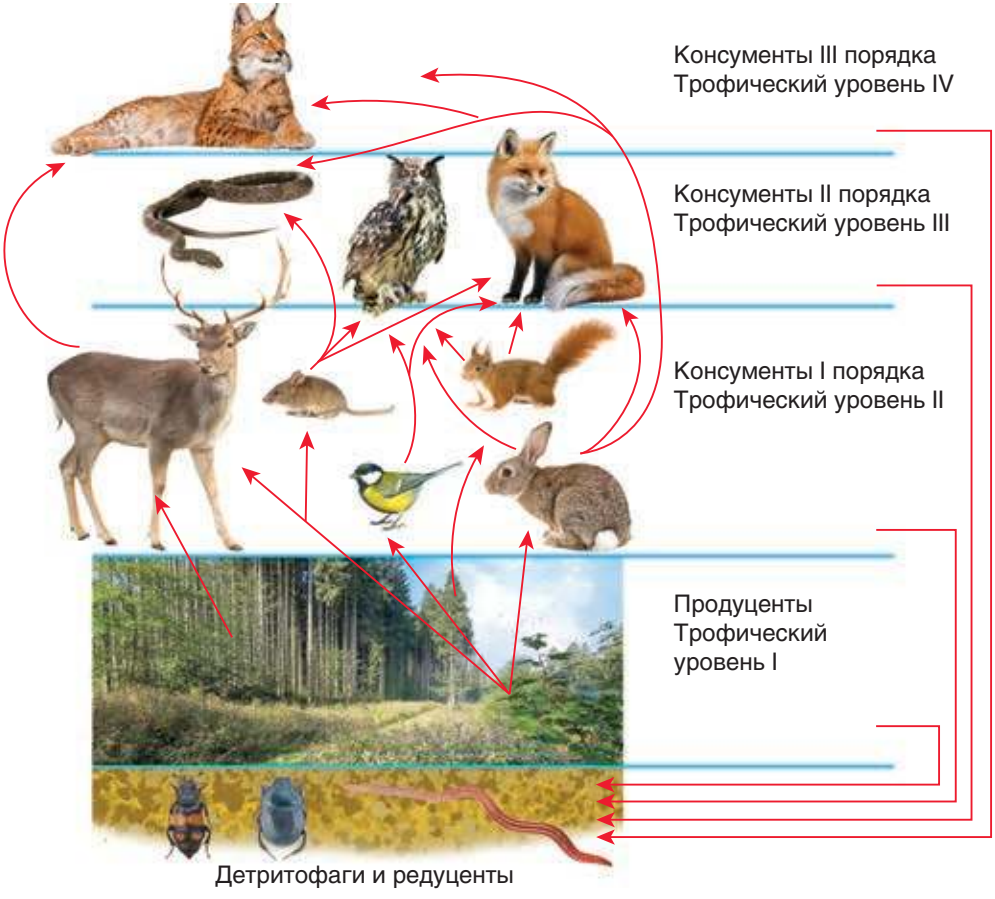


Рис. 77. Упрощенная схема сети питания в лесной экосистеме

Правообладатель Народная асвета

консументов. Детритофаги и редуценты после отмирания также пополняют запас детрита в экосистеме. В детритных цепях происходит разложение детрита до минеральных веществ, извлекаемых из почвы продуцентами. Таким образом, детритные цепи связаны с пастбищными через минеральные вещества. Кроме того, консументы пастбищных цепей могут поедать детритофагов (например, птицы дождевых червей) и крупных редуцентов, за счет чего между пастбищными и детритными цепями возникают дополнительные связи. Благодаря взаимосвязи пастбищных и детритных цепей в экосистеме формируется сложная пищевая сеть, обеспечивающая постоянство процессов превращения вещества и энергии.

Наличие в экосистеме пищевой сети способствует выживанию организмов при недостатке определенного вида корма благодаря возможности использовать другой корм. И чем шире видовое разнообразие особей в экосистеме, тем больше пищевых цепей в составе пищевой сети и тем устойчивее экосистема. Выпадение одного звена из цепи питания не нарушит всей экосистемы, так как могут быть использованы источники питания из других пищевых цепей.

■ **Повторим главное.** В экосистеме продуценты, консументы и редуценты связаны трофическими связями и образуют цепи питания. Совокупность организмов, которые составляют определенное звено пищевой цепи, называется трофическим уровнем. Трофические уровни принято нумеровать римскими цифрами. Различают два типа цепей питания: пастбищные и детритные. В природной экосистеме цепи питания связаны между собой общими пищевыми звеньями и образуют единую пищевую сеть, или сеть питания экосистемы.

? Проверим знания

Ключевые вопросы. 1. Чем отличаются пастбищные цепи от детритных? **2.** Что такое трофический уровень? Почему один и тот же организм может относиться к разным трофическим уровням в разных цепях питания? **3.** Благодаря чему пастбищные и детритные цепи в экосистеме образуют сеть питания? Какова ее роль в устойчивости экосистемы?

Сложные вопросы. 1. Составьте пастбищную цепь питания, выбрав нужные звенья из следующих компонентов: осина, дятел, береза, синица, аист, гусеница березовой пяденицы, коршун. **2.** Составьте детритную цепь питания, выбрав нужные звенья из следующих компонентов: змея, погибшая птица, почвенные бактерии, личинки мух, травяная лягушка, плесневые грибы, минеральные вещества. **3.** Постройте пищевую сеть березовой рощи. Сеть должна состоять из четырех трофических уровней, каждый из которых должен содержать не менее трех компонентов.

Правообладатель Народная асвета

§ 46. Экологические пирамиды. Правило Линдемана

- **Вспомните,** какие типы цепей питания существуют в экосистеме и чем они различаются.
- **Как вы думаете?** Почему пастбищные цепи питания не бывают длинными?
- **Вы узнаете** о закономерностях превращения вещества и энергии в пастбищных цепях (правило Линдемана), о типах экологических пирамид.

Правило Линдемана. Как вы уже знаете из предыдущего параграфа, вещества в экосистеме используются многократно, превращаясь по принципу круговорота. Это происходит благодаря взаимосвязи пастбищных и детритных цепей питания. Причем в круговороте веществ главную роль играют живые организмы. Он начинается с поступления химических элементов из почвы (вода и минеральные соли) и атмосферы (углекислый газ) в живые организмы — продуценты. Продуценты синтезируют органические вещества, часть которых передается дальше по пищевой цепи консументам. Определенное количество органических веществ продуцентов и консументов возвращается в почву с отмершими остатками, экскрементами (детрит). В результате деятельности редуцентов они превращаются в минеральные вещества, атомы которых снова вовлекаются продуцентами в круговорот. Но совершенно замкнутым круговорот веществ быть не может. Атомы некоторых химических элементов могут на длительное время выводиться из круговорота, накапливаясь в литосфере в составе известняка (мела), каменного угля, природного газа, нефти, торфа, руд различных металлов.

Превращение энергии в цепях питания экосистемы идет несколько иначе, чем превращение веществ. Поток солнечной энергии, поступивший в экосистему, после включения в органическое вещество как бы разделяется на два русла — пастбищное и детритное. В каждом из них освобождающаяся энергия расходуется на поддержание жизнедеятельности организмов: размножение, движение, поддержание температуры тела, транспорт веществ через клеточные мембраны. Соотношение количества энергии, проходящей через пастбищные и детритные цепи, в различных типах экосистем разное. Потеря энергии в пищевых цепях может быть восполнена только за счет поступления новых порций солнечной энергии или готового органического вещества (энергия корма). Поэтому в экосистеме не может быть круговорота энергии, аналогичного круговороту веществ. Экосистема функционирует только за счет направленного потока энергии.

Правообладатель Народная асвета

Процент усвояемости вещества и энергии в разных цепях питания варьирует и зависит от состава корма и биологических особенностей организмов. Однако многочисленные исследования показали, что в пастбищных цепях переход энергии и вещества от одного трофического уровня к другому составляет в среднем 10 %. В одних цепях питания он может быть несколько выше, а в других — немного ниже. Американский эколог Р. Линдеман в 1942 г. сформулировал эту закономерность как ***правило 10 %*** (его часто называют правилом Линдемана). Используя это правило, можно рассчитать примерное количество энергии на любом трофическом уровне цепи питания, если ее показатель известен на одном из них. С некоторой степенью допущения это правило используют и для определения перехода вещества между трофическими уровнями. Чтобы получить более достоверные данные, нужно учитывать особенности потребляемого корма и эффективность его усвоения в конкретной пастбищной цепи питания.

Правило Линдемана неприменимо для этапов пастбищных цепей, включающих паразитов. Поскольку паразиты используют готовые питательные вещества хозяина, то эффективность их усвоения намного выше, чем при потреблении органического вещества корма другими организмами. Паразитам не нужно затрачивать энергию на процессы переваривания, так как эту функцию выполняет хозяин. Получая питательные вещества от хозяина, паразит их практически полностью усваивает, поэтому он не теряет часть энергии в составе непереваренных остатков (экскрементов). Из этого следует, что в пищевых цепях, включающих паразитов, не будет соблюдаться правило Линдемана, а значит, и балансовое равенство.

Экологические пирамиды. Если на каждом трофическом уровне пищевой цепи определить число особей, или их биомассу (количество накопленного органического вещества), или количество заключенной в ней энергии, то станет очевидным уменьшение этих величин по мере продвижения к концу цепи питания. Эту закономерность впервые установил английский эколог Ч. Элтон в 1927 г. Он назвал ее ***правилом экологической пирамиды*** и предложил выражать графически. Если любую из вышеуказанных характеристик трофических уровней изобразить в виде прямоугольников с одинаковым масштабом и расположить их друг над другом в соответствии с порядком трофических уровней в цепи питания, то получится экологическая пирамида.

Известны три типа экологических пирамид. ***Пирамида чисел*** отражает численность особей в каждом звене пищевой цепи (рис. 78).

Однако в экосистеме второй трофический уровень (консументы I порядка) численно может быть богаче первого трофического уровня (проду-

Правообладатель Народная асвета

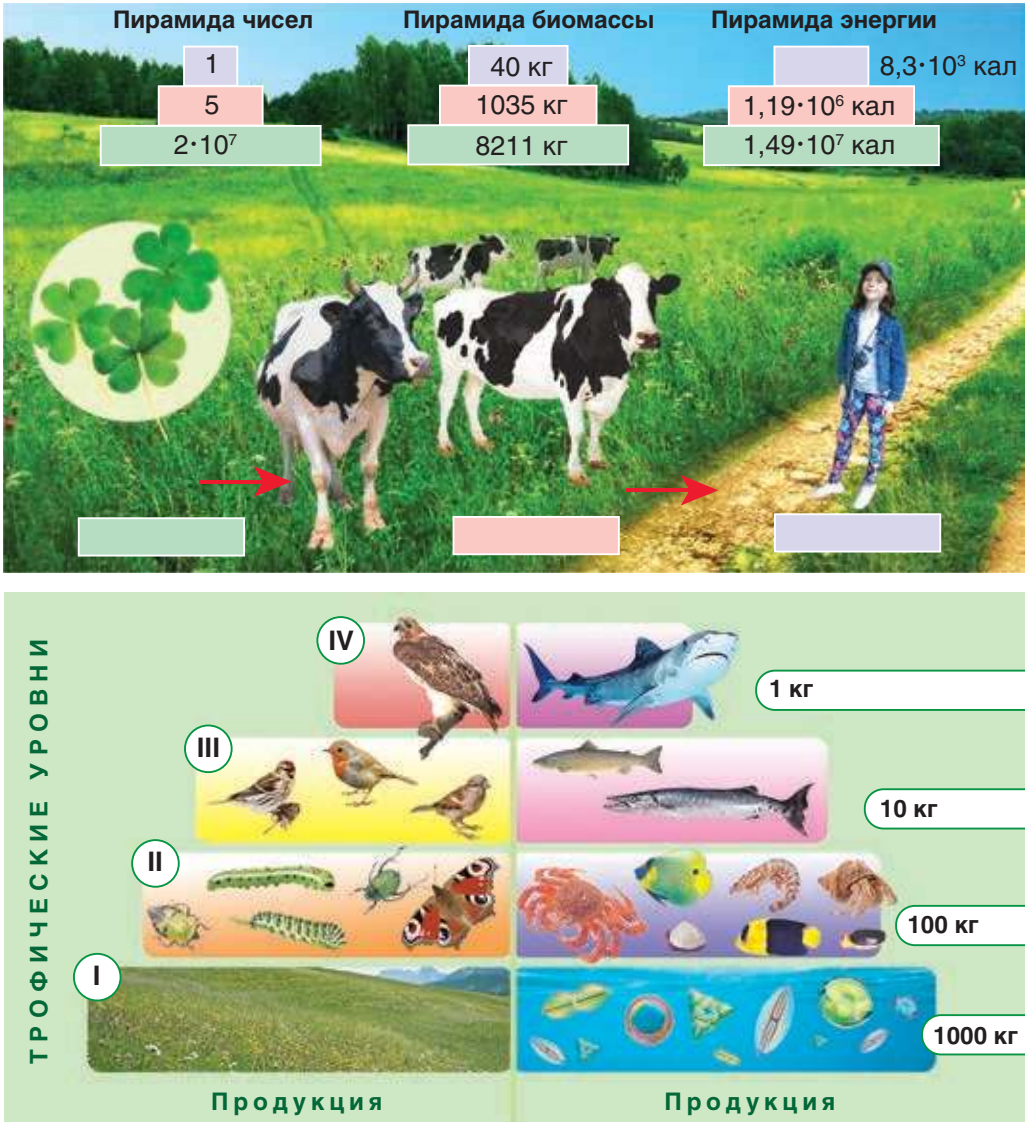


Рис. 78. Экологические пирамиды

центов). В этом случае получается пирамида чисел неправильной формы. Это объясняется участием в таких пирамидах особей, не равноценных по размерам. Примером может служить пирамида чисел, состоящая из лиственных деревьев, листогрызущих насекомых, мелких насекомоядных и крупных хищных птиц.

Правообладатель Народная асвета

Пирамида биомассы отражает количество органического вещества, накопленного на каждом трофическом уровне пищевой цепи. Пирамида биомассы в наземных экосистемах имеет правильную форму (см. рис. 78). А в водных экосистемах биомасса второго трофического уровня, как правило, больше биомассы первого при определении ее в конкретный момент. Поэтому пирамида биомассы для водных экосистем имеет неправильную форму. Но поскольку водные продуценты (фитопланктон) имеют высокую скорость образования продукции, то в конечном итоге их суммарная биомасса за сезон или за год все равно будет больше биомассы консументов I порядка. А это значит, что в водных экосистемах по биомассе также соблюдается правило экологической пирамиды.

Пирамида энергии отражает количество энергии, содержащейся в органическом веществе каждого трофического уровня цепи питания. Ее форма свидетельствует о закономерном расходовании энергии при переходе от одного трофического уровня к другому (см. рис. 78).

Таким образом, запас вещества и энергии, накопленный растениями в пастбищных пищевых цепях, быстро расходуется (выедается), поэтому эти цепи не могут быть длинными. Обычно они включают от трех до пяти трофических уровней.

■ **Повторим главное.** В пастбищных цепях питания переход энергии и биомассы от одного трофического уровня к другому подчиняется правилу 10 %, или правилу Линдемана. Графическое выражение данной закономерности получило название правило экологической пирамиды. Для ряда пастбищных цепей питания можно построить три типа экологических пирамид: чисел, биомассы и энергии.

? Проверим знания

Ключевые вопросы. 1. Сформулируйте правило Линдемана. В чем суть правила экологической пирамиды? Какие бывают типы экологических пирамид? В чем их особенности? **2.** Объясните, почему в экосистеме нельзя применять правило Линдемана для этапов пастбищных цепей, включающих паразитов.

Сложные вопросы. 1. В пастбищной цепи леса биомасса продуцентов содержит $6{,}2 \cdot 10^4$ кДж энергии, биомасса консументов второго порядка — $2{,}2 \cdot 10^2$ кДж энергии. Постройте экологическую пирамиду и рассчитайте, на отстрел какого количества косуль (консументов I порядка) можно выдать лицензию, чтобы соблюдалось правило Линдемана, если в биомассе одной косули сохраняется 200 кДж энергии. **2.** Объясните, почему в водных экосистемах экологическая пирамида биомассы имеет неправильную форму в конкретный момент, но правильную форму при оценке биомассы за сезон или за год.

Правообладатель Народная асвета

§ 47. Биомасса и продуктивность экосистем

- **Вспомните,** какие закономерности превращения веществ и энергии наблюдаются в пастбищных цепях питания.
- **Как вы думаете?** Как распределяется в экосистеме растительная биомасса продуцентов, образующаяся в результате фотосинтеза? На какие цели расходуется корм, потребляемый консументами?
- **Вы узнаете** о значении понятий «биомасса» и «продукция», какие виды продукции образуются в экосистеме и как они распределяются в пастбищных цепях питания.

Понятие о биомассе и продукции экосистемы. Благодаря возможности многократного использования вещества и постоянному притоку энергии экосистемы способны длительно поддерживать стабильное существование. Населяющие их продуценты, консументы и редуценты при этом постоянно обеспечивают воспроизведение и накопление своей биомассы, несмотря на то что запас веществ в биосфере ограничен и не пополняется.

Общее количество биомассы всех живых организмов, накопившейся в данной экосистеме за весь предыдущий период ее существования, называется ***биомассой экосистемы***. Она выражается в единицах сырой массы или массы сухого органического вещества на единицу площади: в г/м^2, кг/м^2, кг/га, т/км^2 (наземные экосистемы) — или на единицу объема (водные экосистемы).

Процесс воспроизведения биомассы растений, животных и микроорганизмов, входящих в состав той или иной экосистемы, называется ***биологической продуктивностью***. Обычно она выражается через количество продукции, образующейся в экосистеме на данном этапе.

Продукция экосистемы — количество биомассы, вновь воспроизведенной в экосистеме за единицу времени (обычно за год) на данном этапе ее существования.

Экосистемы сильно различаются по количеству продукции. По снижению биологической продуктивности их можно расположить в следующей последовательности: тропический лес → субтропический лес → лес в зоне умеренного климата → степь → океан → пустыня. Образующаяся продукция может по-разному расходоваться в разных экосистемах. Если скорость ее потребления отстает от скорости образования, то это ведет к приросту биомассы экосистемы и накоплению в ней избытка детрита. В результате будет наблюдаться образование торфа на болотах, зарастание мелких водоемов, создание запаса подстилки в таежных лесах.

Правообладатель Народная асвета

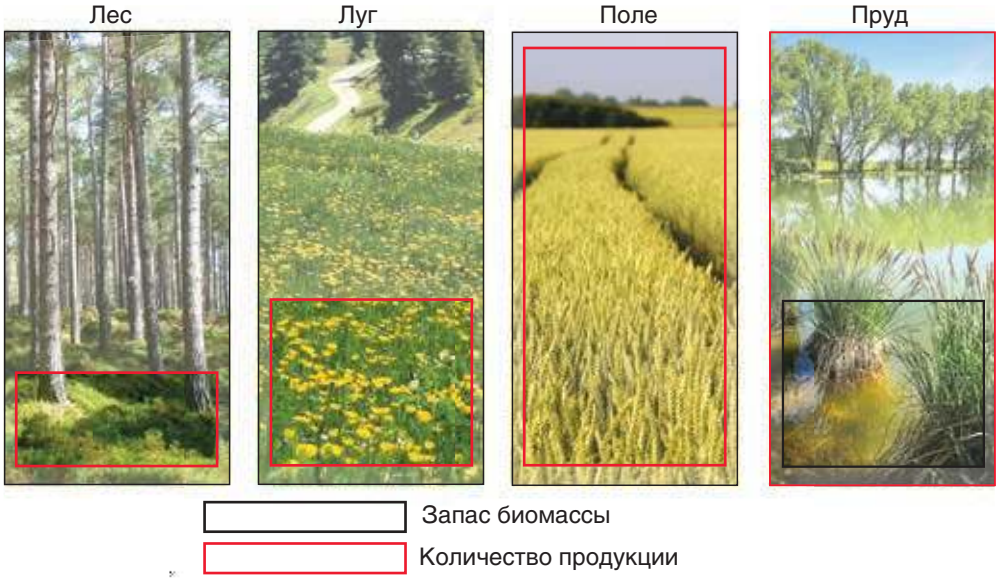


Рис. 79. Соотношение биомассы и продукции в разных экосистемах

В стабильных экосистемах практически вся образующаяся продукция тратится в сетях питания. В результате биомасса экосистемы остается практически постоянной.

Биомасса экосистемы и ее продукция могут достаточно сильно отличаться (рис. 79). Например, в густом лесу общая биомасса организмов очень велика по сравнению с ее годовым приростом — продукцией. Тогда как в пруду небольшая накопленная биомасса фитопланктона имеет высокую скорость возобновления — образования продукции за счет быстрого размножения.

Первичная и вторичная продукции. В зависимости от того, какие вещества и энергия используются для возобновления биомассы в экосистеме, различают первичную и вторичную продуктивность. Соответственно образующаяся при этом продукция называется первичной или вторичной.

Первичная продукция — биомасса, созданная автотрофными организмами (продуцентами) из минеральных веществ в процессе фото- или хемосинтеза. Основное количество возникающих таким путем органических веществ создают зеленые растения. Эффективность превращения поглощаемой ими солнечной энергии в энергию химических связей ор-

Правообладатель Народная асвета

ганических веществ составляет в среднем 1 %. Эта закономерность получила название ***правило 1 %***. Первичная продукция является очень важной характеристикой экосистемы. Именно накопленная в ней энергия позволяет существовать всем гетеротрофным организмам (консументам и редуцентам) и создавать свою продукцию.

Вторичная продукция — биомасса, созданная гетеротрофными организмами (консументами и редуцентами) за счет энергии органического вещества, накопленной продуцентами в процессе фотосинтеза.

Как первичная, так и вторичная продукции используются в качестве источника энергии на трофических уровнях в пастбищных цепях, являясь кормом для организмов — пищевых звеньев этих цепей. На что организмы тратят энергию потребленного корма (К)? Прежде всего, большая часть энергии корма тратится организмами на процессы жизнедеятельности или на дыхание (Д), так как освобождается она в результате окисления с участием кислорода. Часть ее идет на прирост биомассы (П), то есть на рост организмов. А некоторое количество энергии не усваивается организмом и в составе непереваренных остатков корма — экскрементов (Э) удаляется из организма в окружающую среду.

Вспомните правило Линдемана, согласно которому в пастбищной цепи на каждый последующий уровень передается примерно 10 % энергии. Согласно вышесказанному, на следующий трофический уровень не может передаваться энергия, затрачиваемая на дыхание и теряющаяся в составе экскрементов. Это и будет в совокупности составлять примерно 90 %. И лишь 10 % энергии, сохраняющейся в биомассе организмов, может быть доступно для следующего трофического уровня. Из этого следует, что пастбищные цепи не могут быть длинные, обычно они включают 3—5 звеньев.

При распределении первичной и вторичной продукции на трофических уровнях экосистемы соблюдается балансовое равенство. Это значит, что на каждом трофическом уровне сумма всех видов расходуемой энергии равна количеству энергии, поступившей из предыдущего уровня в составе корма. Балансовое равенство можно выразить условным уравнением: $К = П + Д + Э$.

Используя правило Линдемана и данное уравнение для решения экологических задач, можно рассчитать примерное количество энергии на трофических уровнях, если известно ее количество на первом трофическом уровне пищевой цепи. И наоборот, зная содержание энергии на последнем трофическом уровне, можно определить, сколько энергии поступило в пищевую цепь на первом трофическом уровне.

Правообладатель Народная асвета

■ **Повторим главное.** В экосистеме осуществляется непрерывный круговорот веществ и направленный поток энергии. Поэтому в ней происходит воспроизведение и накопление биомассы. Общее количество биомассы всех организмов, накопившейся в экосистеме за весь период ее существования, называется биомассой экосистемы. Процесс воспроизведения биомассы организмов, входящих в экосистему, называется биологической продуктивностью. Она выражается количеством продукции — биомассой, вновь воспроизведенной в экосистеме за единицу времени на данном этапе ее существования. Различают первичную, созданную продуцентами, и вторичную, созданную консументами и редуцентами, продукции. Они используются в цепях питания в качестве корма. Энергия корма расходуется организмами на процессы жизнедеятельности, прирост биомассы и экскременты. На трофических уровнях пастбищных цепей соблюдается балансовое равенство между поступившей и расходующейся энергией.

? Проверим знания

Ключевые вопросы. 1. Дайте определение понятий «продукция» и «биомасса» экосистемы. **2.** Какая продукция называется первичной, а какая — вторичной? Почему? **3.** Что означает выражение «на трофических уровнях соблюдается балансовое равенство»?

Сложные вопросы. 1. Первичная продукция в широколиственном лесу накапливает до $12 \cdot 10^6$ кДж энергии на 1 га в год. В 1 кг биомассы продуцентов и консументов содержится 480 кДж энергии. Площадь леса равна 1000 га, траты на дыхание у продуцентов составляют 40 %. Сколько особей консументов второго порядка сможет прокормиться за счет этой продукции, если масса потребляемого корма на одну особь составляет в среднем 250 кг? Переход энергии в цепях питания подчиняется правилу Линдемана. **2.** Перечисленные в скобках экосистемы (пруд, лес, луг) расположите в последовательности увеличения показателя отношения продукции к биомассе. Объясните причину различий данного показателя в этих экосистемах. Как изменение соотношения продукции и биомассы в экосистеме может повлиять на ее состояние?

§ 48. Динамика экосистем. Понятие экологической сукцессии

- **Вспомните,** какие сезонные изменения происходят в жизни растений и животных, населяющих природные экосистемы.
- **Как вы думаете?** Почему одни экосистемы длительно сохраняют свое исходное существование, а другие сменяются новыми экосистемами?
- **Вы узнаете** о сезонной динамике экосистем, о последовательной и закономерной смене экосистем — сукцессиях — при однонаправленном изменении условий среды.

Правообладатель Народная асвета

Любая экосистема достаточно изменчива, несмотря на относительную стабильность ее структуры. Изменение состояния экосистемы в ответ на изменение условий среды называется *динамикой экосистемы*. Тип динамики зависит от характера изменения экологических факторов среды. Под их влиянием происходит изменение свойств и структуры популяций, их состава и взаимоотношений. Изменение факторов среды может носить циклический или однонаправленный характер. Вследствие этого могут возникать периодические или поступательные изменения экосистемы.

Сезонная динамика экосистем — периодические изменения экосистем, связанные со сменой времен года. Вы уже знаете, что смена времен года происходит вследствие вращения Земли вокруг Солнца. При этом важную роль играет расположение земной оси под углом к плоскости орбиты. В зависимости от положения Земли относительно Солнца в экосистему поступает разное количество солнечного света, тепла, влаги. Наиболее резкие изменения этих факторов при смене времен года наблюдаются в умеренных и высоких широтах. Именно в направлении от экватора к полюсам отмечается усиление выраженности сезонной динамики экосистем.

В растительном сообществе или у отдельных видов в течение года четко прослеживается чередование определенных периодов. После зимнего покоя наступает активная вегетация, цветение, плодоношение, затем листопад и подготовка к зиме.

В животном мире размножение особей связано с наличием кормовой базы для потомства, которая зависит от времени года. Например, клесты выводят птенцов в февральские морозы, когда вскрываются еловые шишки и имеется обилие семян. Грачи выкармливают своих птенцов дождевыми червями ранней весной, когда их легко добывать на вспаханном поле.

Сезонные изменения обеспечиваются выживанием видов в течение года, когда климатические условия изменяются в широких пределах. Например, при наступлении неблагоприятного периода происходят миграции и кочевки у птиц. Некоторые млекопитающие впадают в спячку, у пресмыкающихся и земноводных наступает оцепенение, у протистов образуются цисты. В результате сезонных изменений наблюдается изменение не только качественных, но и количественных характеристик экосистемы. Некоторые виды практически полностью исключаются из жизни сообщества в определенные периоды (спячка, оцепенение, миграции). Сезонной изменчивости подвержены и ярусы. Некоторые ярусы могут полностью исчезать в определенный сезон: например, растения-однолетники зимой. Все вышеперечисленные изменения носят

Правообладатель Народная асвета

периодический характер. Они не изменяют саму сущность экосистемы, поэтому и не приводят к ее смене. Например, летний лес сильно отличается от зимнего, как качественно, так и количественно. Но он по-прежнему остается лесом, а не становится, например, лугом.

Понятие экологической сукцессии. Поступательные изменения экосистемы происходят вследствие однонаправленного изменения условий среды. Причиной изменения условий среды в экосистеме могут быть как внешние (изменение климата), так и внутренние (жизнедеятельность популяций) факторы. В результате направленного изменения абиотических и биотических факторов среды существующие в экосистеме популяции начинают вымирать, так как новые условия становятся непригодными для их существования. Сила воздействия экологических факторов выходит за пределы выносливости существующих популяций. Вместо них заселяются новые популяции, для которых эти условия благоприятны. Это приводит к смене одного биоценоза другим с новым набором видов. В результате происходит смена всей экосистемы. Новая экосистема сменится следующей экосистемой по той же причине. И так будет продолжаться до тех пор, пока не стабилизируются условия среды. Это приведет к формированию конечной равновесной экосистемы, и сукцессия завершится.

Сукцессия (от лат. *successio* — преемственность, последовательность) — закономерная, последовательная смена одних экосистем другими на определенной территории под влиянием направленного изменения природных факторов или деятельности человека.

Цепь сменяющих друг друга экосистем называется сукцессионным рядом или серией, а сами экосистемы — *сериальными стадиями*. Экосистема, в которой достигается равновесное состояние сообщества и окружающей среды, называется *климаксовой стадией* или *климаксом* (от греч. *klimax* — лестница). Типичными климаксовыми экосистемами являются тундра, тайга, ковыльная степь. Теоретически климаксовая экосистема способна поддерживать себя неограниченно долго. В отличие от сериальных стадий годовая продукция климаксовой экосистемы уравновешивает ее годовое потребление.

В зависимости от первоначального состояния субстрата выделяют два основных типа сукцессий — первичные и вторичные.

Первичные сукцессии начинаются на месте, ранее лишенном жизни и не имеющем почвенного покрова. Например, на застывшей лаве после извержения вулканов, на морских островах после землетрясений, на песчаных дюнах, на голых скалах, наносах рек. Первоначально на таких

Правообладатель Народная асвета

местах поселяются цианобактерии, лишайники и мхи. Они формируют так называемое «пионерное сообщество», которое своей жизнедеятельностью влияет на неорганический субстрат и обеспечивает начальный этап почвообразования.

При первичных сукцессиях сериальные стадии сменяют одна другую в течение значительного промежутка времени. Достижение климаксовой стадии занимает длительный период (столетия и тысячелетия). При этом начальные стадии значительно продолжительнее конечных.

Первичная сукцессия на песчаных дюнах имеет отличительные особенности протекания в связи с подвижностью субстрата и его неспособностью удерживать влагу. На голых зыбучих песках первыми поселяются некоторые многолетние злаки (например, пырей ползучий, осока песчаная) и другие засухоустойчивые растения-песколюбы. Они способны жить в условиях засухи, а также своей развитой корневой системой или разветвленным корневищем укреплять поверхность дюны и обогащать песок органическими веществами. Вместе с растениями заселяются норные пауки, кузнечики, роющие осы. Потом появляется разнотравье: полынь, букашник, астрагал, ястребинка, тмин, лапчатка. Создается органическое вещество, обогащающее субстрат, постепенно формируется почва. Вслед за травами появляются кустарники (ивняк, ольшаник), затем сосна, которая еще больше закрепляет пески, а после этого лиственные породы деревьев. Богаче становится животный мир. Новые места заселяют муравьи, кобылки, жуки, дождевые черви, моллюски, грызуны и другие обитатели лиственного леса. Таким образом, главная роль в этой сукцессии принадлежит растениям. Они вызывают образование и изменение почвы, служащее основой для смены видового состава экосистемы.

Вторичные сукцессии начинаются на месте разрушенной экосистемы. Примером может служить зарастание заброшенного поля, лесной вырубки, загрязненного или высыхающего водоема. Вторичной сукцессией является также восстановление лугов и лесов после пожара, засухи, наводнения, эрозии. В современных условиях вторичные сукцессии наблюдаются повсеместно.

Смена сериальных стадий и достижение климакса в этом случае происходит значительно быстрее (десятки и сотни лет), чем при первичных сукцессиях. В разрушенных экосистемах, в отличие от мест лишенных жизни, сохраняется почва, семена растений, некоторое количество живых обитателей. Благодаря этому начальные стадии вторичных сукцессий менее продолжительные, чем первичных.

Правообладатель Народная асвета

Рис. 80. Схема вторичной сукцессии на месте лесного пожара в умеренном поясе

В качестве примера рассмотрим вторичную антропогенную сукцессию, протекающую на месте лесного пожара (рис. 80).

В первые десять лет на месте пожарища развивается густой травостой из вейника наземного, иван-чая узколистного, марьянника дубравного и других видов трав в зависимости от типа почв. В последующие 10—25 лет происходит зарастание кустарником. Первыми из деревьев появляются береза и осина. Их семена переносятся ветром и, прорастая, легко дают поросль. В течение 25—100 лет формируется лиственный лес. Со временем кроны деревьев смыкаются и для проростков создаются неблагоприятные условия. Под пологом берез и осин прорастают семена ели, и через 100—150 лет формируется смешанный лес. Ель, затеняя, постепенно вытесняет березу и осину. В результате смешанный лес через 150—250 лет заменяется еловым, который может существовать бесконечно долго. Еловый лес является климаксовой стадией, потому что под его пологом может идти возобновление только ели.

Зрелая климаксовая экосистема обладает высокой устойчивостью. Чем больше разнообразие видов в экосистеме и сложнее трофические связи между ними, тем устойчивее экосистема. При высоком видовом разнообразии консументы имеют широкую сеть пищевых ресурсов. В случае недостатка или отсутствия одного вида корма они способны переключиться на другой источник питания. Это дает возможность недостающему корму восстановиться. Так устанавливается динамическое равновесие между пищевыми ресурсами и их потребителями в условиях постоянных изменений среды.

Правообладатель Народная асвета

■ **Повторим главное.** Сезонная динамика — периодические изменения экосистемы, связанные со сменой времен года. Сезонная динамика не приводит к смене экосистемы. Сукцессия — закономерная, последовательная смена одних экосистем другими на определенной территории под влиянием природных факторов и деятельности человека. Она включает сериальные стадии и стадию климакса. Сукцессии бывают первичные и вторичные.

? Проверим знания

Ключевые вопросы. 1. Чем сезонная динамика экосистемы отличается от сукцессии? **2.** Дайте определение сукцессии. Какие бывают типы сукцессий? В чем их различие? **3.** Что такое климаксовая стадия сукцессии? Чем она отличается от сериальной стадии? **4.** Укажите, какие из перечисленных ниже сукцессий являются первичными, а какие — вторичными: восстановление луга после пожара, превращение водоема в болото, появление леса на месте вулканической лавы, превращение луга в пустырь, зарастание песчаной дюны.

Сложные вопросы. 1. Составьте экологический прогноз протекания сукцессии на месте полигона бытовых отходов в вашей местности. Как вы считаете, сколько лет понадобится для достижения климаксовой стадии и от чего зависит скорость ее достижения? **2.** Установите последовательность процессов при протекании первичной сукцессии на голых скалах: 1) образование почвы в результате эрозии материнской породы и отмирания лишайников; 2) формирование мелколиственного леса; 3) прорастание семян травянистых растений; 4) развитие молодых елей под пологом лиственных деревьев; 5) заселение территории мхами и кустистыми лишайниками; 6) образование травянисто-кустарникового сообщества; 7) образование верхнего яруса взрослыми елями; 8) заселение накипными лишайниками и бактериями. **3.** Установите последовательность процессов при протекании вторичной сукцессии после вырубки елового леса, поврежденного жуком-типографом: 1) рост кустарников с березовым и осиновым подростом; 2) формирование елового леса; 3) развитие лиственного леса с еловым подростом; 4) зарастание вырубки многолетними светолюбивыми травами; 5) образование смешанного леса.

§48-1
§48-2
§48-3
§48-4
§48-5
§48-6

§ 49. Агроэкосистемы и их особенности. Разнообразие агроэкосистем

- **Вспомните,** откуда человек получает продукцию для своего существования.
- **Как вы думаете?** По каким критериям можно отличить искусственную экосистему от природной?
- **Вы узнаете** о структуре агроэкосистем, их разнообразии и отличии от природных экосистем.

Правообладатель Народная асвета

Понятие агроэкосистемы. Человек получает достаточно много разных видов продукции от природных экосистем. Тем не менее основным источником средств для удовлетворения его потребностей является *сельское хозяйство*. Сельскохозяйственная деятельность человека способна изменять природные экосистемы. Кроме того, человек имеет возможность формировать искусственные экосистемы и поддерживать их существование с целью получения сельскохозяйственной продукции. Эти искусственные экосистемы называются агроэкосистемами.

Агроэкосистемы (от греч. *agrós* — поле) — искусственные экосистемы, созданные и используемые человеком для получения сельскохозяйственной продукции или отдыха.

Агроэкосистемы занимают примерно 30 % свободной ото льда суши нашей планеты. Из них около 10 % приходится на пахотные земли, почти 20 % занимают пастбища. В Республике Беларусь сельскохозяйственная продукция как товар играет в экономике важную роль. По информации Белстата в структуре земельных ресурсов Беларуси на 1 января 2018 г. сельскохозяйственные земли составили 42,3 % территории, леса — 41 %, поверхностные воды, включая болота, — 6,1 %, прочие земли — 10,6 %. В настоящее время в результате хозяйственной деятельности человека сформировалось большое разнообразие агроэкосистем. Они существенно отличаются по масштабам, структуре и составу видов организмов в зависимости от целей их формирования. Основными типами агроэкосистем в Республике Беларусь являются: пахотные поля, сенокосы и пастбища, фруктовые сады, огороды, теплицы, фермы, пруды, курортно-санаторные зоны (рис. 81).

Индустриализация сельского хозяйства имеет не только плюсы, но и минусы. Современные агроэкосистемы представляют экологическую опасность для природных экосистем. Применяемые в них химические средства для борьбы с вредителями — п е с т и ц и д ы — с помощью воды, воздуха по цепям питания переносятся в природные экосистемы, загрязняя их. Следовательно, нужно расширять применение биологических методов борьбы. Избыточное внесение минеральных и органических удобрений может вызывать загрязнение грунтовых вод и поверхностных водоемов. Сорняки и насекомые-вредители из агроэкосистем способны мигрировать в природные экосистемы и отрицательно влиять на них.

Для того чтобы снизить негативное воздействие агроэкосистем на природное окружение, в Республике Беларусь проводится большая работа по созданию продуктивных, экономичных и экологичных агрокомплексов.

Правообладатель Народная асвета

Теплица

Поле

Сад

Пастбище

Рис. 81. Агроэкосистемы

▶ **Это интересно.** Институт овощеводства НАН Беларуси разработал комплекс машин по возделыванию овощных культур с применением современных технологий. Например, культиватор-опрыскиватель не только обрабатывает междурядья овощных культур, но и вносит растворимые пестициды и минеральные удобрения. Его можно использовать для обработки картофеля и других пропашных культур. Комбинированный посевной агрегат одновременно обрабатывает почву, готовит ее к севу и высевает пунктирным способом семена овощных культур. При этом он осуществляет дозированное внесение гранулированных минеральных удобрений.

Структура агроэкосистемы. Агроэкосистемы являются биосистемами того же уровня организации, что и природные экосистемы. Они включают сообщество и биотоп, которые связаны обменом веществ и энергии.

Сообщество состоит из продуцентов, консументов и редуцентов. Они взаимодействуют за счет трофических связей, благодаря чему осуществляется круговорот веществ. Отличие сообщества агроэкосистемы от

Правообладатель Народная асвета

природного сообщества отмечается на уровне видового состава функциональных групп организмов и их взаимосвязей. Каждая функциональная группа состоит из небольшого количества специфичных видов. Среди продуцентов доминирует культурный вид растений, имеется несколько видов сопутствующих сорняков. Консументы представлены беспозвоночными, паразитическими грибами и бактериями, питающимися преимущественно культурными растениями. Иногда могут присутствовать мелкие грызуны, некоторые птицы. На пастбищах по численности доминируют виды домашних животных (коровы, лошади, овцы). Функцию редуцентов выполняют почвенные грибы, дождевые черви, бактерии. Человек постоянно нарушает взаимодействие видов в сообществе, осуществляя различные приемы агротехники.

Отличия агроэкосистем от природных экосистем. Агроэкосистемы существенно отличаются от природных экосистем (табл. 20).

Таблица 20. **Сравнительная характеристика экосистем**

Критерии сравнения	Природные экосистемы	Агроэкосистемы
Происхождение	Первичные естественные структурные единицы биосферы, образовавшиеся в результате длительной эволюции	Вторичные искусственные структурные единицы биосферы, созданные человеком
Видовая структура	Сложные системы с большим видовым разнообразием, в которых, как правило, доминирует несколько видов. Видовая структура формируется под действием факторов среды. Культурные (сельскохозяйственные) растения отсутствуют	Упрощенные системы с небольшим видовым разнообразием, в которых доминирует, как правило, один культивируемый человеком вид растений или животных. Видовая структура формируется как под действием факторов среды, так и при определяющей роли человека
Устойчивость	Свойственно устойчивое динамическое равновесие, достигаемое саморегуляцией, благодаря разнообразию трофических связей. Пищевые цепи длинные (3—5 звеньев), а пищевая сеть сложная	Неустойчивы, без поддержки человека быстро разрушаются. Саморегуляция отсутствует. Пищевые цепи короткие (2—3 звена), пищевая сеть простая

Правообладатель Народная асвета

Продолжение

Критерии сравнения	Природные экосистемы	Агроэкосистемы
Продуктивность	Продуктивность определяется количеством поступающей солнечной энергии и степенью замкнутости круговорота веществ	Продуктивность определяется количеством совокупной энергии (солнечная энергия + энергия, привносимая человеком), поступающей в систему, и зависит от технических и экономических возможностей человека
Экологическая безопасность	Экологически безопасны, не являются источником загрязняющих веществ	Экологически опасны, являются источником загрязняющих веществ, способны влиять на устойчивость природных экосистем
Круговорот веществ	Вся чистая первичная продукция используется консументами и редуцентами, вовлекающими ее в полный и замкнутый круговорот веществ	Основную часть чистой первичной продукции в виде урожая человек изымает для своих потребностей и на корм скоту. Изъятые на уровне продуцентов вещества восполняются на уровне детритных цепей в виде органических (детрит) или минеральных удобрений. Круговорот веществ неполный и незамкнутый

■ **Повторим главное.** Агроэкосистемы — искусственные системы, созданные и поддерживаемые человеком с целью получения сельскохозяйственной продукции или отдыха. Отличительными особенностями агроэкосистем являются: небольшое видовое разнообразие, доминирование видов культурных растений или домашних животных, низкая устойчивость, неспособность к саморегуляции, неполный и незамкнутый круговорот веществ, наличие дополнительного источника энергии, высокая биологическая продуктивность.

? Проверим знания

Ключевые вопросы. 1. Сравните агроэкосистемы и природные экосистемы по видовой структуре. В чем их различие? **2.** Укажите, какие из перечисленных ниже объектов, являются агроэкосистемами: океан, огород, степь, озеро, парк, альпийский луг, яблоневый сад, тропический лес, пшеничное поле. **3.** Почему в агроэкосистемах круговорот веществ неполный и незамкнутый?

Правообладатель Народная асвета

Сложные вопросы. 1. Почему агроэкосистемы неустойчивы и быстро разрушаются без поддержки человека? Предложите пути повышения их устойчивости. **2.** В чем экологическая опасность агроэкосистем? Каким образом можно ее уменьшить?

§49-1

ПОДВЕДЕМ ИТОГИ

В природе из популяций формируются биологические системы более высокого уровня организации — биоценозы. Биоценоз представляет собой совокупность взаимосвязанных популяций растений (фитоценоз), животных (зооценоз), грибов (микоценоз) и микроорганизмов (микробоценоз), населяющих участок территории с однородными условиями среды — биотоп. Биотоп включает воздух с климатическими факторами (климатоп), почву (эдафотоп) и воду (гидротоп).

В биоценозе между популяциями разных видов возникают трофические, топические, форические и фабрические связи. На основе этих связей формируются различные биотические взаимоотношения. Наибольшее значение для регуляции численности популяций имеют конкуренция, хищничество и паразитизм. Комменсализм и мутуализм обеспечивают максимальное использование пищевых ресурсов и среды обитания, что способствует выживанию видов и сохранению видового разнообразия. Устойчивость биоценозов обеспечивается благодаря уравновешиванию разнонаправленных взаимоотношений.

Для биоценозов характерна определенная видовая и пространственная структура. Видовая структура биоценоза — видовое разнообразие и соотношение видов по их численности. Видовое разнообразие определяется видовым богатством и видовой насыщенностью. Виды, участвующие в формировании условий среды в биотопе, называются видами-эдификаторами. Редкие виды заносятся в Красную книгу, когда их численность и (или) ареалы быстро сокращаются за короткие промежутки времени. Пространственная структура биоценоза — расположение видов в вертикальном (ярусность) и горизонтальном (мозаичность) направлениях. Вертикальная структура формируется благодаря наличию растений разной высоты, образующих ярусы. В биоценозах различают надземную и подземную ярусность. Горизонтальная структура биоценоза формируется вследствие неоднородности почвы и рельефа в биотопе.

Биологическая система, состоящая из живых организмов и среды их обитания, связанных совокупностью связей, осуществляющих обмен веществом и энергией между ними, называется экосистемой. Наземные экосистемы — биогеоценозы — представляют собой совокупность биоце-

Правообладатель Народная асвета

ноза и биотопа, где осуществляется круговорот веществ и превращение энергии. Функциональными компонентами экосистемы (биогеоценоза) являются продуценты, консументы и редуценты. В экосистеме они связаны трофическими связями и образуют цепи питания: пастбищные и детритные. Совокупность организмов, которые составляют определенное звено пищевой цепи, называется трофическим уровнем. В природе пастбищные и детритные цепи связаны между собой общими пищевыми звеньями и образуют единую *пищевую сеть*, или *сеть питания* экосистемы.

В пастбищных цепях питания переход энергии и биомассы от одного трофического уровня к другому подчиняется правилу 10 %, или правилу Линдемана. Графическое выражение данной закономерности получило название правила экологической пирамиды. Для ряда пастбищных цепей питания можно построить три типа экологических пирамид: чисел, биомассы и энергии.

В экосистеме происходит непрерывный круговорот веществ и направленный поток энергии. Благодаря этому идет воспроизведение и накопление биомассы организмов. Общее количество биомассы всех организмов, накопившейся в экосистеме за период ее существования, называется биомассой экосистемы. Процесс воспроизведения биомассы организмов, входящих в состав экосистемы, называется биологической продуктивностью. Она выражается количеством продукции — биомассой, вновь воспроизведенной в экосистеме за единицу времени (обычно за год) на данном этапе ее существования. В экосистеме различают первичную, созданную продуцентами, и вторичную, созданную консументами и редуцентами продукции. Эти виды продукции используются в цепях питания в качестве корма. Энергия корма расходуется организмами на процессы жизнедеятельности, прирост биомассы и экскременты. На трофических уровнях пастбищных цепей соблюдается балансовое равенство между поступившей и расходующейся энергией.

Искусственные системы, созданные и поддерживаемые человеком с целью получения сельскохозяйственной продукции или отдыха, называют агроэкосистемами. Отличительными особенностями агроэкосистем являются: небольшое видовое разнообразие, доминирование видов культурных растений или домашних животных, низкая устойчивость, неспособность к саморегуляции, неполный и незамкнутый круговорот веществ, наличие дополнительного источника энергии, высокая биологическая продуктивность.

Правообладатель Народная асвета

Глава 6

Биосфера — живая оболочка Земли

Вы узнаете:

- *о биосфере, ее границах и компонентах;*
- *о живом, биогенном, косном и биокосном веществах биосферы;*
- *о роли живого вещества в биосфере;*
- *о значении круговорота веществ в биосфере;*
- *об основных этапах эволюции биосферы;*
- *условия стабильности биосферы.*

Вы научитесь:

- *различать границы и компоненты биосферы;*
- *проводить сравнение разных сфер биосферы;*
- *прогнозировать дальнейшее развитие биосферы;*
- *использовать приобретенные знания о биосфере для обоснования мер по рациональному использованию природных ресурсов, охране биологического разнообразия живых организмов и участия в природоохранных мероприятиях.*

В данной главе вы узнаете о биосфере и границах распространения жизни. Изучая компоненты биосферы (живое, косное, биокосное и биогенное вещества), вы познакомитесь с условиями их образования, изучите биогеохимические функции живого вещества. Вы познакомитесь с круговоротами воды, углерода и кислорода, которые являются основой поддержания жизни на Земле. В завершении главы вы сможете проследить этапы эволюции биосферы, узнаете о роли живых организмов в этом процессе и об условиях, необходимых для сохранения стабильности биосферы.

§ 50. Биосфера и ее границы

- **Вспомните,** какие признаки характерны для живого организма. Назовите экологические факторы, лимитирующие существование жизни на Земле.
- **Как вы думаете?** Чем обусловлены границы распространения жизни на Земле?
- **Вы узнаете,** что собой представляет биосфера, каковы ее границы и чем лимитируется распространение жизни в атмосфере, литосфере и гидросфере.

Правообладатель Народная асвета

Биосфера (от греч. *bíos* — жизнь, *sphaira* — шар) — оболочка Земли, созданная и заселенная живыми организмами.

Термин «биосфера» в 1875 г. ввел в науку австрийский геолог Э. Зюсс. Понятие «биосфера» он трактовал как «тонкую пленку жизни на земной поверхности, в значительной мере определяющую лик Земли».

Годом появления учения о биосфере считается 1926 г., когда вышла книга русского ученого-естествоиспытателя В. И. Вернадского «Биосфера». Он обобщил огромное количество научных данных, указывающих на тесную взаимосвязь живого и неживого вещества. Показал, что планета Земля не только населена живыми организмами, но и активно ими преобразуется. Подчеркивая геологическую роль живых организмов, В. И. Вернадский писал: «На земной поверхности нет химической силы, более постоянно действующей, а поэтому более могущественной, чем живые организмы, взятые в целом». С участием живых организмов происходит образование почвы, осадочных пород, полезных ископаемых, разрушение горных пород, заболачивание.

В. И. Вернадский распространил понятие «биосфера» не только на организмы, но и на среду их обитания.

Границы биосферы определяются условиями, необходимыми для жизни: наличием воды, минеральных веществ, кислорода, углекислого газа, благоприятного температурного режима, степенью солености воды в водоемах, уровнем радиации. Все эти условия оптимально сочетаются в местах контакта трех оболочек Земли — атмосферы, литосферы и гидросферы (рис. 82, с. 228). Поэтому биосфера как живая оболочка планеты располагается в пределах этих трех сфер.

Атмосфера — воздушная оболочка Земли. Она имеет определенный химический состав: около 78 % азота, 21 % кислорода, 1 % аргона и 0,03 % углекислого газа. Ближе к поверхности Земли в качестве примеси в атмосфере содержатся водяные пары. При взаимодействии с основными парниковыми газами, такими как метан, озон и углекислый газ, водяные пары участвуют в нагревании нижнего слоя атмосферы. Эти атмосферные примеси действуют подобно прозрачной крыше парника, раскинутого над Землей, пропуская к ней длинноволновое тепловое излучение. Отсюда и их название — парниковые газы. Возникающий благодаря им парниковый эффект играет важную роль в тепловом балансе Земли. Он сохраняет тепло у поверхности Земли, и температура воздуха становится выше.

В состав биосферы входит лишь самый нижний слой атмосферы — *тропосфера*. Толщина тропосферы на экваторе составляет 18—22 км, в умеренных широтах — 10—16 км, а на полюсах — 8—10 км. Она определяется интенсивностью вертикальных (восходящих или нисходящих)

Правообладатель Народная асвета

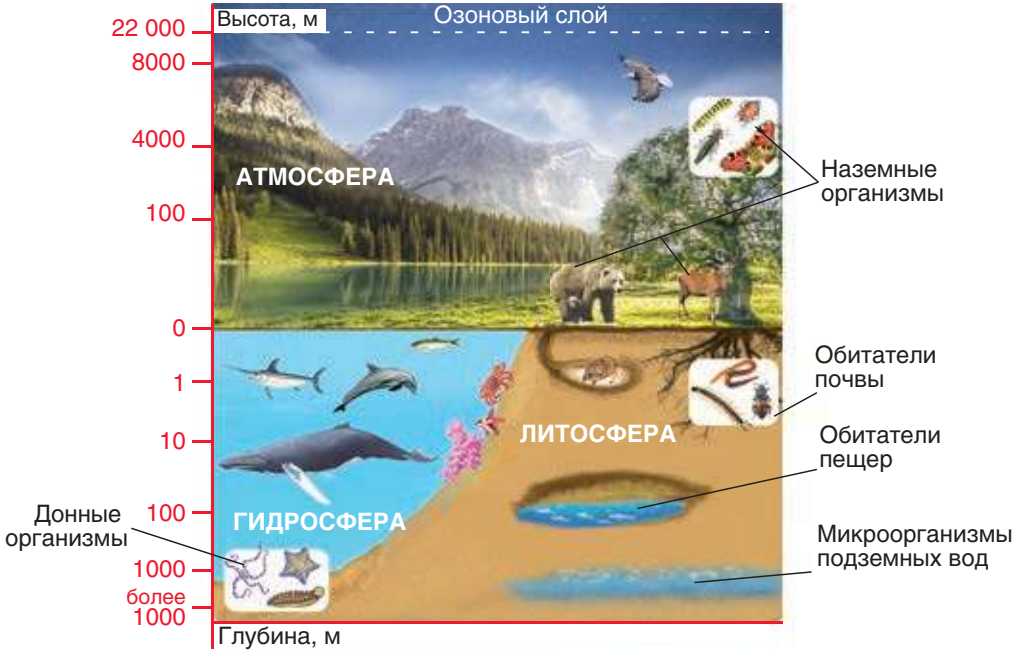


Рис. 82. Границы биосферы

потоков воздуха, вызванных нагреванием земной поверхности. Температура воздуха в тропосфере с высотой понижается на 0,6 °С на каждые 100 м и колеблется от +40 °С до −50 °С. Верхней границей биосферы принято считать озоновый слой. Он расположен на разном расстоянии от поверхности Земли и имеет максимальную плотность озона на высоте 22—25 км. Выше озонового экрана жизнь невозможна из-за жесткого ультрафиолетового излучения Солнца.

▶ **Это интересно.** Над Антарктикой обнаружена обширная «озоновая дыра», размеры которой имеют сезонный характер. Появляется она в конце зимы — начале весны. Ученые объясняют ее образование так: хлорфторуглеводороды (фреоны), высвобождаемые аэрозолями и охладительными установками, переносятся в Антарктику воздушными потоками. Из-за действия крайне низких температур образуются стратосферные облака. В них происходят сложные химические реакции. Хлор, содержащийся во фреонах, отделяется от других веществ и сохраняется на протяжении холодного темного периода года. Когда интенсивность ультрафиолетовых лучей усиливается, атомы хлора высвобождаются и разрушают озоновый слой. Возникновение озоновой дыры — экологическая проблема, которая ставит под угрозу жизнь на Земле.

Правообладатель Народная асвета

Атмосфера ближе к поверхности земли насыщена многообразными живыми организмами. Насекомые, птицы, летучие мыши поднимаются над ней на сотни метров. Некоторые виды хищных птиц способны летать на высоте 3—7 км. Семена, споры растений, грибов, бактерии восходящими воздушными потоками пассивно поднимаются вверх на десятки километров (до высоты 20—22 км). Однако все перечисленные летающие организмы лишь временно находятся в атмосфере. Постоянно живущих в воздухе организмов нет.

Литосфера — твердая оболочка Земли. Ее толщина колеблется в пределах 50—200 км. Распространение жизни в литосфере ограничено и резко уменьшается с глубиной. Распространению жизни в глубь литосферы препятствуют различные факторы: отсутствие света, возрастающая с глубиной плотность среды, высокая температура. В среднем температурный прирост составляет около 3 °С на каждые 100 м. Именно поэтому температура является главным фактором, ограничивающим жизнь в литосфере. Подавляющее большинство видов сосредоточено в почве — верхнем рыхлом слое, имеющем толщину в несколько десятков сантиметров. Некоторые виды проникают в глубину на несколько метров (корни растений, роющие животные — кроты, черви, бактерии). Наибольшая глубина, на которой были обнаружены некоторые виды бактерий, составляет 3—4 км. Температура здесь достигает +100 °С. Именно эта глубина считается нижней границей распространения жизни в литосфере.

Гидросфера — водная оболочка Земли (рис. 83). В отличие от литосферы и атмосферы она полностью освоена живыми организмами. Даже на дне Мирового океана, на глубинах около 11 км, обнаружены разнообразные виды животных, бактерий.

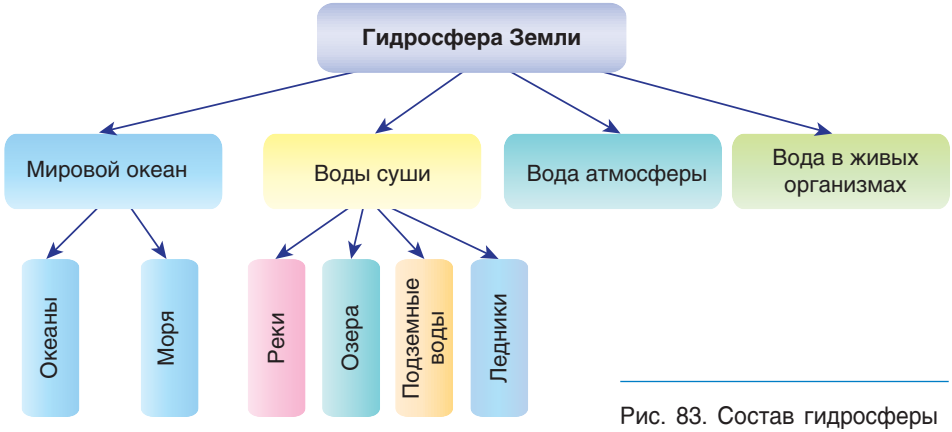


Рис. 83. Состав гидросферы

Правообладатель Народная асвета

▶ **Это интересно.** Английский натуралист Э. Форбс в 1841 г. по результатам своих наблюдений заявил, что глубже 540 м жизнь в океанических водах невозможна. Однако 23 января 1960 г. океанологи Ж. Пикар и Д. Уолш опустились в батискафе в Марианскую впадину Тихого океана и на глубине более 10 525 м увидели рыб и креветок. Таким образом было доказано существование живых организмов на больших глубинах.

Следует отметить, что плотность обитания организмов в океане неравномерна. Основная масса видов находится в гидросфере в пределах 150—200 м от поверхности. Это связано с глубиной проникновения света, являющегося лимитирующим фактором для существования автотрофных организмов, а следовательно, и видов животных, питающихся растениями. Однако существует немалое число видов глубоководных хищных животных и микроорганизмов, которые приспособлены к жизни в полнейшем мраке. Их представители имеют сверхчувствительные органы слуха и осязания, сильно развитые глаза, что дает возможность улавливать даже самые слабые световые волны, либо не имеют глаз вовсе. Еще одно приспособление глубоководных организмов — это люминесцентные органы, которые могут светиться, используя энергию химических реакций. Такой свет облегчает передвижение и приманивает добычу.

На самом деле огромная площадь Мирового океана, являющегося основной частью гидросферы, все еще остается неисследованной.

Гидросфера играет огромную роль в формировании природной среды нашей планеты. Она весьма активно влияет на атмосферные процессы, такие как нагревание и охлаждение воздушных масс, насыщение их влагой.

Атмосфера, литосфера и гидросфера тесно связаны между собой. На границах этих сфер сосредоточена основная часть видов живых организмов, образуя относительно тонкую «пленку жизни» на поверхности нашей планеты.

■ **Повторим главное.** Биосфера — оболочка Земли, созданная и заселенная живыми организмами. Биосфера как область существования жизни охватывает нижнюю часть атмосферы (тропосферу) (от 8 км в высоту у полюсов и до 22 км в высоту у экватора), верхнюю часть литосферы (3—4 км в глубину) и всю гидросферу (до 11 км в глубину). Лимитирующим фактором распространения жизни в атмосфере является ультрафиолетовое излучение, в литосфере — высокая температура, гидросфера заселена практически полностью и ограничена дном Мирового океана.

Правообладатель Народная асвета

? Проверим знания

Ключевые вопросы. 1. Что такое биосфера? **2.** В пределах каких сфер Земли располагается биосфера? **3.** Назовите лимитирующие факторы, ограничивающие распространение жизни в атмосфере, литосфере и гидросфере.

Сложные вопросы. 1. Распространение жизни в биосфере крайне неравномерно. Приведите конкретные примеры этого факта и объясните, чем это обусловлено. **2.** Почему антропогенное влияние на биосферу вызывает серьезные опасения у ученых и общественных деятелей? Приведите не менее трех аргументов.

§50-1

§ 51. Компоненты биосферы

- **Вспомните,** чем отличаются живые объекты природы от неживых.
- **Как вы думаете?** Какую роль играют живые организмы в биосфере?
- **Вы узнаете** об основных компонентах биосферы и о функциях живого вещества в ней.

Согласно учению В. И. Вернадского, биосфера состоит из нескольких компонентов: живое, косное, биокосное и биогенное вещества (рис. 84).

Главное место в учении о биосфере занимает представление о живом веществе.

Живое вещество — совокупность живых организмов, населяющих Землю. Масса живого вещества сравнительно мала и составляет менее

Рис. 84. Компоненты биосферы

Правообладатель Народная асвета

одной миллионной части биосферы, которая составляет менее одной тысячной массы Земли. Несмотря на это, живое вещество является «самой мощной геохимической силой нашей планеты», поскольку живые организмы не просто населяют Землю, но и преобразуют ее.

Биомасса — это общая масса всех живых организмов, присутствующих в биосфере. Как уже ранее отмечалось, живые организмы населяют земную поверхность неравномерно. Как вы думаете, почему процентное содержание растений, животных и микроорганизмов на суше и в океане отличается? Исходя из данных таблицы 21, видно, что основная роль на планете Земля принадлежит автотрофным растениям суши.

Таблица 21. **Масса живого вещества на планете Земля**

Среда	Группа организмов	Масса, 10^{12} т	Соотношение, %
Наземно-воздушная	Зеленые растения	2,40	99,2
	Животные и микроорганизмы	0,02	0,8
Итого		2,42	100
Водная	Фотосинтезирующие организмы	0,0002	6,3
	Животные и микроорганизмы	0,0030	93,7
Итого		0,0032	100
Почвенная	Животные и микроорганизмы	от 0,015 до 0,023	100
Итого	Общая биомасса	2,4382	—

Биомасса суши зависит от количества тепла, влаги и увеличивается от полюсов к экватору. Биомасса растений на суше значительно больше биомассы животных, однако видовое разнообразие животных в 5 раз больше видового разнообразия растений (1,5—1,7 млн видов животных и примерно 300 тыс. видов растений). Ежегодно в биосфере в процессе фотосинтеза образуется около 150 млрд тонн сухого органического вещества. Наибольшая биомасса живого вещества суши сконцентрирована в тропических и субтропических лесах. Они являются наиболее продуктивными сообществами материковой части биосферы.

Правообладатель Народная асвета

Биомасса океанической части биосферы распределена неравномерно и представлена преимущественно в верхней части фитопланктоном. Несмотря на то что биомасса океанических живых организмов в 1000 раз меньше биомассы наземных растений, 80 % первичной продукции образуется именно в океане. Мировой океан считается самой продуктивной средой по созданию биомассы. Это связано с высокой скоростью роста и размножения, короткой продолжительностью жизни представителей фито- и зоопланктона. Поэтому общий объем первичной годовой продукции, образуемой продуцентами Мирового океана, сопоставим с объемом продукции растений суши.

Биомасса почвы представлена совокупностью живых организмов, плотно ее заселяющих и играющих важную роль в формировании почвы. В поверхностных слоях живут зеленые водоросли и цианобактерии, которые снабжают почву кислородом, образующимся в процессе фотосинтеза. Среди животных почвы многочисленны черви, муравьи, клещи, встречаются кроты, сурки, суслики. Биомасса только дождевых червей в суглинистых почвах достигает 1,2 т на 1 га. В почве также обитает большое количество бактерий, которое исчисляется сотнями миллионов. Все живые организмы, обитающие в почве, ведут большую почвообразовательную работу. Особая роль отводится бактериям, которые разлагают гумус до минеральных веществ, обеспечивая плодородие почвы.

§51-1

Косное вещество — это неорганические ресурсы биосферы, которые формируются без участия живых организмов. Они образуются в результате выветривания горных пород, извержения вулканов. По массе косное вещество биосферы значительно превосходит массу живого вещества и представлено минералами (изумруд, алмаз, кварц) и горными породами (гранит, мрамор). Между живым и косным веществом существует неразрывная связь благодаря процессам дыхания, питания и размножения живых организмов. Происходит миграция атомов из косных тел биосферы в живые и обратно. Взаимодействие живого и косного вещества характеризуется, прежде всего, тем, что часть косного вещества усваивается и ассимилируется живым веществом.

Биокосное вещество — результат взаимодействия живых и косных компонентов. К нему относят почву, современную атмосферу, природные воды. Их свойства зависят от деятельности живого вещества. Так древняя атмосфера Земли образовалась в результате мощной вулканической и горнообразовательной деятельности. Значительно позднее в ее составе появился кислород как продукт фотосинтеза и сформировалась современная атмосфера. Ее газовый состав определяется соотношением биологических (фотосинтез, дыхание) и геохимических процессов. В разных

Правообладатель Народная асвета

видах биокосного вещества соотношение живого и неживого компонентов различается. Например, почва содержит в среднем 93 % минеральных и 7 % органических веществ, образованных в процессе жизнедеятельности живых организмов.

Биогенное вещество образуется в процессе жизнедеятельности живых организмов или в результате их отмирания. Оно представлено осадочными породами, образовавшимися при разложении остатков живых организмов или из продуктов их жизнедеятельности (известняков, ракушечных пород, горючих сланцев, доломитов, каменного угля, мела, сапропеля, торфа, нефти). Биогенное вещество является запасом потенциальной энергии.

§51-2

■ **Повторим главное.** Основными компонентами биосферы являются: живое, косное, биокосное и биогенное вещества. Живое вещество представлено живыми организмами, населяющими Землю и участвующими в ее преобразовании. Наибольшая масса живого вещества сосредоточена на материках. Однако по продуктивности первичного органического вещества океаническая часть не уступает суше. Косное вещество — это неорганические ресурсы биосферы, образующиеся без участия живых организмов. Биокосное вещество — результат взаимодействия живых и косных компонентов биосферы. Биогенное вещество создается в процессе жизнедеятельности живых организмов или в результате их отмирания.

? Проверим знания

Ключевые вопросы. 1. Из каких основных компонентов состоит биосфера? **2.** В какой части биосферы самая большая биомасса живых организмов? С чем это связано? **3.** Какие типы вещества образовались на Земле при участии живого вещества? Приведите примеры.

Сложные вопросы. 1. Почему биомасса биосферы увеличивается от полюсов к экватору? С чем это связано? **2.** Исходя из данных параграфа, рассчитайте, сколько тонн сухого органического вещества образуется за год в ходе фотосинтеза в Мировом океане.

§ 52. Функции живого вещества

- **Вспомните,** какие функции на Земле выполняют живые организмы.
- **Как вы думаете?** Что произойдет, если на Земле исчезнут фотоавтотрофные организмы?
- **Вы узнаете** о функциях живого вещества и его значении в поддержании благоприятных условий для жизни на Земле.

Правообладатель Народная асвета

В. И. Вернадский в своем учении показал, что живые организмы в биосфере выполняют ряд важных биогеохимических функций: энергетическую, газовую, концентрационную и окислительно-восстановительную.

Энергетическая функция — аккумулирование энергии в органическом веществе и перераспределение ее по пищевым цепям. Как вы уже знаете, живые организмы не просто зависят от постоянного поступления энергии Солнца, но и выступают как гигантский накопитель и уникальный преобразователь этой энергии. Поэтому в основе этой функции лежит процесс фотосинтеза, осуществляемый фотоавтотрофными организмами. Это единственный на нашей планете процесс, обеспечивающий превращение энергии солнечного света в энергию химических связей органического вещества. С помощью фотосинтеза солнечная энергия, запасаемая зелеными растениями, обеспечивает жизнедеятельность всех гетеротрофов. Энергетическая функция живого вещества связана и с такими процессами жизнедеятельности живых организмов, как питание, дыхание, выделение, размножение. В результате этих процессов идет превращение энергии.

▶ **Это интересно.** Обнаружены целые экосистемы, функционирование которых основано на активности хемосинтезирующих бактерий. Они не зависят от продуктов фотосинтеза. Это глубоководные системы, где в абсолютной темноте вблизи выходов горячей воды, богатой минеральными солями и серой, помимо бактерий, существуют и уникальные многоклеточные животные, напоминающие двустворчатых моллюсков длиной около 30 см, и трехметровые черви, получающие энергию от хемосинтезирующих бактерий. Возможно, было время, когда солнечные лучи не могли проникнуть на Землю из-за интенсивной вулканической деятельности, и такие формы жизни были более разнообразными.

Газовая функция — способность живого вещества изменять и поддерживать определенный газовый состав среды обитания и атмосферы в целом. Преобладающая масса газов на Земле имеет биогенное происхождение. Ведущая роль в осуществлении газовой функции принадлежит зеленым растениям. Для синтеза органических веществ они используют углекислый газ и выделяют в атмосферу кислород. Все остальные организмы используют кислород в процессе дыхания и пополняют при этом запасы углекислого газа в атмосфере. В процессе функционирования живого вещества, кроме кислорода и углекислого газа, образуются такие газы, как азот, сероводород, метан. Живое вещество поддерживает газовый состав современной атмосферы на определенном уровне.

Концентрационная функция — способность организмов избирательно накапливать в своем теле химические элементы, рассеянные в окружающей

Правообладатель Народная асвета

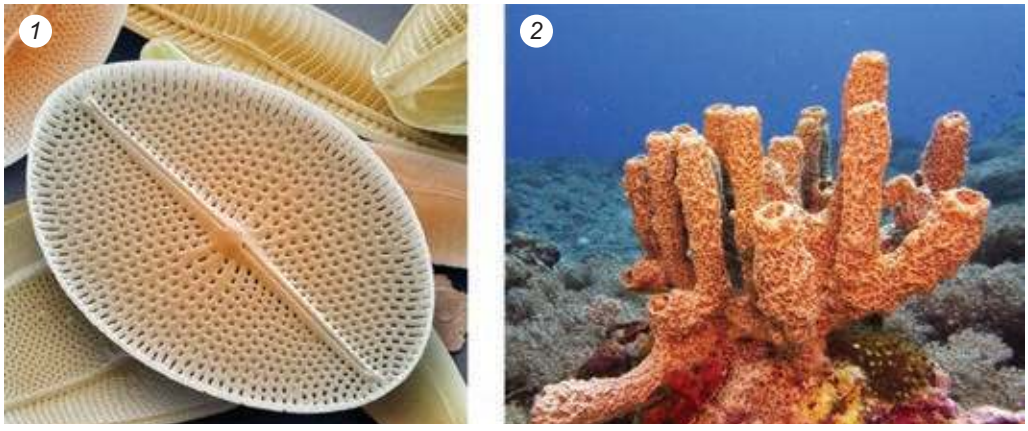


Рис. 85. Диатомовые водоросли (*1*), кремниевые губки (*2*)

среде, повышая их содержание в организме по сравнению с окружающей средой на несколько порядков. Любой живой организм в процессе своей жизнедеятельности поглощает из окружающей среды необходимые для него вещества и накапливает их в своем теле. Например, содержание углерода в растениях в 200 раз, а азота — в 30 раз превышает их уровень в земной коре. Диатомовые водоросли и кремниевые губки накапливают кремний (рис. 85), водоросль ламинария — йод. Скелеты позвоночных животных содержат до 60 %, а раковины некоторых моллюсков до 100 % фосфата кальция.

▶ **Это интересно.** Активными концентраторами являются микроорганизмы. Одни бактерии концентрируют железо, другие — марганец, третьи — серебро. Бактерии способны увеличивать содержание железа в 650 тыс. раз, марганца — в 120 тыс. раз, ванадия — в 420 тыс. раз. Эта удивительная способность позволила ученым предположить, что сообщества бактерий вносят существенный вклад в формирование месторождений металлов. Каждая тонна бурых водорослей содержит несколько килограммов йода. Золото «собирают» дуб, кукуруза, хвощ, бурые и красные водоросли, а в 1 т золы полыни может содержаться до 85 г этого драгоценного металла. Моллюски концентрируют никель, осьминоги — медь, медузы — цинк и алюминий. В условиях антропогенного загрязнения окружающей среды побочным следствием концентрационной функции может являться накопление пищевыми растениями токсичных веществ, вредных для человека.

Часть энергии Солнца благодаря концентрационной функции живых организмов накапливается в земной коре в составе полезных ископаемых —

Правообладатель Народная асвета

Рис. 86. Добыча угля, торфа, нефти

нефти, каменного угля, торфа (рис. 86). Это связано с протеканием в бескислородной среде реакций восстановления с образованием и накоплением сероводорода и метана.

Окислительно-восстановительная функция — окисление и восстановление различных веществ с участием живых организмов. В ее основе лежит обмен веществ и энергии организма с внешней средой. Так, в ходе синтеза органических веществ (процесс фотосинтеза) преобладают восстановительные реакции с поглощением энергии. А при расщеплении и окислении в присутствии кислорода (процесс дыхания) преобладают окислительные реакции, и выделяется энергия.

Таким образом, жизнь в биосфере представляет собой непрерывный процесс синтеза и распада органических веществ, который объединяет все живые организмы на Земле в глобальную биологическую систему. Биосфера является сложной динамической системой, осуществляющей фиксацию, преобразование, накопление и перенос энергии путем обмена веществ между живым и косным веществом.

Следовательно, живые организмы, выполняющие биогеохимические функции, являются важнейшей преобразующей силой на планете Земля. Подчеркивая активность живых организмов и их значимость в биосфере, И. В. Вернадский писал: «Живое вещество охватывает и перестраивает все химические процессы биосферы. Организмы — самая мощная геологическая сила».

■ **Повторим главное.** Биосфера представляет собой сложную динамическую систему, осуществляющую обмен веществ благодаря постоянному притоку энергии. Живые организмы биосферы являются важнейшей биогеохимической силой, преобразующей планету. Они выполняют ряд функций: энергетическую, газовую, концентрационную и окислительно-восстановительную. За счет этих функций живого вещества поддерживаются благоприятные условия для жизни на Земле.

Правообладатель Народная асвета

? 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 — цикличный, 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-

Правообладатель Народная асвета

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

Правообладатель Народная асвета

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 стекаются 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

Правообладатель Народная асвета

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

Правообладатель Народная асвета

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

Правообладатель Народная асвета

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.

Правообладатель Народная асвета

§ 54. Понятие об эволюции и стабильности биосферы

- **Вспомните,** какова роль живого вещества планеты.
- **Как вы думаете?** Насколько важно сохранение видового разнообразия живых организмов на Земле?
- **Вы узнаете** об эволюции биосферы и роли человека в этом процессе.

Современная биосфера возникла не сразу, а в результате длительной эволюции в процессе постоянного взаимодействия абиотических и биотических факторов. ***Эволюция биосферы*** — это естественный процесс развития живой природы, сопровождающийся изменением генетического состава популяций, формированием адаптаций, видообразованием и вымиранием видов, преобразованием экосистем и биосферы в целом.

В. И. Вернадский выделял три этапа в эволюции биосферы.

Первый этап — возникновение жизни и первичной биосферы. На этом этапе главенствующее положение занимали химические реакции, естественные геологические и климатические изменения.

Второй этап — это появление новых разнообразных одно- и многоклеточных организмов. На этом этапе главную роль играла биологическая эволюция.

Третий этап — появление человека и общества, которое начинает в своих интересах воздействовать на биосферу, превращая ее в ноосферу, или новое эволюционное состояние.

Эволюция биосферы представляет историю жизни на Земле. Земля как геологическое тело образовалась приблизительно 4,54 млрд лет назад, когда на ее расплавленной поверхности появилась твердая, хотя очень тонкая и горячая земная кора.

Расплавленный наружный слой Земли со временем охлаждался. Вулканическая активность и выделение газов привели к возникновению первичной атмосферы, а конденсация водяного пара при охлаждении — к возникновению океанов. В этой водной среде появились первые формы жизни. По мнению ученых, они были представлены *гетеротрофными анаэробными бактериями* (рис. 91). Эти организмы накапливали энергию в основном в результате процессов гликолиза и брожения. Однако созидательная и преобразующая роль живого вещества стала осуществляться лишь с появлением в биосфере фотосинтезирующих автотрофов — цианобактерий. Деятельность этих организмов привела к накоплению в атмосфере свободного кислорода, количество которого увеличивалось, а содержание углекислого газа уменьшалось. Это дало толчок

Правообладатель Народная асвета

интенсивному развитию *аэробных организмов*. Предполагается, что около 1,5 млрд лет назад содержание кислорода в атмосфере достигло примерно 1 %. Это обеспечило организмы необходимой для жизнедеятельности энергией и привело к образованию *многоклеточных организмов*, их дальнейшему развитию и усложнению.

Дальнейшее насыщение атмосферы кислородом способствовало тому, что в верхних слоях атмосферы на высоте 22—25 км под воздействием электрохимических процессов образовался *озоновый экран*, который защищал живые организмы на Земле от губительного воздействия ультрафиолетовых солнечных и космических лучей. Это имело решающее значение для формирования современной биосферы и рассматривается как один из важнейших этапов эволюции. В создавшихся условиях происходило дальнейшее увеличение численности живых организмов. Озоновый экран дал возможность живым организмам *выйти из воды на сушу* и распространиться по ней.

Организмы, завоевав различные среды обитания, стали интенсивно развиваться. Около 475 млн лет назад появились первые *наземные зеленые растения*. Это способствовало дальнейшему обогащению атмосферы кислородом и более интенсивному процессу образования органического вещества.

Параллельно развивались и *гетеротрофы* (членистоногие, рыбы, амфибии), которые для дыхания потребляли кислород и выделяли в атмосферу углекислый газ. Они также поддерживали

Облик Земли 4,54 млрд лет назад

Гетеротрофные анаэробные бактерии

Первые наземные растения (риниофиты)

Первые наземные животные (ихтиостеги)

Рис. 91. Зарождение жизни на Земле

Правообладатель Народная асвета

энергетический баланс в природе, регулируя численность растений и других организмов.

Примерно 350—400 млн лет назад *установилось равновесие* между образованием и расходованием кислорода, содержание его в атмосфере достигло 21 % (по объему), и это равновесие сохраняется и сейчас.

В результате уравновешивания деятельности автотрофов и гетеротрофов, участвующих в круговороте веществ в биосфере, сформировалось состояние гомеостазиса (постоянства, устойчивости).

В целом эволюция живой природы сопровождалась постоянным развитием биосферы, увеличением многообразия живых организмов и усложнением экосистем.

Около 200 млн лет назад появились первые *млекопитающие*. Они освоили не только сушу, но также пресные и морские водоемы, почву, воздушное пространство. Млекопитающие обеспечили необычайно широкое по сравнению с другими позвоночными использование пищевых ресурсов. Их спектр питания был разнообразнее рационов других наземных и водных позвоночных. Это увеличило значение млекопитающих в биосфере.

Род Человек появился 2,5 млн лет назад. По мнению ученых, примерно 50 тыс. лет назад человек приобрел современный вид и начал свою трудовую деятельность. Изготовление и применение орудий труда дали человеку возможность активно воздействовать на природу. Это привело к образованию очень мощного в истории биосферы фактора — *антропогенного*, который по степени воздействия можно сравнить с крупным геологическим процессом. Этот фактор может стать причиной нарушения гомеостатического состояния биосферы.

Сознательная деятельность человека в пределах биосферы способствовала превращению ее в ***ноосферу***. Понятие «ноосфера» (от греч. *noos* — разум, *sphaira* — шар) было впервые введено в науку в 1927 г. французским геологом Э. Леруа. В. И. Вернадский истолковывал ноосферу как высшую стадию развития биосферы, при которой разумная деятельность человечества становится главной движущей силой ее развития.

Человечество создает на Земле свою, интенсивно развивающуюся культурную среду, передавая от поколения к поколению трудовой и духовный опыт. Масштабы взаимодействия современного общества с природой определяются в основном потребностями человека. Они связаны с непрерывно нарастающим уровнем технического и социального развития.

В результате производственной деятельности человека возник новый процесс обмена веществ и энергии между природой и обществом. Этот обмен носит уже техногенный характер и называется *антропогенным об-*

Правообладатель Народная асвета

меном веществ и энергии. Он существенно изменяет общепланетарный круговорот веществ, резко ускоряя его, и отличается от биологического круговорота своей незамкнутостью, то есть носит открытый характер. На входе антропогенного обмена находятся природные ресурсы, а на выходе — производственные и бытовые отходы. Отходы производства ухудшают природную среду, многие из них не разлагаются до природного состояния. В период научно-технического прогресса масштабы и скорость антропогенного обмена резко возрастают, вызывая заметные изменения в биосфере. Техническая мощь человека достигла масштабов, соизмеримых с биосферными. Поэтому человек должен правильно понимать закономерности эволюции биосферы и, исходя из этого, разумно регулировать ее экологическое развитие. Мы должны научиться осознанно управлять эволюцией биосферы и поддерживать ее стабильность.

Стабильность биосферы — это ее способность сохранять равновесное состояние, прежде всего, в результате непрерывного поступления солнечной энергии, используемой фотоавтотрофными организмами и преобразуемой ими в первичное органическое вещество. Также стабильность биосферы основывается на высоком разнообразии живых организмов, их постоянном размножении и адаптации к жизни в разных условиях среды. Не менее важно для стабильности биосферы поддержание непрерывного биогенного круговорота веществ за счет различных типов и способов питания живых организмов.

▶ **Это интересно.** Результатом миллиардов лет эволюции является современная биосфера Земли, дифференцированная на множество экосистем и включающая более 2,5 млн ныне живущих видов живых организмов. За всю историю Земли, по приблизительным подсчетам, существовало примерно 500 млн видов.

Однако стабильность биосферы имеет определенные пределы, и нарушение ее регуляторных возможностей чревато серьезными последствиями. Некоторые процессы, вызванные техногенной деятельностью человека, направлены противоположно их естественному ходу в биосфере.

В настоящее время перед человечеством стоит ряд глобальных проблем по сохранению стабильности биосферы. Это, в частности, предотвращение вырубки лесов, уменьшение химического загрязнения среды, объема бытовых отходов, сокращение выбросов парниковых газов, сохранение биологического разнообразия. Мировым сообществом предпринимаются попытки решения этих проблем в рамках международных конвенций

Правообладатель Народная асвета

и соглашений (Конвенция о трансграничном загрязнении атмосферного воздуха на большие расстояния, Рамочная конвенция ООН об изменении климата и Киотский протокол, Конвенция о биологическом разнообразии), что будет способствовать поддержанию стабильности биосферы.

Повторим главное. Современная биосфера возникла в результате длительной эволюции. Выделяют три этапа в эволюции биосферы: возникновение жизни и первичной биосферы (химические реакции, естественные геологические и климатические изменения); появление биологического разнообразия — новых видов растений и животных (освоение новых сред жизни); появление человека и общества (воздействие на биосферу антропогенного фактора, превращение ее в ноосферу). Главная задача человечества — научиться осознанно управлять эволюцией биосферы и поддерживать ее стабильность.

? Проверим знания

Ключевые вопросы. 1. Какие этапы выделяют в эволюции биосферы? **2.** Какие первые живые организмы появились на Земле? **3.** Что послужило причиной освоения организмами суши? **4.** Какие существенные изменения произошли в эволюции биосферы с появлением человека?

Сложные вопросы. 1. Что способствует поддержанию стабильности биосферы? **2.** Какова роль человека в поддержании стабильности биосферы? Приведите конкретные примеры.

ПОДВЕДЕМ ИТОГИ

Биосфера — это оболочка Земли, состав, структура и энергетика которой определяются деятельностью живых организмов. Учение о биосфере было создано русским ученым В. И. Вернадским. Границы биосферы определяются наличием необходимого для жизнедеятельности количества воды, минеральных веществ, кислорода, углекислого газа, благоприятного температурного режима. Все это оптимально сочетается в местах контакта трех оболочек Земли — атмосферы, литосферы и гидросферы. Верхней границей биосферы принято считать озоновый слой на высоте 22—25 км. Нижняя граница биосферы в литосфере расположена на глубине 3—4 км, в гидросфере — 11 км. Лимитирующим фактором распространения жизни в атмосфере является ультрафиолетовое излучение, в литосфере — высокая температура, гидросфера заселена практически полностью и ограничена дном Мирового океана.

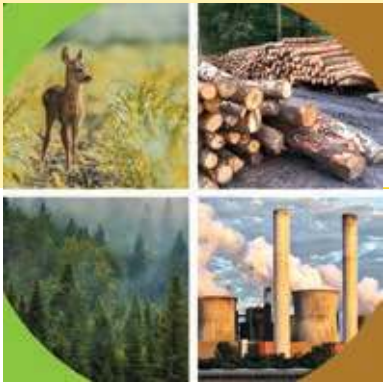
Правообладатель Народная асвета

Основными компонентами биосферы являются: живое, косное, биокосное и биогенное вещества. Живое вещество выполняет ряд функций (энергетическую, газовую, концентрационную, окислительно-восстановительную) и активно участвует в круговороте веществ.

Круговорот веществ — цикличный, многократно повторяющийся процесс взаимосвязанного превращения и перемещения веществ в биосфере. На нашей планете протекают два круговорота веществ: большой — геологический и малый — биологический. Геологический круговорот — это процесс миграции твердых веществ и воды в результате воздействия абиотических факторов. Биологический круговорот — процесс циркуляции веществ между растениями, животными, грибами, микроорганизмами и почвой. Сущность биологического круговорота заключается в образовании живого вещества из неорганических соединений в процессе фотосинтеза и превращении органического вещества в неорганические соединения при разложении. Геологический и биологический круговороты в совокупности формируют общий биогеохимический круговорот веществ, основу которого составляют циклы воды, углерода и кислорода.

Биосфера эволюционирует. Но, несмотря на это, характеризуется стабильностью, то есть способностью сохранять равновесное состояние за счет непрерывного поступления солнечной энергии, ее преобразования и осуществления круговоротов веществ. На современном этапе эволюции биосферы главным фактором, влияющим на ее состояние, является деятельность человека.

Правообладатель Народная асвета



Глава 7

Человек и биосфера

Вы узнаете:

- *об экологических проблемах леса, сельского хозяйства и города;*
- *о специализированных охраняемых территориях;*
- *о роли человека в биосфере.*

Вы научитесь:

- *использовать приобретенные знания для обоснования мер по рациональному использованию природных ресурсов, охране биологического разнообразия живых организмов и биосферы в целом;*
- *применять приобретенные знания о биосфере для участия в природоохранных мероприятиях.*

В данной главе вы узнаете об экологических проблемах леса, сельского хозяйства, города и о путях их решения. Одной из серьезных экологических проблем биосферы в целом является сокращение видов животных и растений. Изучая основные причины сокращения биологического разнообразия, вы узнаете о мерах, которые предпринимаются в Беларуси для сохранения видов. Также в этой главе вы более детально познакомитесь с Красной книгой Республики Беларусь и охраняемыми природными территориями — заповедниками, национальными парками, заказниками, резерватами.

§ 55. Экологические проблемы леса, сельского хозяйства и города

- **Вспомните,** какие факторы относятся к антропогенным.
- **Как вы думаете?** Существует ли связь между экологическим состоянием природы, здоровьем человека и степенью влияния антропогенных факторов на природу?
- **Вы узнаете,** какие экологические проблемы, связанные с деятельностью человека, характерны для леса, сельского хозяйства и города.

Правообладатель Народная асвета

Экологические проблемы современного мира представляют серьезную опасность для планеты Земля. Около 10—15 % поверхности суши распахано, 25 % представляют собой пастбища. Если к этому добавить 3—5 % поверхности, занятой транспортной сетью, промышленностью, зданиями и сооружениями, 1—2 % территории Земли, поврежденной разработками полезных ископаемых, то окажется, что почти половина поверхности суши видоизменена человеком.

Нерациональная деятельность человека наносит серьезный ущерб природным экосистемам. Она привела к истощению почв и ресурсов пресных вод, сокращению площади лесов, исчезновению видов животных и растений, глобальному загрязнению окружающей среды, парниковому эффекту и изменению климата. Усугубление этих глобальных проблем сигнализирует о серьезном экологическом кризисе.

Экологические проблемы леса. Лесные экосистемы обогащают атмосферу кислородом, поэтому их по праву называют «зелеными легкими» планеты. Леса выполняют важнейшие функции в биологическом и геологическом круговоротах веществ, благотворно влияют на климат, повышая влажность воздуха, защищают почвы от эрозии.

Значение леса в жизни человека имеет экологическую, социальную и экономическую составляющие. *Экологическая роль* заключается в обеспечении всего живого кислородом и образовании большей части первичной продукции, а также в формировании среды обитания для животных, грибов и микроорганизмов. *Экономическая роль* леса — использование лесных ресурсов в хозяйственной деятельности. Из древесины изготавливают строительные материалы, бумагу, мебель, топливо. Хвоя и кора деревьев служат материалом для многих отраслей химической промышленности. Лес обеспечивает человека пищевыми и лекарственными продуктами. *Социальная роль* леса заключается в том, что он является местом отдыха и оздоровления людей, источником вдохновения для поэтов и художников.

Лесные зоны — самые обширные на Земле. 1500 лет назад леса занимали 7 млрд га площади суши на планете, сегодня — не более 4 млрд га, что составляет примерно 30 % поверхности суши. Леса Беларуси в настоящее время занимают 8,7 млн га (42,3 % общей площади государства). Около 5,2 % лесного фонда принадлежит заповедникам и национальным паркам. В условиях Беларуси 1 га леса в среднем в год выделяет около 35 млн т кислорода.

Исчезновение лесов является мировой экологической проблемой. За последние 25 лет отмечается резкое сокращение площади лесных угодий. Одна из причин — изменение погодных условий в связи с потеплением

Правообладатель Народная асвета

Рис. 92. Лесные пожары

Рис. 93. Вырубка леса

Рис. 94. Посадка леса

климата. В Беларуси среднегодовая температура за последние два десятилетия повысилась примерно на 3 °С. Поэтому осадки выпадают в основном не в виде снега, а в виде дождя. В результате этого чаще стали наблюдаться засухи, деревья начали испытывать недостаток воды уже весной. В итоге — массовые усыхания, ветровалы и поражения древесины короедами. Ежегодно по всей стране теряется до 20 тыс. га еловых лесов. Также установлено, что смена хвойных лесов на лиственные наблюдается в связи с изменением климата.

Оставляют свой негативный след и пожары, которые связаны с засухами в летний период (рис. 92). Для Беларуси характерно повторение экстремальных пожароопасных сезонов 2—3 раза за десятилетие. Ежегодно возникает в среднем 850 лесных пожаров, охватывающих площадь до 22 тыс. га.

Отмечается рост нагрузок на лесные экосистемы со стороны человека. Основными факторами воздействия являются: вырубка, браконьерство, пожары, использование лесных земель под сельскохозяйственные угодья, промышленное и гражданское строительство, загрязнение лесных массивов промышленными (включая радионуклиды) и бытовыми отходами.

В лесах Беларуси последние 50 лет ежегодно вырубается 28—30 тыс. га спелых древостоев (рис. 93). На вырубаемых площадях ежегодно высаживается до 20—25 тыс. га древесных культур (рис. 94), а остальные площади подвергаются естественному зарастанию, как правило, со сменой главной лесообразующей породы. В результате происходят интенсивные процессы смены естественных лесных сообществ искусственными. Это ведет к нарушению экологической устойчивости лесных экосистем

Правообладатель Народная асвета

и снижению биоразнообразия. В настоящее время естественные сообщества лесов составляют около 52 %, а искусственные — 48 %.

Свыше 1,7 млн га лесов Беларуси (25 % лесного фонда) загрязнено радионуклидами в результате аварии на Чернобыльской АЭС.

Рис. 95. Свалки мусора в лесу

Еще одна серьезная проблема лесов — загрязнение бытовыми отходами. Большой урон лесу наносит мусор, который вывозят в лесные массивы жители городов, создавая тем самым свалки (рис. 95). За указанные нарушения законодательством Республики Беларусь предусмотрена ответственность.

§55-1

Экологические проблемы сельского хозяйства. Задача сельского хозяйства — обеспечить население продовольствием, сырьем для ряда отраслей промышленности, наладить экспорт. На сегодняшний день в сельскохозяйственном природопользовании происходит нарастание экологических проблем, таких как химическое загрязнение почв и опустынивание.

Основные пути загрязнения почв — применение минеральных удобрений и пестицидов. Небольшие дозы удобрений, используемых с учетом особенностей почв и климатических условий, способствуют повышению урожайности сельскохозяйственных культур. Но часто правила внесения удобрений нарушаются. Систематическое внесение удобрений в высоких дозах, потери во время транспортировки приводят к загрязнению среды и оказывают влияние на здоровье человека.

Пестициды — собирательное название химических средств, используемых в сельском хозяйстве для борьбы с сорняками, вредителями и болезнями сельскохозяйственных растений. При достижении определенной концентрации в сельскохозяйственных культурах пестициды становятся опасными.

Они могут накапливаться в тканях растений, животных и человека. Опасность отравления пестицидами через продукты питания и питьевую воду существует для всего населения Земли.

Рис. 96. Опустынивание земель

В настоящее время для Беларуси актуальна проблема ***опустынивания земель*** (рис. 96). Это происходит

Правообладатель Народная асвета

в результате нерационального использования земельных ресурсов, массового уничтожения лесов и других естественных экосистем, усиливающегося техногенного загрязнения почв. Кроме того, увеличение повторяемости засушливых периодов на юге Беларуси способствует активному развитию климатического опустынивания. Его причина не только в изменении климата, но и в интенсивной мелиорации земель для дальнейшего сельскохозяйственного производства. В настоящее время в Беларуси мелиорировано 3,4 млн га (16,4 %) земель, из них 1,3 млн га болот. При этом было изъято около 20 млн м^3 воды. Это существенно влияет на влажность приземного слоя воздуха и почвы и приводит к изменениям в биогеоценозах.

Данные проблемы привели к нарушению естественных условий обитания множества живых организмов и дисбалансу в пищевых цепях.

§55-2

Экологические проблемы города. Экологические проблемы городов, особенно крупных, связаны с чрезмерной концентрацией на сравнительно небольших территориях населения, транспорта и промышленных предприятий, с преобразованием почвенного покрова и ограниченным количеством зеленых насаждений.

В городах потребление пресной и питьевой воды в 10 раз больше в расчете на 1 человека, чем в сельских районах. Объем сточных вод достигает 1 м^3 в сутки на одного человека. Водоемы, расположенные в городской местности, более загрязненные. Поэтому практически все крупные города испытывают дефицит водных ресурсов, и многие из них получают воду из удаленных источников.

Атмосфера над крупными городами содержит в 10 раз больше аэрозолей и в 25 раз больше газов, чем над сельскими районами (рис. 97). При этом 60—70 % газового загрязнения дает автомобильный транспорт. Наряду с загрязнением атмосферы отрицательно сказываются на здоровье человека в городах вибрация, шумовое и световое загрязнения.

Рис. 97. Загрязнение атмосферы в городах

Огромные рекламные вывески, освещение стадионов и других объектов способствуют образованию над городами так называемых «световых куполов», свет которых рассеивается в атмосфере. Световое загрязнение приводит к изменению биоритмов живых организмов, нарушает суточный ритм растений, вызывает снижение иммунитета у людей и сокращает продолжительность жизни.

Правообладатель Народная асвета

Еще одна серьезная проблема городов во многих странах мира — утилизация отходов. Беларусь — не исключение. Ежегодно на территории страны образуется более 3 млн т мусора. С каждым годом эта цифра растет. Среди мусора много синтетических материалов — пластмасс. Такие отходы медленно окисляются и разрушаются. Время их разложения — десятки лет. Для того чтобы ликвидировать проблемы в сфере переработки мусора, практически во всех крупных городах республики среди населения ведется активная пропаганда раздельного сбора отходов. Функционируют специализированные предприятия, занимающиеся сортировкой.

Загрязнение городов можно уменьшить, модернизируя действующие промышленные и хозяйственно-бытовые объекты, обновляя автомобильный транспорт, продумывая городскую планировку, включающую рациональное размещение жилых и промышленных зон.

■ **Повторим главное.** В современном мире существует ряд экологических проблем, которые связаны с эксплуатацией человечеством природных ресурсов: загрязнение атмосферы, истощение почв и ресурсов пресных вод, исчезновение видов животных и растений. К современным экологическим проблемам леса относятся: сокращение площади лесов из-за изменения климата, вырубки деревьев, лесных пожаров, использования лесных земель под сельскохозяйственные угодья, промышленного и гражданского строительства. Не менее важными проблемами леса являются браконьерство и загрязнение лесных массивов бытовыми отходами. В сельскохозяйственном природопользовании существуют такие экологические проблемы, как химическое загрязнение почв пестицидами и избытком минеральных удобрений, опустынивание земель. Экологические проблемы современных городов связаны с чрезмерной концентрацией на сравнительно небольших территориях населения, транспорта и промышленных предприятий, утилизацией отходов, ограниченным количеством зеленых насаждений. Ухудшение качества окружающей среды сказывается на здоровье человека и устойчивости экосистем.

? Проверим знания

Ключевые вопросы. 1. Перечислите экологические проблемы леса. **2.** Какие экологические проблемы актуальны для сельского хозяйства? **3.** От каких факторов зависят экологические проблемы города?

Сложные вопросы. 1. Предложите направления деятельности по снижению и минимизации процессов опустынивания земель. **2.** Какие пути решения проблемы загрязнения окружающей среды автотранспортом вы можете предложить?

Правообладатель Народная асвета

§ 56. Причины утраты биологического разнообразия

- **Вспомните** царства живых организмов, типы взаимоотношений живых организмов в экосистемах.
- **Как вы думаете?** От чего в первую очередь зависит стабильность экосистемы?
- **Вы узнаете** о причинах снижения биологического разнообразия.

Биоразнообразие — совокупность всех видов организмов, обитающих на Земле. В настоящее время на планете, по данным ряда исследователей, насчитывается примерно 500 тыс. видов бактерий, 300 тыс. видов грибов, 500 тыс. видов растений и около 1,5 млн видов животных. Ранее отмечалось, что биоразнообразие является одним из важнейших показателей, обеспечивающих устойчивость экосистем и биосферы в целом. Чем большее число видов входит в состав экосистемы, тем она более устойчива и стабильна. Вымирание видов естественным путем довольно длительный процесс. Палеонтологические данные указывают, что средняя скорость вымирания составляет приблизительно 1 вид в столетие. Однако в последнее время из-за деятельности человека и ряда других причин наблюдается процесс интенсивного и быстрого исчезновения видов живых организмов. Это вызывает разрушение целых экосистем.

За последние 400 лет с лица Земли, по некоторым данным, исчезло 107 видов и подвидов млекопитающих, 160 видов и подвидов птиц. По данным Международного союза охраны природы, на грани исчезновения находятся 11 167 видов животных и 5714 видов растений. В Беларуси в эту категорию попадают почти треть видов диких животных. По прогнозам ученых, если темпы вымирания сохранятся на таком же уровне, к 2100 г. могут быть утеряны $\frac{2}{3}$ всех видов организмов, населяющих планету. На глобальном уровне могут исчезнуть 13 % всех видов птиц, 41 % амфибий, 26 % млекопитающих. Это может привести к биосферному кризису. На восстановление биоразнообразия биосферы потребуется 5 млн лет.

В Беларуси, как и в других странах, биоразнообразие зависит от состояния естественных экосистем: лесов, болот, озер, — которые занимают около 50 % территории страны.

В настоящее время основными причинами сокращения биологического разнообразия являются: нарушение и загрязнение среды обитания, чрезмерное потребление и браконьерство, акклиматизация чужеродных видов.

Нарушение среды обитания может быть следствием как антропогенного воздействия (вырубка лесов, осушение болот, распашка степей и целинных земель), так и естественных причин.

Правообладатель Народная асвета

▶ **Это интересно.** Прокладка газопровода без учета миграции оленей в тундре привела к тому, что животные стали сбиваться перед трубой в огромные стада, и ничто не могло их заставить свернуть с векового пути. В результате погибли многие тысячи животных.

За последние 100 лет в Беларуси наблюдается устойчивый рост температуры воздуха в различных районах республики. В связи с этим идет естественная эволюционная смена видов флоры и фауны. Происходит отступление лесов на север. На смену им все активнее на территорию Беларуси проникают степная растительность и сопутствующие виды животных. Так, например, наблюдается сокращение численности белой куропатки (рис. 98) из-за появления на территории Беларуси новых видов птиц, типичных для степной и лесостепной зоны.

Рис. 98. Белая куропатка

Другим примером может служить распространение большой белой цапли (рис. 99), которая вытесняет серую цаплю.

Загрязнение среды. Вследствие загрязнения природной среды ряд видов живых организмов погибает. Мы уже говорили об этой проблеме. Напомним, что примерами загрязнения среды обитания организмов могут служить выбросы предприятий и автотранспорта, загрязнение водно-болотных угодий сточными водами, пестицидами, нефтью, нефтепродуктами и другими токсическими веществами.

Чрезмерное потребление — это изъятие животных и растений из природной среды для различных целей (пищевых, хозяйственных,

Рис. 99. Белая и серая цапли

Правообладатель Народная асвета

медицинских). Так, например, многие лекарства производятся из дикорастущих растений. Однако этот способ малопродуктивен, поэтому во многих странах осуществляют культивирование и выращивание лекарственных растений на плантациях.

Браконьерство — это незаконные действия по добыче, уничтожению диких животных или растений, нарушающие законодательство о защите и охране окружающей среды. К браконьерству относится охота и рыбная ловля в запрещенных местах или запрещенными орудиями и способами. Незаконными являются охота в запретное время года или без специального разрешения, отстрел и отлов животных, занесенных в Красную книгу, сбор яиц и пуха птиц, разорение гнезд, нор. Также браконьерством считается вырубка леса, сбор растительного сырья без соответствующего разрешения. В зависимости от меры нанесенного ущерба браконьерство считается административным проступком или преступлением.

В Беларуси в ноябре 2014 г. вступил в силу Закон № 197-З «О внесении изменений и дополнений в некоторые кодексы Республики Беларусь». Он касается усиления мер ответственности за правонарушения в сфере охоты и рыболовства, в связи с чем введена более серьезная административная и уголовная ответственность за незаконные деяния в сфере охраны и использования животного мира. Но, несмотря на закон, отмечается снижение численности ряда промысловых видов животных. Такая ситуация характерна не только для Беларуси.

В животном мире существует саморегуляция численности отдельных видов за счет биотических взаимоотношений. Вмешательство человека нарушает этот процесс. Регулярный отстрел волков во многих охотничьих хозяйствах Беларуси привел к росту, а затем к уменьшению численности лосей и оленей вследствие их гибели из-за болезней и ослабления потомства. Известно, что волки выполняют функцию санитаров леса, так как убивают в первую очередь больных и ослабленных животных, осуществляя биологическую выбраковку.

В результате чрезмерного потребления и браконьерства на Земле уже навсегда исчезли: тур, тарпан (дикая европейская лошадь), корова морская (стеллерова), гагарка бескрылая, голубь странствующий. Сохранение биоразнообразия — важнейшая задача всего мирового сообщества.

Акклиматизация чужеродных видов. ***Акклиматизация*** — процесс приспособления живых организмов к новым условиям существования из-за изменения мест обитания. В последние десятилетия в связи с активной хозяйственной деятельностью человека на территорию Беларуси проник целый ряд видов, которые чужеродны для фауны и флоры нашей страны. Эти виды хорошо приспособились к жизни в наших климати-

Правообладатель Народная асвета

ческих условиях. Процесс их адаптации значительно ускорился в связи с глобальным изменением климата и увеличением транспортных потоков. В настоящее время чужеродные виды признаны глобальной экологической проблемой с негативными последствиями экологического, экономического и социального характера. По заключениям международных экспертов, чужеродные виды являются второй по значимости (после антропогенного загрязнения) причиной вымирания аборигенных видов. Они способны не только вытеснять местные виды, но и видоизменять целые экосистемы. Такие виды называются ***инвазивными***.

Рис. 100. Енотовидная собака

Наиболее известными примерами негативных последствий акклиматизации чужеродных видов можно назвать появление колорадского жука в Европе и кролика в Австралии. В Беларуси в XX в. тоже была акклиматизирована американская норка, которая практически вытеснила аборигенную европейскую норку. Другим таким примером является енотовидная собака, завезенная из Китая (рис. 100). Этот вид хорошо адаптировался к новым условиям, начал быстро размножаться, выедая кладки гнездящихся на земле птиц, оккупируя норы лис и барсуков. Более того, енотовидная собака стала одним из основных переносчиков смертельно опасного вируса бешенства.

Аналогичная ситуация сложилась и с завезенным в Беларусь для хозяйственного использования (как корм для крупного рогатого скота) растением — борщевиком Сосновского. Это мощное с широкими сочными листьями растение семейства зонтичных стало вытеснять другие травянистые растения и образовывать заросли почти в человеческий рост. Кроме того, борщевик Сосновского представляет реальную угрозу здоровью, а порой и жизни человека (см. с. 79). Золотарник канадский (рис. 101) также является чужеродным инвазивным видом для Беларуси.

Рис. 101. Золотарник канадский

В настоящее время в Республике Беларусь законодательно запрещено проводить преднамеренное вселение

Правообладатель Народная асвета

чужеродных видов. Ведь исчезновение видов — это невосполнимая потеря для биосферы. Сейчас в Беларуси насчитывается порядка 35 чужеродных видов животных и 306 видов растений. Наиболее агрессивные и вредоносные из них, наносящие экологический или экономический ущерб аборигенным представителям фауны, занесены в Черную книгу инвазивных видов животных Беларуси. К ним отнесли енотовидную собаку, американскую норку, фараонова муравья, бабочек каштанового и липового минеров, рыбу головешку-ротана (или бычка амурского).

В Республике Беларусь есть позитивные примеры мероприятий по сохранению биоразнообразия. Их результатом является распространение по территории страны, а затем и Западной Европы лебедя-шипуна, гуся серого и баклана большого, а также восстановление популяции зубра европейского. Численность зубров в Беларуси в настоящее время самая большая в мире — более 1600 особей. Эти примеры показывают, что человек способен положительно влиять на видовой состав флоры и фауны.

■ **Повторим главное.** Биологическое разнообразие видов является важным показателем, обеспечивающим устойчивость экосистем и биосферы в целом. Основными причинами сокращения биологического разнообразия можно считать: нарушение и загрязнение среды обитания, чрезмерное потребление и браконьерство, акклиматизацию чужеродных видов. В настоящее время в Беларуси под угрозой исчезновения находится почти треть видов диких животных и растений.

? Проверим знания

Ключевые вопросы. 1. От чего зависит биоразнообразие? **2.** Как деятельность человека влияет на биоразнообразие? Приведите примеры. **3.** Какие виды и почему называются инвазивными? Приведите примеры инвазивных видов животных в Беларуси.

Сложные вопросы. 1. Почему ученые считают опасным для человека сокращение видового многообразия экосистем? **2.** Почему важно сохранять биоразнообразие Земли?

§ 57. Пути сохранения биоразнообразия

- **Вспомните,** какие мероприятия с целью охраны природы проводятся в вашем районе.
- **Как вы думаете?** Может ли деятельность человека благотворно влиять на состояние природы и на биологическое разнообразие видов?
- **Вы узнаете** о мероприятиях, проводимых на уровне государства, по сохранению биоразнообразия.

Правообладатель Народная асвета

Сохранение биоразнообразия живых систем на Земле — необходимое условие для выживания человека и устойчивого развития биосферы. Среди основных экологических проблем современности особое место занимает сокращение разнообразия видов и экологических систем. Природные экологические системы полностью изменены на $\frac{1}{5}$ части суши.

Для решения этой глобальной проблемы 5 июня 1992 г. в Рио-де-Жанейро (Бразилия) была подписана Конвенция о биологическом разнообразии. Ее целями являются сохранение видов животного и растительного мира и устойчивое использование компонентов биосферы. Беларусь была в числе 145 стран, которые подписали данную конвенцию. В 2010 г. в Республике Беларусь была разработана Стратегия по сохранению и устойчивому использованию биологического разнообразия на 2011—2020 гг. и план действий к ней. Данная Стратегия направлена на достижение трех основных целей:

- предотвращение сокращения численности видов диких животных и дикорастущих растений, площади их обитания и произрастания; восстановление численности редких и находящихся под угрозой исчезновения видов диких животных и дикорастущих растений;
- пользование биологическим разнообразием таким образом и такими темпами, которые не приведут к его истощению и позволят сохранить способность удовлетворять экономические, эстетические и другие потребности нынешнего и будущих поколений;
- поддержание воспроизводящих возможностей биосферы, обеспечение регионального и глобального экологического равновесия в условиях возможных климатических изменений.

Решение проблем сохранения биоразнообразия. План действий, согласно Стратегии, включает около 90 мероприятий по охране биоразнообразия, в основе которых лежат два подхода: популяционно-видовой и экосистемный.

Популяционно-видовой подход заключается в создании перечней исчезающих и малочисленных видов растений и животных, подлежащих охране. Эти виды заносятся в Красную книгу Республики Беларусь.

Еще один путь реализации популяционно-видового подхода — разведение редких и исчезающих животных в зоопарках и специальных питомниках, а растений — в ботанических садах с последующим возвращением размножившегося вида в природную среду. Например, зубр европейский, к началу 30-х гг. прошлого века сохранившийся только в неволе, был успешно размножен в заповедниках при

Правообладатель Народная асвета

полувольном содержании и затем выпущен в природу. При этом, поскольку для восстановления вида использовали скрещивание с близким видом — бизоном американским, было получено достаточное количество гибридных животных, составивших основу стада зубров Кавказского заповедника. В Беловежской пуще живут только чистокровные зубры.

▶ **Это интересно.** В Окском биосферном заповеднике (Россия) ведется работа по восстановлению численности стерхов — белых журавлей. Ежегодно в экспедициях в тундру зоологи собирают яйца в их гнездах. Птицы обычно откладывают по два яйца, хотя выкармливают только одного птенца. Ученые доставляют собранные яйца в специальный журавлиный питомник Окского биосферного заповедника. Там в инкубаторе выводят птенцов. Их выкармливают и подращивают, чтобы создать в питомнике размножающуюся полувольную популяцию. Тем самым появилась возможность сохранить вид с перспективой его возвращения в природу.

Еще одно направление работы — создание коллекции семян редких растений и генетических банков замороженных половых клеток исчезающих видов животных.

Но популяционно-видовой подход сам по себе не может обеспечить достаточной сохранности видового разнообразия.

Дело в том, что причиной исчезновения биологического вида обычно бывает не столько сознательное истребление его человеком, сколько захват или нарушение его экологической ниши. В мире ежегодно незаметно исчезают многие сотни видов мелких животных и растений, а другие оказываются на грани вымирания не потому, что их уничтожили, а потому, что занято их место обитания или недостаточно кормовых ресурсов. Поэтому сохранение целых природных биогеоценозов — необходимое условие сохранения биоразнообразия Земли. Все компоненты биосферы — атмосферный воздух, воду, почву — нужно охранять не по отдельности, а в целом как единую природную систему биосферы. Лишь при таком экологическом подходе возможно обеспечить сохранение ландшафтов, недр, животных, растений.

Такой подход можно назвать ***экосистемным***, и он особенно важен, потому что позволяет сохранить и те виды, о существовании которых нам ничего неизвестно. А таких видов очень много, особенно в тропиках. По некоторым оценкам, науке известно не более 30 % обитающих на Земле биологических видов.

Правообладатель Народная асвета

Следовательно, чтобы сберечь генофонд биосферы, нужно попытаться сохранить в первозданном виде при минимальном антропогенном воздействии достаточно большие площади в виде заповедников, национальных парков и заказников. Другое важное назначение этих *особо охраняемых территорий* — служить зонами отдыха и оздоровления, а также быть резервом ресурсов, которые могут потребоваться человечеству в будущем.

Наряду с созданием охраняемых территорий в Беларуси проводят и другие мероприятия по сохранению биологического разнообразия на экосистемном уровне. Это передача в состав лесного фонда малопродуктивных сельскохозяйственных и нарушенных земель, проведение лесовосстановления и лесоразведения, адаптация лесного хозяйства к изменению климата.

Кроме того, в Беларуси была разработана и утверждена методика стоимостной оценки экосистемных услуг и стоимостной ценности биологического разнообразия. С одной стороны, так формируется рынок экосистемных услуг и высчитывается экономический эффект от сохранения экосистемы (например, оценивается фотосинтезирующий потенциал лесных экосистем). С другой стороны, рассчитывается стоимость компонентов среды для удовлетворения социально-экономических потребностей (платная рыбалка, охота, вырубка древостоя). Деятельность человека должна соответствовать принципу «экологичное — экономично».

■ **Повторим главное.** Сохранение разнообразия живых систем на Земле — необходимое условие для выживания человека и устойчивого развития цивилизации. В Беларуси в 2010 г. была разработана Стратегия по сохранению и устойчивому использованию биологического разнообразия на 2011—2020 гг. и разработан план действий. План включает около 90 мероприятий по охране биоразнообразия. В основе всех действий лежат два подхода: популяционно-видовой и экосистемный. Популяционно-видовой подход заключается в организации мероприятий по охране и сохранению конкретных видов живых организмов. Экосистемный подход основан на сохранении целых природных биогеоценозов.

? Проверим знания

Ключевые вопросы. 1. Почему сохранение разнообразия живых систем на Земле является актуальным и острым вопросом для современного человечества? **2.** Какие меры предпринимаются в мире для решения вопроса сохранения видового разнообразия? **3.** Какие подходы лежат в основе решения проблем сохранения биоразнообразия?

Правообладатель Народная асвета

Сложные вопросы. 1. Какие из перечисленных мероприятий основываются на популяционно-видовом подходе: восстановление нарушенных и неэффективно используемых экологических систем; восстановление популяций видов диких животных и дикорастущих растений, включенных в Красную книгу Республики Беларусь; снижение поступления биогенных загрязняющих веществ в водные объекты; разработка и апробирование технологии ускоренного восстановления открытых низинных осоковых болот на месте деградированных торфяных болот; разработка и реализация мероприятий по стабилизации и увеличению численности видов птиц, находящихся под угрозой глобального исчезновения? **2.** Какие конкретные мероприятия можно проводить в вашей местности для восстановления популяций видов диких животных и дикорастущих растений, включенных в Красную книгу Республики Беларусь? Предложите не менее трех мероприятий.

§ 58. Специализированные охраняемые территории

- **Вспомните** виды животных и растений, которые занесены в Красную книгу Республики Беларусь.
- **Как вы думаете?** Может ли создание заповедных зон сохранить видовое разнообразие?
- **Вы узнаете** об охраняемых объектах и заповедных территориях Беларуси.

Охрана природы — комплекс государственных и общественных мероприятий, направленных на сохранение растительного и животного мира, почв, вод, земных недр и атмосферы. Основной задачей природоохранной деятельности является сохранение уникальных уголков природы, численности редких и исчезающих видов флоры и фауны. Для организации наблюдений за изменениями в природе в Беларуси созданы особо охраняемые природные территории: заповедники, национальные парки, заказники, резерваты, памятники природы. Сейчас их на территории Республики Беларусь действует более 1200, и общая площадь составляет примерно 1,8 млн га. Это около 9 % всей площади Беларуси.

Заповедники — особо охраняемые государством территории, полностью исключенные из хозяйственной деятельности человека. Сегодня в мире известно около 2 тыс. заповедников. Целью их создания является сохранение в нетронутом виде естественных природных сообществ, восстановление популяций редких и исчезающих животных, а также проведение научных исследований. В пределах заповедников не допускается хозяйственная (лесозаготовка, сенокошение, заготовка смолы) и рекреационная (отдых, сбор ягод, грибов) деятельность.

Особая категория — ***биосферные заповедники***, где сохраняются целые ландшафты и ведутся наблюдения по единым методикам, составленным в соответствии с программой ЮНЕСКО «Человек и биосфера». Всего в мире около 560 биосферных заповедников.

Правообладатель Народная асвета

Рис. 102. Березинский биосферный заповедник. Бобр

В настоящее время в Беларуси функционируют Березинский биосферный и Полесский радиационно-экологический заповедники.

Березинский биосферный заповедник был основан в 1925 г. для охраны и разведения ценных видов птиц и зверей (бобров) (рис. 102). В 1979 г. он вошел в систему международного наблюдения за состоянием природной среды и получил статус биосферного. Заповедник занимает площадь свыше 130 тыс. га и расположен на границе Витебской и Минской областей. Здесь протекают или берут начало около 70 рек, самая крупная из которых — Березина.

Вдоль русла Березины располагаются разнообразные по растительности болотные экосистемы и крупнейшие в Европе уникальные для севера Беларуси широколиственные леса из дуба, ясеня, клена, ольхи черной.

В настоящее время в заповеднике произрастает более 2 тыс. видов растений и обитает около 4 тыс. видов животных. Из них более 200 видов занесены в Красную книгу Республики Беларусь. В заповеднике известно более 200 поселений бобров и обитает около 40 особей бурого медведя.

Полесский государственный радиационно-экологический заповедник. История его создания трагична. Заповедник был организован в 1988 г. после аварии на Чернобыльской АЭС с целью наблюдения за радиобиологическими и экологическими последствиями аварии. Он расположен на территории трех наиболее пострадавших от аварии районов Гомельской области. Эта заповедная территория по-своему уникальна. Здесь в условиях минимального вмешательства человека ведутся наблюдения за развитием дикой природы в условиях радиоактивного загрязнения (см. с. 92). Ученые заповедника изучают способы восстановления почв Беларуси, которые после аварии оказались загрязненными радионуклидами.

Правообладатель Народная асвета

Национальные парки — это особо охраняемые территории, на которых расположены природные комплексы, представляющие историческую, экологическую и культурную ценность. В национальных парках выделяют зоны с заповедным режимом и зоны с режимом заказника, где допускается присутствие человека.

▶ **Это интересно.** Первый в мире Йеллоустонский национальный парк площадью около 900 тыс. га был создан в США в 1872 г.

В Республике Беларусь в настоящее время действуют четыре национальных парка.

Национальный парк Беловежская пуща — одна из старейших охраняемых территорий в мире. В 2019 г. Беловежской пуще исполнилось 610 лет. Общая площадь охраняемых земель парка составляет более 150 тыс. га. Национальный парк Беловежская пуща на территории Беларуси располагается в Брестской и Гродненской областях, а с запада к нему примыкает польский Беловежский национальный парк. Здесь находится крупнейший массив древних лесов Европы. Их средний возраст более 100 лет, а на некоторых участках достигает 250—350 лет. В Беловежской пуще зарегистрировано более тысячи деревьев-великанов (царь-дуб и другие 400—600-летние дубы, 250—350-летние ясени и сосны, 200—250-летние ели).

По числу видов растений и животных Беловежская пуща является рекордсменом и не имеет себе равных в Европе. В парке обитает самая большая в мире популяция зубров (рис. 103). В белорусской части пущи их около 570. Флора и фауна здесь представлены большим количеством редких видов растений и животных, занесенных в Красную книгу Республики Беларусь. В 1992 г. Национальный парк Беловежская пуща был включен в Список всемирного природного наследия ЮНЕСКО.

Рис. 103. Беловежская пуща. Зубры

Правообладатель Народная асвета

Национальный парк Браславские озера — яркое свидетельство того, почему Беларусь называют синеокой. Создан парк в 1995 г. Расположен в Браславском районе Витебской области. Занимает площадь порядка 65 тыс. га. Основная цель его создания — сохранение уникальных природных комплексов Браславской озерной группы. Здесь на сравнительно небольшой территории находится более 30 озер. В парке обитают более 200 видов птиц. В том числе редкие виды: аист черный, журавль серый, чайка сизая, куропатка белая. Для Браславских озер характерно большое видовое разнообразие рыб: линь, снеток, ряпушка, угорь.

Национальный парк Припятский находится в Гомельской области и занимает площадь 188,5 тыс. га. Образован в 1996 г. Леса, болота, поймы реки Припять составляют около 95 % его площади. Основная цель создания этой охраняемой территории — сохранение уникальных пойменных ландшафтов Полесья. В парке насчитывается более 1 тыс. видов растений, 45 видов млекопитающих, свыше 250 видов птиц. Благодаря богатому видовому разнообразию птиц Национальный парк Припятский получил *международный статус ключевой орнитологической территории*. В парке отмечено гнездование находящихся под угрозой исчезновения птиц: подорлика большого и коростеля.

Национальный парк Нарочанский был создан в 1999 г. Он расположен на северо-западе страны, в основном на территории Мядельского района Минской области. Площадь парка составляет 87 тыс. га. Здесь находится Нарочанская группа озер. Целью создания парка было сохранение природных комплексов лесов и лугов, прилегающих к озеру Нарочь.

Во флоре национального парка насчитывается более 1 тыс. видов растений, из них более 100 редких и исчезающих видов. Здесь постоянно обитает около 50 видов млекопитающих и гнездится 220 видов птиц. Особую ценность представляют редкие и охраняемые в Беларуси виды животных: барсук, гагара чернозобая, скопа, аист черный.

Заказники — охраняемые природные территории, на которых постоянно или временно запрещены отдельные виды хозяйственной деятельности человека. Под охраной в заказниках находится не весь природный комплекс, а только некоторые его элементы. Например, отдельные виды растений, животных, историко-мемориальные или геологические объекты. В Республике Беларусь сейчас действуют порядка 400 заказников.

Резерваты — небольшие территории, где природные объекты находятся под особой охраной государства. Здесь может охраняться один вид или группа видов, возможно, и весь природный комплекс. Резерваты различают по типу охраняемой территории: морские, болотные, ботанические, зоологические, охотничьи и др.

Правообладатель Народная асвета

▶ **Это интересно.** В 2012 г. на стыке границ Беларуси, Польши и Украины был создан первый международный биосферный резерват «Западное Полесье». Резерват входит во Всемирную сеть биосферных резерватов ЮНЕСКО.

Памятники природы — уникальные, ценные в экологическом, научном, эстетическом, историко-культурном отношении природные объекты естественного и искусственного происхождения, в отношении которых установлен особый режим охраны и использования. Все объекты на территории Республики Беларусь, объявленные памятниками природы, являются национальным достоянием и находятся под охраной государства. В Беларуси насчитывается около 900 памятников природы.

▶ **Это интересно.** Статус ботанического памятника природы присвоен Центральному ботаническому саду Национальной академии наук Республики Беларусь в Минске, Мирскому парку в Гродненской области и отдельным редким, причудливой формы растениям или деревьям-великанам.

Одной из мер охраны природы в Беларуси является создание **Красной книги Республики Беларусь.** Основная ее задача состоит в привлечении внимания общественности к видам живых организмов, подверженным наибольшему риску исчезновения. Красная книга — уникальный список редких и находящихся под угрозой исчезновения видов животных, растений, грибов, лишайников и протистов. Красная обложка этой книги — не случайность: она является своеобразным сигналом тревоги. В ней есть и «черный список» — список видов, исчезнувших или не найденных в последние годы на территории Беларуси (осетр балтийский, дрофа, лесной кот, обыкновенная выхухоль). Сбор растений, ловля рыбы и охота на птиц и зверей, включенных в Красную книгу, запрещены.

▶ **Это интересно.** Первая в истории Красная книга была издана в Париже в 1902 г. В 1963 г. появилось первое издание Международной Красной книги. В 1981 г. вышло первое издание Красной книги Беларуси. Книга состояла из одного тома и включала 80 видов животных и 85 видов растений. В 2015 г. вышло уже четвертое издание Красной книги Республики Беларусь. С каждым новым изданием количество видов увеличивается. Так, в состав списка четвертого издания Красной книги внесено 202 вида диких животных и 303 вида дикорастущих растений. Однако отмечается и положительная динамика. Наблюдается прирост числа некоторых видов диких животных. Например, большой белой цапли, крачки белокрылой, жужелицы решетчатой, орденской ленты пурпурной, ряпушки европейской и др. Поэтому данные виды диких животных исключены из Красной книги Республики Беларусь.

Правообладатель Народная асвета

■ **Повторим главное.** Основные направления природоохранной деятельности в Республике Беларусь реализуются через развитие системы особо охраняемых природных территорий и объектов (заповедников, национальных парков, заказников, резерватов, памятников природы), а также через создание Красной книги, экологическое образование и воспитание подрастающего поколения. В Республике Беларусь в настоящее время действуют 2 заповедника, 4 национальных парка, заказники, резерваты. Насчитывается около 900 памятников природы.

? Проверим знания

Ключевые вопросы. 1. Перечислите основные виды природоохранной деятельности. **2.** Причина создания Полесского государственного радиационно-экологического заповедника нам известна. Какие работы проводятся на территории заповедника? Как предотвращается распространение опасных радионуклидов за границы заповедника? Какова роль этого заповедника на сегодняшний день? **3.** Что такое резерваты? Чем они отличаются от заказников? **4.** Из списка животных выберите охраняемые виды Беларуси: европейская рысь, большая белая цапля, благородный олень, большой подорлик, лесная куница, бурый медведь, речная выдра, болотная черепаха, белая куропатка, заяц русак.

Сложные вопросы. 1. Какой, на ваш взгляд, вклад в природоохранную деятельность могут внести учащиеся? **2.** Какие охраняемые территории есть в вашей местности? Как вы считаете, какие еще охраняемые территории следует организовать в вашей местности? Ответ обоснуйте.

ПОДВЕДЕМ ИТОГИ

Экологические проблемы современного мира представляют серьезную опасность для планеты. Нерациональная деятельность человека нанесла большой ущерб природным экосистемам и привела к истощению почв и ресурсов пресных вод, сокращению площади лесов, исчезновению видов животных и растений, к глобальному загрязнению окружающей среды и парниковому эффекту. Целый ряд экологических проблем в настоящее время характерны для дикой природы, сельского хозяйства и города.

Основными факторами воздействия на лесные экосистемы являются: вырубка лесов, использование лесных земель под сельскохозяйственные угодья, промышленное и гражданское строительство, загрязнение лесов бытовыми отходами, браконьерство, лесные пожары. К экологическим проблемам сельского хозяйства относятся: химическое загрязнение

Правообладатель Народная асвета

(применение пестицидов, избыточного количества минеральных удобрений) и опустынивание земель.

Экологические проблемы городов связаны с чрезмерной концентрацией на сравнительно небольших территориях населения, транспорта и промышленных предприятий. Ухудшение качества окружающей среды сказывается и на здоровье людей.

В последнее время в мире наблюдается процесс интенсивного исчезновения ряда видов организмов, что ведет к деградации экосистем. По данным Международного союза охраны природы, под угрозой исчезновения на Земле находятся более 28 тыс. видов живых организмов. В настоящее время основными причинами снижения биологического разнообразия можно считать следующие: нарушение среды обитания и ее загрязнение, чрезмерное потребление, браконьерство и акклиматизация чужеродных видов.

С целью исправления экологической ситуации и сохранения видового разнообразия в Беларуси проводится ряд мероприятий экологического характера. В основе этих мероприятий лежат два подхода: популяционно-видовой и экосистемный. Популяционно-видовой подход заключается в создании перечней исчезающих и уязвимых видов растений и животных, которые подлежат охране, наблюдении за ними и контроле их численности, а также в разведении редких и исчезающих видов в закрытых питомниках. В основе экосистемного подхода — сохранение целых биогеоценозов.

С целью сохранения уникальных уголков природы, преумножения численности редких и исчезающих видов флоры и фауны в Беларуси созданы заповедники, национальные парки, заказники, резерваты, памятники природы, Красная книга Республики Беларусь. Сейчас на территории страны действуют около 1200 особо охраняемых природных территорий. Их общая площадь составляет примерно 1,8 млн га. Это приблизительно 9 % всей площади Беларуси.

Правообладатель Народная асвета

Словарь основных терминов и понятий

Абиотические факторы (от греч. *a* — отрицание, *biōticós* — живой, жизненный) — элементы неживой природы, которые прямо или косвенно влияют на организм и вызывают у него ответную реакцию.

Агроэкосистемы (от греч. *agrós* — поле и экосистема) — искусственные экосистемы, созданные и используемые человеком для получения сельскохозяйственной продукции или отдыха.

Адаптация (от лат. *adaptatio* — прилаживание, приспособление) — признак или комплекс признаков, обеспечивающих выживание и размножение организмов в конкретной среде обитания.

Анабиоз — временное состояние организма, при котором жизненные процессы замедлены до минимума и отсутствуют все видимые признаки жизни.

Антропогенные факторы (от греч. *ánthrōpos* — человек, *génesis* — происхождение) — разнообразные виды деятельности человека, влияющие как на сами организмы, так и на их местообитания.

Ареал (от лат. *area* — площадь, пространство) — часть земной поверхности, в пределах которой распространены и проходят полный цикл развития особи данного вида.

Бентос (от греч. *bénthos* — глубина) — организмы, обитающие на дне водоема или в толще донного грунта.

Биогенное вещество — минерально-органические и чисто органические продукты, созданные живыми организмами в результате жизнедеятельности или отмирания.

Биогеоценоз (от греч. *bíos* — жизнь, *geo* — Земля, *koinós* — общий) — исторически сложившаяся совокупность живых (биоценоз) и неживых (биотоп) компонентов однородного участка суши, где происходит круговорот веществ и превращение энергии.

Биокосное вещество — результат взаимодействия живых и косных компонентов биосферы.

Биологически активные добавки (БАД) — концентраты природных или полученные путем химического синтеза вещества, которые используются для обогащения и оптимизации питания человека.

Биологический круговорот веществ — циркуляция веществ между растениями, животными, грибами, микроорганизмами и почвой.

Биологическое загрязнение — привнесение в биотические сообщества чужеродных организмов (бактерий, вирусов и др.).

Биомасса экосистемы — общее количество органического вещества всех живых организмов, накопившегося в данной экосистеме за предыдущий период ее существования.

Правообладатель Народная асвета

Биосфера (от греч. *bíos* — жизнь, *spháira* — шар) — оболочка Земли, созданная и заселенная живыми организмами.

Биотические факторы (от греч. *bióticos* — живой, жизненный) — элементы живой природы (живые организмы), влияющие на определенный организм и вызывающие у него ответную реакцию.

Биотоп (от греч. *bíos* — жизнь, *tópos* — место) — участок территории с однородными условиями среды.

Биоценоз (от греч. *bíos* — жизнь, *koinós* — общий) — исторически сложившаяся совокупность взаимосвязанных популяций растений, животных, грибов и микроорганизмов, населяющих экологически однородную среду обитания.

Бластопор — первичный рот зародыша животных.

Бластоциста — стадия однослойного зародыша, характерная только для плацентарных млекопитающих.

Бластула (от греч. *blastós* — росток) — однослойный зародыш на стадии дробления.

Вибрация — малые механические колебания, возникающие в упругих телах под воздействием переменных сил.

Видовая насыщенность — количество видов, приходящихся на единицу площади или единицу объема биотопа.

Видовое богатство — общее количество видов, обитающих в определенном биотопе.

Взвешенные твердые вещества — загрязнители атмосферного воздуха размером от 0,0001 до 0,1 мм, представляющие собой смесь пыли, золы, сажи, дыма, сульфатов, нитратов и др.

Вторичная продукция — биомасса, созданная гетеротрофными организмами (консументами и редуцентами) из органического вещества после его частичного расщепления.

Газовая функция живого вещества — способность изменять и поддерживать определенный газовый состав среды обитания и атмосферы в целом.

Гастроцель — первичная кишка зародыша животных.

Гаструляции (от греч. *gastḗr* — желудок) — процесс перемещения эмбрионального материала с образованием двух или трех зародышевых листков.

Гигрофиты (от греч. *hygrós* — влажный, *phytón* — растение) — растения, живущие на обильно увлажненных почвах и при высокой влажности воздуха.

Гидробионты (от греч. *hýdōr* — вода) — организмы, обитающие в водной среде.

Гидросфера (от греч. *hýdōr* — вода, *spháira* — шар) — водная среда жизни.

Гидрофиты (от греч. *hýdōr* — вода, *phytón* — растение) — растения, обитающие в водной среде.

Государственный стандарт — технический нормативный правовой акт, который содержит технические требования к продукции, процессам ее разработки, производства, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации или к оказанию услуг.

Правообладатель Народная асвета

Детрит (от лат. *detritus* — истертый) — мертвое органическое вещество (отмершие остатки растений и грибов, трупы и экскременты животных с содержащимися в них бактериями).

Живое вещество — совокупность всех живых организмов на Земле с их способностью к размножению и распространению на планете, к борьбе за пищу, воду, территорию, воздух.

Заказник — участок охраняемой природной территории, на которой постоянно или временно запрещены отдельные виды хозяйственной деятельности (рыболовство, охота, сенокос).

Заповедник — особо охраняемая государством природная территория, полностью исключенная из хозяйственной деятельности человека.

Зоотоксины — яды вырабатываемые животными.

Зооценоз (от греч. *zṓon* — животное, *koinós* — общий) — совокупность популяций животных, населяющих определенный биотоп.

«Кодекс Алиментариус» — свод пищевых международных стандартов, которые охватывают основные продукты питания и полуфабрикаты.

Комменсализм (от лат. *commensalis* — сотрапезник) — тип взаимоотношений, при котором популяция одного вида извлекает пользу, не принося ни вреда, ни пользы популяции другого вида.

Конкуренция (от лат. *concurrentia* — соперничество) — взаимоневыгодный тип взаимоотношений между видами со сходными потребностями.

Консументы (от лат. *consumo* — потребляю), или **потребители**, — гетеротрофные организмы, потребляющие живое органическое вещество и передающие содержащуюся в нем энергию по пищевым цепям.

Конъюгация — форма полового процесса, при которой обмен генетическим материалом происходит путем взаимного обмена мигрирующими ядрами.

Копуляция — форма полового процесса, при которой две различающиеся по полу клетки — гаметы — сливаются и образуют зиготу.

Космополиты (от греч. *cosmopolítēs* — гражданин мира) — виды, имеющие обширный ареал распространения в пределах разных континентов.

Косное вещество — неорганические ресурсы, которые формируются без участи живых организмов.

Круговорот веществ — цикличный, многократно повторяющийся процесс взаимосвязанного превращения и перемещения веществ.

Красная книга — список редких и находящихся под угрозой исчезновения видов животных, растений, грибов, лишайников и протистов.

Ксерофиты (от греч. *xērós* — сухой, *phytón* — растение) — растения, приспособившиеся к жизни в засушливых местах (степях, пустынях, полупустынях, саваннах, высокогорьях).

Лимитирующий (ограничивающий) фактор — фактор, наиболее отклонившийся от своего оптимального значения по сравнению с другими факторами и определяющий уровень жизнедеятельности организма в данной среде.

Правообладатель Народная асвета

Мезодерма (от греч. *mésos* — средний, *dérma* — кожа) — средний зародышевый листок.

Мезофиты (от греч. *mésos* — средний, промежуточный, *phytón* — растение) — растения, обитающие в условиях умеренного увлажнения.

Микоз — грибковое заболевание кожи человека.

Микотоксины — яды, вырабатываемые грибами.

Микоценоз (от греч. *mýkēs* — гриб, *koinós* — общий) — сообщество различных видов грибов.

Микробоценоз (от греч. *micrós* — малый, *koinós* — общий) — совокупность бактерий и протистов.

Мутуализм (от лат. *mutuus* — взаимный) — взаимовыгодный и обязательный для жизни хотя бы одной из популяций тип взаимоотношений.

Национальный парк — обширный охраняемый участок территории, на котором расположены природные комплексы, представляющие историческую, экологическую и культурную ценность.

Нектон (от греч. *nēktós* — плывущий) — организмы, обитающие в толще воды и ведущие активный образ жизни.

Окружающая среда — совокупность всех природных тел, сил и явлений на планете Земля, в которой существует жизнь.

Онтогенез — совокупность последовательных морфологических, физиологических и биохимических преобразований, происходящих в организме от момента его зарождения (образования зиготы) до смерти.

Охрана природы — совокупность международных, государственных и региональных мероприятий для сохранения, рационального использования и воспроизводства природы Земли в интересах ныне живущего и будущих поколений людей.

Оцепенение — состояние резко пониженной жизнедеятельности, при котором все внутренние процессы замедляются намного сильнее, чем при спячке.

Памятник природы — отдельный охраняемый природный объект живой или неживой природы, уникальный в научном, культурном, историко-мемориальном или эстетическом отношении.

Паразитизм (от греч. *parásitos* — нахлебник) — тип взаимоотношений популяций разных видов, из которых одна популяция (паразит) использует другую (хозяина) в качестве среды и источника пищи.

Партеногенез — способ полового размножения, когда взрослая особь развивается из неоплодотворенной яйцеклетки.

Пестициды — собирательное название ядохимикатов, используемых в сельском хозяйстве для борьбы с сорняками, вредителями и болезнями.

Первичная продукция — биомасса, созданная автотрофными организмами (продуцентами) из минерального вещества в процессе фото- или хемосинтеза.

Пищевая ценность — характеристика полезных свойств продукта и его вкусовых качеств, обусловленная содержанием питательных веществ.

Правообладатель Народная асвета

Пищевые добавки — вещества, добавляемые в продукты питания для придания им желаемых свойств.

Планктон (от греч. *planktós* — парящий, блуждающий) — организмы, обитающие в толще воды и ведущие пассивный образ жизни.

Пойкилотермные организмы (от греч. *poikílos* — изменчивый, *thérmē* — тепло) — организмы, температура тела которых непостоянна и изменяется вместе с температурой окружающей среды.

Половой процесс — совокупность событий, приводящих к обмену генетическим материалом между особями одного вида или к его объединению, что создает условия для возникновения наследственной изменчивости.

Популяция — группа особей одного вида с общим генофондом, находящихся во взаимодействии между собой и населяющих общую территорию.

Пределы выносливости — диапазон силы воздействия фактора, в котором возможна жизнедеятельность организма.

Предельно допустимая концентрация (ПДК) — количество вредного вещества в окружающей среде и живом организме, не оказывающее на них негативного воздействия и не приводящая к возникновению патологий.

Предельно допустимый уровень (ПДУ) — максимальный уровень воздействия радиации, шума, вибрации, магнитных полей и иных вредных физических воздействий, не представляющий опасности для здоровья человека, состояния животных, растений, их генетического фонда.

Продукция экосистемы — количество биомассы, образующейся в экосистеме на единице площади или в единице объема биотопа за единицу времени.

Продуценты (от лат. *producens* — создающий), или **производители**, — автотрофные организмы, синтезирующие органическое вещество из минерального с использованием энергии.

Радиационное излучение — вид электромагнитного излучения, опасный для здоровья людей, проживающих на территориях загрязненных радионуклидами.

Рациональное питание — сбалансированное и разнообразное питание, обеспечивающее постоянство внутренней среды организма (гомеостазис) и жизненные потребности организма.

Редуценты (от лат. *reducens* — возвращающий), или **разрушители**, — гетеротрофные организмы, разрушающие мертвое органическое вещество любого происхождения до минерального.

Резерват — небольшая природная охраняемая территория, созданная для охраны одного из элементов природного комплекса.

Сертификация — деятельность соответствующих органов по подтверждению соответствия продовольственного сырья и пищевых продуктов требованиям, установленным техническими нормативными правовыми актами в области стандартизации.

Правообладатель Народная асвета

Сертификат соответствия — документ, подтверждающий соответствие сертифицируемой продукции требованиям технических нормативных правовых актов в области стандартизации.

Склерофиты (от греч. *sclērós* — твердый, *phytón* — растение) — растения со сниженной транспирацией и способностью активно добывать воду при ее недостатке в почве.

Сообщество — любая совокупность популяций разных видов, взаимодействующих между собой и существующих в общей среде.

Среда жизни — часть природы с особым комплексом факторов, для существования в которой у разных систематических групп организмов сформировались сходные адаптации.

Среда обитания — часть природы, которая окружает организм и с которой он непосредственно взаимодействует в течение всего жизненного цикла.

Стенобионты (от греч. *stenós* — узкий, *bíos* — жизнь) — виды организмов, имеющие узкие пределы толерантности и способные существовать на небольших территориях с относительно постоянными условиями среды.

Суккуленты (от лат. *succulentus* — сочный) — многолетние растения, способные запасать воду в своих тканях и органах, а затем экономно ее расходовать.

Сукцессия (от лат. *successio* — преемственность, последовательность) — закономерная, последовательная смена одних экосистем другими на определенной территории под влиянием направленного изменения природных факторов или деятельности человека.

Топические связи (от греч. *tópos* — место) — связи между популяциями, когда особи одной популяции используют особей другой популяции в качестве местообитания или испытывают их влияние на свою среду обитания.

Трофические связи (от греч. *trophḗ* — пища) — связи между популяциями, когда особи одной популяции получают пищу за счет особей другой популяции.

Трофический уровень — совокупность организмов, которые в зависимости от способа их питания и вида корма составляют определенное звено пищевой цепи.

Условия существования, или **условия жизни**, — комплекс экологических факторов, без которых организм не может существовать в данной среде.

Фабрические связи (от лат. *fabríco* — изготовлять) — связи между популяциями, когда особи одной популяции используют выделения или мертвые части тел особей другой популяции в качестве материала для строительства гнезд, нор, убежищ и др.

Фитопрепараты — лекарственные препараты, содержащие в своем составе лекарственные растения.

Фитотоксины — яды вырабатываемые растениями.

Правообладатель Народная асвета

Фитоценоз (от греч. *phytón* — растение, *koinós* — общий) — растительное сообщество на определенной территории, изменяющееся как по сезонам года, так и по годам.

Форические связи (от греч. *phóra* — ношение) — связи между популяциями, когда особи одной популяции участвуют в расселении (распространении) особей другой популяции.

Целом — вторичная полость тела.

Цепь питания (пищевая цепь) — линейная последовательность организмов, в которой происходит поэтапный перенос вещества и энергии от источника (предыдущего звена) к потребителю (последующему звену).

Эврибионты (от греч. *eurýs* — широкий, *bíos* — жизнь) — виды организмов, имеющие широкие пределы толерантности и способные заселять обширные территории со значительными колебаниями условий среды.

Экологический знак соответствия — знак подтверждения безопасности продукции для окружающей среды.

Экологическая ниша — место вида в природе, включающее его пространственное положение, функциональную роль в сообществе, отношение к абиотическим условиям среды.

Экологическая пластичность, или **экологическая валентность**, — свойство видов адаптироваться к тому или иному диапазону изменения силы воздействия факторов среды.

Экологические факторы — свойства и компоненты среды обитания, которые вызывают у организмов приспособительные реакции — адаптации.

Экосистема — любой комплекс из сообщества живых организмов и неживых компонентов среды их обитания, связанных между собой обменом вещества и энергии.

Эктодерма (от греч. *ectós* — снаружи, *dérma* — кожа) — наружный зародышевый листок.

Эмбриональный этап, или эмбриогенез (от греч. *embryon* — зародыш, *genesis* — развитие), — зародышевое развитие организма от образования зиготы до рождения или выхода из яйцевых оболочек у животных, до прорастания семени у растений.

Эндемики (от греч. *éndēmos* — местный) — виды, имеющие очень узкий ареал распространения в пределах небольшого региона.

Энергетическая функция живого вещества — аккумулирование энергии в органическом веществе и перераспределение ее по пищевым цепям. Эта функция связана с питанием, дыханием, размножением и другими процессами жизнедеятельности организмов.

Энергетическая ценность (калорийность) пищевых продуктов — количество энергии, которое высвобождается из них в процессе биологического окисления и используется для обеспечения физиологических функций организма.

Энтодерма (от греч. *entós* — внутри, *dérma* — кожа) — внутренний зародышевый листок.

Правообладатель Народная асвета

Содержание

Предисловие 3
Как работать с учебным пособием 4
Введение 5

Глава 1. Организм и среда

§ 1. Общие свойства живых организмов 7
§ 2. Понятие о среде обитания и об окружающей среде. Факторы среды и их классификация 11
§ 3. Закономерности воздействия факторов среды на организм. Пределы выносливости 15
§ 4. Лимитирующие факторы среды 19
§ 5. Свет в жизни организмов. Фотопериод и фотопериодизм 23
§ 6. Температура как экологический фактор. Приспособления растений и животных к различным температурным условиям среды 27
§ 7. Влажность как экологический фактор. Приспособления растений к различному водному режиму 32
§ 8. Приспособления живых организмов к сезонным ритмам условий среды обитания 36
§ 9. Понятие о среде жизни. Водная среда жизни 42
§ 10. Адаптации организмов к жизни в воде 46
§ 11. Наземно-воздушная среда жизни. Адаптации организмов к жизни в наземно-воздушной среде 50
§ 12. Почвенная среда жизни. Адаптации организмов к жизни в почве 55
§ 13. Живой организм как среда жизни. Адаптации к жизни в другом организме 59

Глава 2. Человек в окружающей среде

§ 14. Адаптация человека к изменению температурных условий 66
§ 15. Инфекционные заболевания человека 70
§ 16. Ядовитые грибы 73
§ 17. Ядовитые растения 76
§ 18. Ядовитые животные 80
§ 19. Лекарственные растения и их использование человеком 84
§ 20. Основные химические загрязнители окружающей среды 89
§ 21. Влияние электромагнитного загрязнения на человеческий организм . . . 94
§ 22. Техногенные шум и вибрация — современные источники опасности для здоровья человека 97
§ 23. Компоненты пищи и их функции 99
§ 24. Роль пищевых добавок в продовольственной индустрии 103
§ 25. Пути загрязнения пищевых продуктов и контроль их безопасности 107
§ 26. Сертификация пищевых продуктов в Беларуси 110
§ 27. Современные упаковочные материалы 114
§ 28. Транспортировка и хранение продуктов питания 118

Правообладатель Народная асвета

Глава 3. Размножение и индивидуальное развитие организмов

§ 29. Типы размножения. Способы бесполого размножения 124
§ 30. Понятие полового размножения и полового процесса 131
§ 31. Осеменение и оплодотворение у животных. Способы полового размножения у животных 135
§ 32. Чередование способов размножения и поколений в жизненном цикле растений 139
§ 33. Онтогенез животных. Эмбриональное развитие организмов 145
§ 34. Постэмбриональное развитие организмов 149
§ 35. Онтогенез человека 154

Глава 4. Вид и популяция

§ 36. Вид — биологическая система. Критерии вида 161
§ 37. Понятие популяции. Свойства популяции 167
§ 38. Структура популяции 171
§ 39. Механизмы сохранения и поддержания свойств и структуры популяций 176

Глава 5. Экосистема — основная единица биосферы

§ 40. Биоценоз и биотоп. Связи организмов в биоценозах 183
§ 41. Типы биотических взаимоотношений организмов в биоценозах 187
§ 42. Видовая структура биоценоза 191
§ 43. Пространственная структура биоценоза 194
§ 44. Экосистема. Биогеоценоз 198
§ 45. Цепи и сети питания. Трофические уровни 202
§ 46. Экологические пирамиды. Правило Линдемана 207
§ 47. Биомасса и продуктивность экосистем 211
§ 48. Динамика экосистем. Понятие экологической сукцессии 214
§ 49. Агроэкосистемы и их особенности. Разнообразие агроэкосистем 219

Глава 6. Биосфера — живая оболочка Земли

§ 50. Биосфера и ее границы 226
§ 51. Компоненты биосферы 231
§ 52. Функции живого вещества 234
§ 53. Круговорот веществ в биосфере 238
§ 54. Понятие об эволюции и стабильности биосферы 244

Глава 7. Человек и биосфера

§ 55. Экологические проблемы леса, сельского хозяйства и города 250
§ 56. Причины утраты биологического разнообразия 256
§ 57. Пути сохранения биоразнообразия 260
§ 58. Специализированные охраняемые территории 264
Словарь основных терминов и понятий 271

Правообладатель Народная асвета

(Название учреждения образования)

Учебный год	Имя и фамилия учащегося	Состояние учебного пособия при получении	Оценка учащемуся за пользование учебным пособием
20 /			
20 /			
20 /			
20 /			
20 /			

Учебное издание

Маглыш Сабина Степановна
Кравченко Вячеслав Анатольевич
Довгун Татьяна Яновна

БИОЛОГИЯ

Учебное пособие для 10 класса
учреждений общего среднего образования
с русским языком обучения
(с электронным приложением
для повышенного уровня)

Гл. редактор *Е. В. Литвинович*. Редактор *Г. А. Бабаева, Е. В. Литвинович, Е. И. Черникова*. Художественный редактор *О. Н. Карпович*. Техническое редактирование и компьютерная верстка *Л. И. Шевко, Г. А. Дудко*. Корректоры *В. С. Бабеня, О. С. Козицкая, Е. П. Тхир, А. В. Алешко*.

Подписано в печать 18.12.2019. Формат $70\times90^{1}/_{16}$. Бумага офсетная. Гарнитура школьная. Печать офсетная. Усл. печ. л. 20,48. Уч.-изд. л. 16,0. Тираж 121 000 экз. Заказ .

Издательское республиканское унитарное предприятие «Народная асвета»
Министерства информации Республики Беларусь.
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий 1/2 от 08.07.2013.
Пр. Победителей, 11, 220004, Минск, Республика Беларусь.

Открытое акционерное общество «Полиграфкомбинат им. Я. Коласа».
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий № 2/3 от 10.09.2018.
Ул. Корженевского, 20, 220024, Минск, Республика Беларусь.

Правообладатель Народная асвета