

Н. Г. АСАНОВ, А. Р. СОЛОВЬЕВА, Б. Т. ИБРАИМОВА

БИОЛОГИЯ

Учебник для 9 класса общеобразовательной школы

9

Рекомендовано Министерством образования и науки
Республики Казахстан



Алматы «Атамұра» 2019

УДК 373.167.1
ББК 28.0 я 72
А 90

Учебник подготовлен в соответствии с Типовой учебной программой по предмету «Биология» для 5–9 классов уровня основного среднего образования по обновленному содержанию.

Условные обозначения:



– вспомните



– дополнительный материал



– лабораторные работы



– ключевые слова



– вопросы и задания



– моделирование

Цель изучения темы

Асанов Н. Г. и др.

А 90 Биология: Учебник для 9 кл. общеобразоват. шк. / Н. Г. Асанов, А. Р. Соловьева, Б. Т. Ибраимова. – Алматы: Атамұра, 2019. – 272 с.

ISBN 978-601-331-594-2

УДК 373.167.1
ББК 28.0 я 72

ISBN 978-601-331-594-2

© Асанов Н. Г., Соловьева А. Р.,
Ибраимова Б. Т., 2019
© «Атамұра», 2019

ВВЕДЕНИЕ

Дорогие ребята!

В этом учебном году вам предстоит изучать курс биологии для 9 класса по обновленному содержанию уровня основного среднего образования Типовой учебной программы. Это третий год изучения биологии в школе. Базовое содержание учебного предмета «Биология» 9 класса включает те же разделы, с которыми вы познакомились в 7 и 8 классах. Именно поэтому вам необходимо будет постоянно вспоминать учебный материал прошлых лет обучения. Для облегчения этой работы перед каждым параграфом приводятся вопросы, на которые нужно постараться ответить до изучения новой темы, и номера параграфов учебников «Атамұра» прошлых лет.

Часть материала нового учебника посвящена изучению организма человека, его строению и работе, а часть – вопросам общих биологических закономерностей.

В ходе выполнения лабораторных работ вы познакомитесь с особенностями различных живых объектов и лучше изучите работу своего организма.

Внимательно читайте текст параграфов, обращая внимание на слова, выделенные курсивом или полужирным шрифтом. Все термины, использованные в параграфе, приводятся после основного текста. Проверьте, можете ли вы объяснить их значение после изучения темы. Если возникнут затруднения, обратитесь к краткому толковому словарю терминов (глоссарий) в конце учебника.

Дополнительный текст, выделенный мелким шрифтом, дается для ознакомления, а не для запоминания.

Вопросы и задания после параграфов построены с учетом уровней сложности. Задания на **знание** и **понимание**, а также **применение** являются обязательными для всех учащихся. Вопросы на **анализ**, **синтез** и **оценку** могут выполняться выборочно и не всеми учениками. **Дискуссии** в классе проводятся по согласованию с учителем. Если форма проведения – командная конкурсная игра, то к ней надо подготовиться заранее.

Глава 1. КЛЕТочная биология

§ 1. Клеточные структуры

Цель изучения этой темы: объяснить основные функции компонентов растительной и животной клетки.

Без каких двух клеточных структур не может существовать любая живая клетка? Какие мельчайшие органоиды встречаются во всех клетках?



Что нужно повторить для успешного изучения темы? § 12 – учебник для 7 класса; § 1 – учебник для 8 класса.

Клеточные структуры – понятие, объединяющее как мелкие органоиды клетки, так и более крупные ее части. Как вы помните, части эукариотической клетки – это цитоплазма, оболочка и ядро (см. 1-й форзац).

Цитоплазма – вязкая жидкость – внутренняя среда клетки, ее содержимое. Она заполняет пространство между ядром и оболочкой клетки. Без цитоплазмы существование клетки невозможно. В цитоплазме растворены разнообразные вещества. Здесь же находятся и ферменты, благодаря которым протекает большинство химических реакций, характерных для живой клетки.

Плазматическая мембрана отделяет цитоплазму клетки от окружающей среды. Без нее существование клетки тоже невозможно. Напомним, что наружная, или плазматическая, мембрана – единственный компонент оболочки клеток животных. У клеток растений, бактерий и грибов это часть оболочки. Кроме того, у них снаружи мембраны есть еще и жесткая клеточная стенка. Мембрана защищает клетку от внешних воздействий, ограничивает ее от окружающей среды и пропускает определенные вещества. Это свойство поглощать нужные для клетки вещества и выпускать ненужные называется *избирательной проницаемостью*. Мембрана состоит из жироподобных и белковых веществ. Подробнее о ее особенностях вы узнаете в курсе 10 класса. Все мембраны органоидов, находящиеся внутри клетки, похожи по строению и свойствам на наружную мембрану.

Ядро – обязательная часть всех эукариотических клеток. Как вы помните, ядро – важнейшая часть клетки. Безъядерные клетки не способны к размножению (эритроциты). Ядро отделяется от цитоплазмы двойной ядерной мембраной, в которой множество пор. Через поры происходит обмен веществ между цитоплазмой и *ядерным соком (кариоплазмой)* – жидкостью внутри ядра. В ядре также находятся хромосомы, состоящие из ДНК и отвечающие за наследственность, ядрышки и различные ферменты, которые нужны для сохранения и реализации наследственной ин-

формации. Напомним, что биохимические процессы в клетке происходят с помощью белков-ферментов. Информация о составе этих и всех других белков хранится в ДНК хромосом, находящихся в ядре. Поэтому часто говорят, что *«ядро управляет жизнью клетки»*. Ведь именно благодаря процессам, происходящим в ядре, образуется определенный фермент. А уже ферменты направляют биохимические процессы в клетке. Это могут быть процессы роста, старения, переваривания определенных веществ или даже самоуничтожения.

Эндоплазматическая сеть – ЭПС – это органоид, который представляет собой трубку или канал внутри цитоплазмы. Стенкой ЭПС, отделяющей ее полость от цитоплазмы, является мембрана, сходная по строению с наружной мембраной клетки. ЭПС пронизывает цитоплазму и может занимать у некоторых клеток до 50% объема. Внутри канальцев ЭПС находятся и перемещаются вещества, которые не должны попасть в цитоплазму. Либо это пищеварительные белки-ферменты, способные переварить (повредить) части самой клетки, либо иные вещества, которые необходимо сохранить от взаимодействия с веществами, находящимися в цитоплазме. Как вы помните, на мембране *шероховатой ЭПС* расположены *рибосомы*. Соответственно там происходит *биосинтез белков* клетки. В тех частях ЭПС, где нет рибосом, происходит *биосинтез жиров и углеводов*, и их принято называть *гладкой ЭПС*.

Рибосомы – мельчайшие немембранные органоиды, характерные для всех типов клеток. Без рибосом невозможна жизнь. Ведь именно они *синтезируют* – *создают собственные белки* из аминокислот по информации, записанной в ДНК хромосом. Таким образом, рибосомы участвуют в *реализации наследственной информации*. Химически рибосомы состоят из РНК и белков. По форме они напоминают «неправильную» восьмерку. «Неправильной» ее называют потому, что одна ее часть (шарик), непропорционально меньше другой. Также верно говорить, что *рибосома состоит из двух субъединиц – большой и малой*.

Комплекс Гольджи – органоид, похожий на ЭПС тем, что тоже представляет собой канальцы, или полости, отделенные от цитоплазмы одной мембраной. Также с ЭПС сходны и две функции этого органоида: 1) транспорт веществ внутри клетки и 2) синтез собственных жиров и углеводов.

Особенности комплекса Гольджи:

- 1) его мембраны расположены близ ядра, образуя *стопочку из полостей* (диктиосом), а не по всей цитоплазме, как у ЭПС;
- 2) он **никогда не содержит рибосом** и, соответственно, не синтезирует белки;
- 3) вещества, попавшие в полости комплекса Гольджи (часто из канальцев ЭПС), биохимически преобразуются – *модифицируются*;

4) от канальцев Гольджи (диктиосом) могут отшнуровываться мембранные пузырьки – *везикулы*, содержащие определенные вещества.

Везикулы могут быть заполнены вредными веществами, которые надо удалить из клетки. У многоклеточных организмов это могут быть вещества, которые нужны в другой части тела. Некоторые диктиосомы нужны для хранения веществ в клетке, а другие становятся активными *лизосомами*.

Лизосомы (греч. *lysis* – «разложение, растворение, распад») – это мембранные пузырьки, заполненные *литическими ферментами*. Иными словами, это разрушение или переваривание. Таким образом, лизосомы – это *разрушающие, растворяющие* или *переваривающие* что-либо *тельца*. Лизосомы могут переваривать пищу, вредные частицы, устаревшие части клеток или сами клетки. Процесс самопереваривания клеток называется *автолизом*.

Митохондрии – крупные органоиды, характерные для всех эукариотических клеток, состоящие из двух мембран. Как вы помните, именно в митохондриях образуется большая часть энергии, используемой клеткой. На жизненные процессы, протекающие в клетках, в основном, используется энергия АТФ. Синтез 94–95% этого энергоемкого вещества происходит именно в митохондриях. В ходе процесса дыхания энергия органических веществ – углеводов, жиров и белков – переходит в энергию АТФ, которая после и используется клеткой. Для этого необходим кислород, вещества (ферменты) и структуры самих митохондрий (*кристы*). Как побочные продукты выделяются углекислый газ и вода, а после белков еще азотсодержащие вещества.

Пластиды – двумембранные органоиды, характерные только для растений. Типы пластид и их роль вы изучали в 8 классе. Важнейшие пластиды – *хлоропласты* – осуществляют процесс *фотосинтеза*, так как содержат пигмент *хлорофилл*.

У пластид и митохондрий есть сходные черты:

- 1) это органоиды, состоящие из двух мембран – гладкой наружной и внутренней со стопочками (*граны хлоропластов*) или выростами (*кристы митохондрий*);
- 2) жидкая внутренняя среда пластид (*строма*) и митохондрий (*матрикс*) отделена от цитоплазмы, и в ней протекают собственные сложные реакции;
- 3) там функционируют собственные мелкие рибосомы, собственная кольцевая ДНК, разные виды РНК и белков-ферментов;
- 4) эти органоиды способны выжить в питательной среде, вне живых клеток, но не способны размножаться.

Клеточный центр – немембранный мелкий органоид, состоящий из двух триплетов микротрубочек (*сократительных белков*). Он отвечает за

равномерное распределение хромосом по дочерним клеткам при размножении. По химическим компонентам и общему плану строения (микротрубочки) клеточный центр похож на жгутики и реснички. Видимо, поэтому и те, и другие органоиды характерны только для животных (их нет в клетках растений и грибов).

Органоиды движения – немембранные органоиды – *жгутики* и *реснички*. Они пронизывают мембрану клетки, выходя на поверхность, и своими движениями позволяют одиночным клеткам плыть в жидкой среде. У многоклеточных организмов они обеспечивают продвижение частиц в определенном направлении. Строение жгутиков бактерий принципиально отличается от строения таковых у эукариот. Но реснички и жгутики эукариот имеют одинаковое внутреннее строение и отличаются длиной и количеством.

Клеточные включения – временные скопления каких-либо веществ в клетке, видимые в микроскоп. Так в цитоплазме клеток картофеля можно наблюдать глыбки крахмала, а в клетках семян масличных растений – капельки жира.



Клеточные структуры, цитоплазма, плазматическая мембрана, ядро, эндоплазматическая сеть, рибосомы, комплекс Гольджи, лизосомы, митохондрии, пластиды, клеточный центр, органоиды движения, клеточные включения.



Знание и понимание

1. Перечислите органоиды клетки.
2. Выясните роль каждого из них.

Применение

1. Определите связь между количеством мембран и типом органоида, заполнив таблицу.

Немембранные	Одномембранные	Двумембранные

2. Сравните ЭПС и комплекс Гольджи. Как они взаимосвязаны с рибосомами и лизосомами?

Анализ

1. Изобразите в виде схемы функции органоидов, условно поделив их на следующие группы: 1) транспортные; 2) защитные; 3) энергетические; 4) строительные – синтетические; 5) разрушающие – литические.
2. Выскажите ваше мнение о причинах того, что одни и те же органоиды могли оказаться в разных группах.

Синтез

1. Порассуждайте, как могли сформироваться пластиды и митохондрии.
2. Систематизируйте органоиды по различным критериям: 1) особенности строения; 2) взаимосвязь во внутриклеточных процессах; 3) выполняемые функции.

Оценка

1. Считаете ли вы, что все органоиды клетки функционально взаимосвязаны между собой?
2. Составьте схему, отражающую взаимосвязь различных органоидов в клетке.

§ 2. Вычисление линейного увеличения клеток

Цель изучения этой темы: вычислить линейное увеличение клеток, используя микрофотографии.

Сколько сантиметров в метре? Сколько миллиметров в сантиметре и метре?



Что нужно повторить для успешного изучения темы? § 4 – учебник физики для 7 класса.

Перевод единиц измерения в систему СИ применяется в ряде наук: физике, химии и биологии, а также в технике. СИ была принята в 1960 г. Генеральной конференцией по мерам и весам (ГКМВ). Позже туда вносились некоторые изменения. Согласно данной системе, выделяют семь основных единиц: *метр, килограмм, секунда, ампер, кельвин, моль и кандела*. Также в системе СИ зафиксированы правила записи единиц измерений, их сокращения и набор приставок.

Благодаря появлению микроскопов и иных приборов, позволяющих исследовать микромир, у ученых возникла необходимость ввести единицы измерения для микроскопических объектов. В биологии и физике часто измеряют длину намного меньше одного миллиметра. Для этого принята специальная величина – *микромéтр* (сокращенно *мкм*). 1 мкм равен 1×10^{-6} м. Микрометр также называют *микрон* и иногда, особенно в англоязычной литературе, обозначают греческой буквой μ . В биологии в микрометрах измеряют величину микроорганизмов и клеток, а в физике – длину инфракрасного электромагнитного излучения. Другая единица измерения из производных метра – *нанометр* (1×10^{-9} м). Она часто используется и обозначается как *нм*. Термин «нанотехнологии» произошел от названия данной величины.



Нанометр не самая маленькая величина СИ. Также используются и *пикометр* (1×10^{-12} м), *фемтометр* (1×10^{-15} м) и *аттометр* (1×10^{-18} м). Устаревшей (1868 г.) внесистемной единицей, не входящей в систему СИ, но все еще часто используемой в литературе, является **ангстрем**. Он меньше нанометра и составляет его десятую часть: 1 ангстрем = 0,1 нм. Его обозначение – **Å**. Ранее ангстрем часто использовался в физике и химии, поскольку это приблизительный диаметр орбиты электрона в атоме водорода (в невозбужденном состоянии).

Используя коэффициенты перевода, несложно установить, что:

1 нанометр = 10^{-9} метр или 1 нм = 10^{-9} м, или 1 нм = 0,000000001 м

1 нанометр = 10^{-7} сантиметров или 1 нм = 10^{-7} см.

1 нанометр = 10^{-6} миллиметров или 1 нм = 10^{-6} мм.

1 нанометр = 10^{-3} микрометров или микрон, или 1 нм = 10^{-3} мкм или μ .

1 микрометр = 10^{-6} метров или 1 мкм = 10^{-6} м.

1 микрометр = 10^{-4} сантиметров или 1 мкм = 10^{-4} см, или 1 мкм = 0,0001 см.

1 микрометр = 10^{-3} миллиметров или 1 мкм = 10^{-3} мм, или 1 мкм = 0,001 мм.

1 микрометр = 1000 нанометров.

Современные компьютеры и многие модели сотовых телефонов обладают системой автоматического перевода единиц измерения системы СИ, в том числе и микроскопических. Эта функция называется «Конвертер». Она также широко представлена на разнообразных электронных ресурсах наряду с автоматическими языковыми переводчиками.



В некоторых странах используются традиционные единицы измерения (не из международной системы). Это такие меры длины, как миля, аршин; меры объема жидкостей – пинта, штоф; мера площади – акр; мера веса – фунт, унция, золотник. Эти устаревшие, но традиционные единицы измерения тоже включены в большинство электронных конвертеров.

Микроскопические биологические объекты и их размеры. Чтобы сформировать у вас представление о соотношении величин некоторых микроскопических объектов, приведем некоторые данные (табл. 1).

Таблица 1

Микроскопические биологические объекты и их размеры

№	Название объекта	Размер (длина), в нанометрах
1	2	3
1	Аланин (аминокислота)	0,5
2	Глюкоза	0,7
3	Молекула ДНК в поперечнике	2
4	Мембранный липид	3,5

1	2	3
5	Гемоглобин	6,8
6	Мембрана в толщину	7–8
7	Рибосома бактерии	18
8	Вирус полиомиелита	30
9	Лизосомы	20–50 (0,2–0,5 мкм)
10	Миозин (темный белок поперечнополосатых мышц)	160
11	Вирус табачной мозаики	300
12	Митохондрия клеток печени	1500
13	Клетка бактерии «кишечной палочки».	2000
14	Хлоропласт из листа шпината	8000
15	Клетка печени человека	20 000
16	Лимфоциты	7 мкм
17	Яйцеклетка	200 мкм



Увеличение, нанотехнология, микрометр, нанометр.



Знание и понимание

- Объясните, почему необходимо уметь переводить единицы измерения системы СИ.
- Дайте определение терминам: *метр, сантиметр, миллиметр, микрометр, микрон, нанометр*. Укажите, как обозначаются эти единицы измерения.

Применение

- Рассчитайте, используя данные, приведенные в параграфе, сколько митохондрий одна за другой могут поместиться в одной яйцеклетке (если вы учитываете не объем, а только длину).
- Заполните свободные части таблицы, используя коэффициенты перевода.

Сантиметры	Миллиметры	Микроны	Микрометры	Нанометры
				14
0,1	1	1000	1000	1 000 000
		23		
	0,01			
			160	

Анализ/Синтез

Оценивается в ходе работы с микрофотографиями.



Моделирование № 1. Вычисление линейного увеличения клеток с использованием микрофотографии.

Оборудование: линейка, хорошо заточенный или механический карандаш, представленные микрофотографии.

Проанализируйте изображения клеток и других объектов, представленные на микрофотографиях. Измерьте их длину линейкой. Используя данные о масштабах изображения, ответьте на следующие вопросы:

1. К какому типу бактерий по форме клеток относятся объекты, изображенные на фотографии А?



0,5 мкм



5 мкм



5 мкм



0,5 мкм



1 мкм



1 мкм

- Сколько бацилл изображено на рис. А, а сколько – на рис. F?
- Какова средняя длина и ширина изображения бацилл в мм (рис. А)?
- Измерив изображения других объектов с помощью линейки и проведя необходимые вычисления, рассчитайте их реальные размеры и на сколько произошло линейное увеличение размеров при их микрокопировании.
- Данные занесите в таблицу.

Фото	1 см на фото=	Измеряемый объект	На фото, мм	Реальный размер, нм (мкм)	Линейное увеличение
А	0,5 мкм = ? нм	Длина клетки			
		Ширина клетки			
		Диаметр ядра			
С	5 мкм = ? нм	Длина клетки			
D	0,5 мкм = ? нм	Длина митохондрии			
		Ширина митохондрии			
Е	1 мкм	Длина хлоропласта		Около 8000 мкм – ? нм	

Оценка

1. Напишите реферат о формировании микрофотографии и ее значении в развитии цитологии.
2. Оцените значение данных, полученных путем микрофотографирования. Почему в некоторых странах при знакомстве с родителями будущие супруги демонстрируют микрофотографии своих хромосом?

Глава 2. РАЗНООБРАЗИЕ ЖИВЫХ ОРГАНИЗМОВ. БИОСФЕРА И ЭКОСИСТЕМЫ

§ 3. Использование бинарной номенклатуры для описания различных видов живых организмов

Цель изучения этой темы: использовать бинарную номенклатуру при описании различных видов.

Какая систематическая категория является самой мелкой? По каким признакам организмы объединяются в один вид? В какую систематическую категорию объединяются виды? Кто впервые использовал двойные латинские названия для обозначения видов?



Что нужно повторить для успешного изучения темы? § 8 – учебник для 7 класса.



Рис. 1. Книга
К. Линнея
«Система природы»

Понятие *вид*. Как вы помните, основателем систематики является Карл Линней (1707–1778). Ему впервые удалось составить систему, основанную на сравнении внешнего и внутреннего строения организмов (рис. 1). Систематика К. Линнея позволила проследить усложнение организмов и стала отражением эволюции.

Наименьшей и, соответственно, фундаментальной единицей в своей системе К. Линней назвал *вид*. Подробнее с определением этого важнейшего биологического понятия вы еще познакомитесь в § 60. Но почти любому человеку очевидно, что, например, собаки и кошки относятся к разным видам. Как и, допустим, виноград и яблони. Верно и то, что все собаки относятся к одному виду, несмотря на разнообразие пород. Одним из важнейших и простых для восприятия критериев, от-

деляющих организмы одного вида от другого, является способность к размножению, т. е. способность свободно скрещиваться и производить потомство, которое дальше может также легко размножаться.

Двойные латинские названия. Огромной заслугой К. Линнея является как само создание систематики, так и применение *бинарной номенклатуры* – использование двойных латинских названий. В этих словосочетаниях *существительное* обозначает *род*, а *прилагательное* – *вид*. Так, например, вид *человек разумный*, или на латыни *Homo sapiens*, является единственным ныне живущим видом этого рода. Более полу-миллиона лет назад существовал и вид *Homo erectus* – *человек прямоходящий*, относящийся к тому же роду. Но представители этого вида в данное время не существуют.

Благодаря применению двойных латинских названий исключаются ошибки в определении видов. Ученые всего мира точно знают, о каком именно организме идет речь в тех или иных научных работах, даже если они и написаны на разных языках.

Какими же принципами руководствовался К. Линней, давая научное название виду? Во-первых, нужно учитывать, что значительная часть изученных организмов уже имела какие-то научные названия, данные предыдущими исследователями. Линней их сократил и сделал более универсальными. Так шиповник, который назывался «*обыкновенной лесной розой с розовым душистым цветком и приятным запахом*», стал просто «*лесной розой*». Вместо подробного описания растений, приводимых в видовом названии, Линней ввел их краткое обозначение из двух слов. Он подсчитал, что из шести прилагательных и трех существительных, т. е. из девяти слов, можно составить названия для 100 видов. И если раньше использование громоздких видовых названий



Лапчатка волжская



Тюльпан Грейга



Сизый, или скалистый, голубь



Горный козел

Рис. 2. Примеры видовых названий

представляло, по словам современников, «величайшие затруднения для памяти, языка и пера», то новая система была практичной, удобной и облегчила применение научных знаний. Названия растений стали краткими, выразительными и звучными.

Многие широко распространенные виды в качестве видового названия получили слово «обыкновенный». Например, «дурман обыкновенный» или «вереск обыкновенный».

Часто Линней применял в качестве второго определяющего слова термины, связанные со средой обитания. Например, это такие названия, как лесной, луговой, полевой, горный, болотный и т. д. Это говорит о том, что К. Линней не отделял организмы от окружающей их среды – условий обитания. Также иногда для обозначения используется конкретное место обитания – ареал, например «аральский лосось», «лапчатка волжская» (рис. 2).

У некоторых видов их видовые названия даны в честь ученых-исследователей, как правило, впервые их описавших. Например, тюльпан Грейга (лат. *Tulipa gréigii*) или сурок Мензбура (лат. *Marmota menzbieri*).

Иногда в названии отражались особенности строения или физиологии (свойства). Например, «лютик ползучий» и «лютик едкий».



Бинарная номенклатура, систематика, эволюция, вид, род.



Знание и понимание

1. Как вы понимаете словосочетание *бинарная номенклатура*?
2. Объясните, для чего нужно применение двойных латинских названий.

Применение

1. Опишите, как бинарная номенклатура облегчила труд ученых.
2. Определите связь между родовым и видовым названием и частями речи – прилагательным и существительным.

Анализ

1. Изобразите в виде схемы разные подходы к формированию видовых названий.
2. Докажите на примерах, как отражаются разные особенности растений и животных в видовых названиях.

Синтез

1. Напишите эссе о роли применения бинарной номенклатуры.
2. Приведите примеры видовых и родовых названий известных вам растений и животных вашей местности.

Оценка

1. Напишите реферат о видах растений и животных, охраняемых законодательством РК и обитающих в местности вашего проживания,

проанализировав принципы, положенные в основу формирования их видовых и родовых названий.

- Оцените значение применения бинарной номенклатуры. Считаете ли вы, что это «путеводная нить Ариадны» в биологии? Ответ аргументируйте.



Лабораторная работа № 1

Определение видов растений и животных (местного региона) с помощью определителя

Цель работы: научиться распознавать по отличительным признакам виды растений и животных (по определителям).

Оборудование: гербарные материалы растений, фото- или видеоматериалы о растениях и животных, характерных для вашей местности; школьный определитель растений и животных.

Ход работы

- Рассмотрите предложенные экземпляры живых организмов.
- Исходя из особенностей строения, определите крупные систематические категории – от царства до класса.
- Используя определитель, рассмотрите представленные виды, относящиеся к данному классу. Постарайтесь выяснить характерные, видимые внешне особенности каждого порядка либо семейства (для растений) и каждого отряда (для животных).
- Рассмотрите более мелкие особенности представленных организмов. Для растений – тип листьев, их расположение, тип стебля, строение цветка, количество его частей, тип соцветия и плода, если таковые имеются. Для животных – особенности строения черепа, конечностей, характерных органов передвижения и захвата пищи, их расположение и т. д.
- Соотнесите результаты пунктов 3 и 4, постарайтесь выяснить, к какой систематической группе (порядок, отряд, семейство) относится данный вид.
- Определите, к какому роду и виду относятся рассматриваемые виды, используя дихотомический ключ, если таковой имеется. Если дихотомический ключ отсутствует, постарайтесь установить видовую и родовую принадлежность, сопоставляя исследуемые виды с изображением таковых в определителе.

§ 4. Рост популяции, кривые роста

Цель изучения этой темы: анализировать диаграммы экспоненциальных и сигмоидальных кривых роста популяций.

Что такое популяция? По каким признакам организмы объединяются в одну популяцию? Что такое показатели и характеристики популяции? Как с их помощью оценить состояние популяции? Какие стратегии выживания популяций вам известны?



Что нужно повторить для успешного изучения темы? § 55 – учебник для 8 класса.

Понятие «популяция», ее показатели. Как вы помните, популяция – группа особей одного вида, длительно существующая на определенной территории (в среднем не менее 100 поколений). Процессы, происходящие в популяции, изучает раздел *экологии* – *демоэкология*. Вы уже знакомы с самыми важными показателями состояния популяции. Это ее *численность*, *прирост*, *темпы прироста*, *плотность* и др. Вспомним суть этих показателей и проанализируем формулы, по которым они рассчитываются:

Численность – количество особей в популяции.

Прирост популяции – разница между рождаемостью и смертностью:

число родившихся – число умерших = прирост популяции.

Темпы прироста – какой прирост достигается за единицу времени:

число родившихся – число умерших / время = темпы прироста.

Плотность – количество особей на единицу площади или объема для почвенных и водных организмов:

$$\frac{\text{численность всех особей в популяции}}{\text{площадь или объем территории, занимаемой популяцией}} = \text{плотность популяции.}$$

Кривые роста популяции – графическое изображение динамики изменения численности особей в популяции на протяжении какого-либо времени (рис. 3). Сделать выводы о сиюминутном состоянии популяции можно на основе ее численности, плотности, прироста и т. д. Но суметь спрогнозировать состояние популяции на какое-либо время на основе только этих показателей сложно. Чтобы успешно предсказывать изменения в состоянии популяций разных групп организмов, необходимо отслеживать и анализировать изменения их численности, прироста, плотности на протяжении какого-либо времени. Для этого и нужны *кривые роста популяции*.

Факторы роста популяции. Любой живой организм обладает высокой способностью к размножению. Теоретически любой вид живых организмов, обитающих на нашей планете, мог бы увеличить свою численность и ареал обитания. Но для этого нужно, чтобы на него не оказывали негативное воздействие другие живые организмы и неживая природа. Эту способность живого к увеличению своей численности на определенной территории в популяционной экологии называют *репродуктивным* (био-

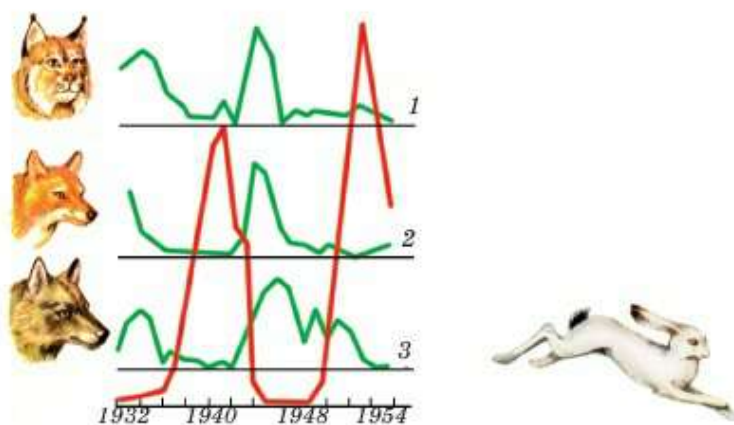


Рис. 3. Кривые численности популяций зайцев (красным цветом) и рыси (1), лисиц (2) и волков (3) (зеленым цветом)

тической) потенциалом. А способность определенной территории ограничивать рост конкретной популяции называют *сопротивлением среды*.

Почему же *территория ограничивает рост популяции*? Да просто потому, что ее ресурсы: пища, свет, вода, пространство – ограничены. И поместиться, чтобы выжить на ней, может только какое-либо ограниченное число обитателей каждого вида.

Равновесие, при котором численность популяции остается стабильной, а ее прирост близок к 0, называют *несущей емкостью среды*. То есть это состояние, когда количество особей в популяции такое, какое должно быть на данной территории. При этом для каждого живого существа достаточно количества пищевых ресурсов, пространства и всех других необходимых компонентов природной среды. В этом случае организмов не должно становиться больше, а при стабильности условий – не должно уменьшаться.

Экспоненциальные и сигмоидальные кривые роста популяции – это два типа кривых численности.

Прежде чем сравнивать кривые роста популяции, давайте выясним, что такое *экспоненциальный рост*. Это понятие применяется не только в биологии, а также в банковском деле, математике и т. д. Фактически это одна из форм геометрической прогрессии, когда каждое следующее число увеличивается само на себя. Например:

$2 \times 2 = 4 \rightarrow 4 \times 4 = 16 \rightarrow 16 \times 16 = 256 \rightarrow 256 \times 256 = 65636 \rightarrow 65536 \times 65536 = 4\,294\,967\,296$ и т. д. Как вы видите, это резкий, очень мощный прирост. Часто отображая графически *экспоненциальную кривую роста*, ее противопоставляют *линейной*, или *степенной*, кривой роста (рис. 4).

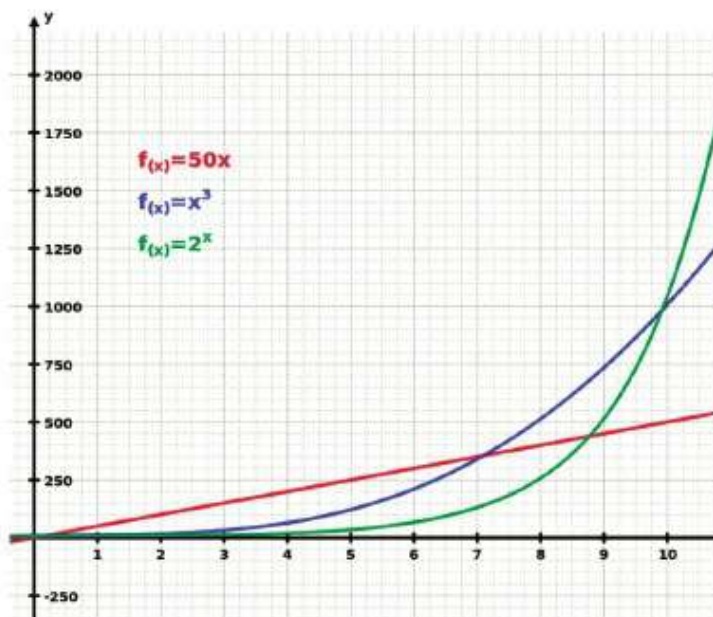


Рис. 4. Различные кривые роста: красная – линейная, синяя – степенная, зеленая – экспоненциальная



Есть легенда, ярко иллюстрирующая экспоненциальный закон. После знакомства с шахматами индийский правитель призвал к себе мудреца, который изобрел эту прекрасную игру, и сказал: «Проси в награду, что захочешь!». На что мудрец ответил: «На шахматной доске 64 клеточки. Дай мне за первую клеточку 2 зернышка пшеницы, за вторую – 4, за третью – 16 и, так умножая каждую цифру саму на себя, пока не дойдешь до 64 клеточки». Правитель удивился, как мало попросил мудрец. Он призвал визиря и велел отсчитать зерно. Прошло несколько дней, и раджа спросил визиря: «Забрал тот безумец свой мешок зерна?». «Нет, – ответил визирь, – мы еще считаем, сколько же зерна должно получиться». Через неделю визирь доложил: «О Великий, только если ты прикажешь горы Тибета сравнять с землей, вырубить джунгли и осушить реки, и все твои владения вместе с горами, лесами и реками засеешь пшеницей, может быть только тогда мы сможем рассчитаться с мудрецом за изобретение шахмат».

Так, если в банковском деле проценты по кредиту или депозиту плюсятся к основной сумме, и на них также начисляются проценты, это называется *экспоненциальным начислением процентов*.

Экспоненциальные, или J-образные, кривые характерны для бактерий, одноклеточных водорослей и некоторых других организмов. Например, если бактериальная клетка попадает в новую благоприятную среду, она начинает размножаться простым делением перетяжкой и образует

2 клетки каждые 20 мин. Причем каждая из образующихся дочерних клеток тоже делится на 2 через каждые 20 мин. Таким образом наблюдается быстрое увеличение численности популяции. Это бесспорно экспоненциальный рост!

Заметили ли вы, что кривые А и Б на рис. 5 мало чем отличаются в период 6–10 ч на рис. 5А и период 15–28 суток для рис. 5Б? Если не заметили, посмотрите внимательно и сравните их еще раз. Это так называемый период быстрого – экспоненциального роста популяции. Он может быть характерен как для *J*-образных, так и для *S*-образных кривых. Так в чем же тогда состоит разница между ними? Как видно из анализа графика Б, при экспоненциальной, или *J*-образной, кривой роста численность не остается стабильной. После резкого кратковременного ее увеличения – «взлета» есть совсем короткая фаза – высокого уровня численности, вслед за которой начинается «падение». Нет длительной стабильной фазы высокой численности, так называемого *плато*. Такие кривые роста часто характерны для организмов с *R*-стратегией выживания: саранчовых и некоторых других насекомых, поедающих растения, однолетних растений, бактерий, водорослей, многих планктонных организмов.

Сигмоидальные, или *S*-образные, кривые более характерны для животных с *K*-стратегией выживания. Только после попадания в новую среду или изменения условий в сторону большей благоприятности, либо появления в ходе эволюции полезных адаптаций у них тоже может происходить *экспоненциальный рост*. Но по достижении определенной численности *прирост популяции резко замедляется* либо совсем останавливается (см. рис. 5А 13–16 ч). После чего кривая демонстрирует стабильность численности – входит в фазу *плато* (см. рис. 5А 16–20 ч). Именно устойчивая фаза, когда численность остается стабильной, и отличает *сигмоидальные*, или *S*-образные, кривые от иных.

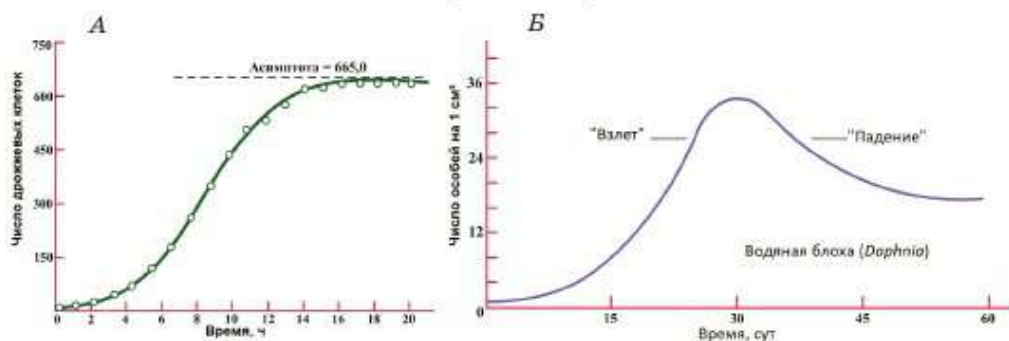


Рис. 5. Пример экспоненциального роста численности организмов



Популяция, показатели популяции, численность, темпы прироста, плотность, репродуктивный (биотический) потенциал, сопротивление среды, несущая емкость среды, кривые роста популяции, экспоненциальная кривая роста, линейная (степенная) кривая роста, сигмоидальная кривая роста, экспоненциальный рост, фаза плато.

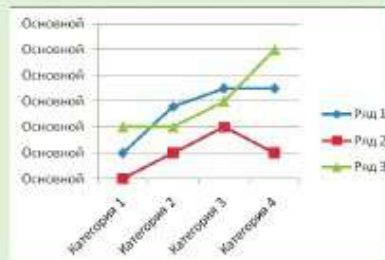


Знание и понимание

1. Объясните, почему прирост популяции может быть: 1) положительный; 2) отрицательный и 3) нулевой.
2. Как вы понимаете разницу между экспоненциальными и сигмоидальными кривыми роста популяций?

Применение

1. Определите связь между типом стратегии выживания и кривыми роста популяции.
2. Рассмотрите график. Определите, какие из кривых роста на них изображены.



3. Можно ли предположить динамику численности зеленого ряда 3?

Анализ

1. Проанализируйте данные численности определенных гипотетических видов А, В и С, приведенные в таблице. Докажите, что каждый из этих видов придерживается определенной стратегии выживания.

Вид	Промежутки времени						
А	0	5	50	500	380	215	216
В	0	16	18	20	40	48	50
С	0	15	500	8000	10 000	500	15

2. Изобразите в виде графика кривые в динамике численности приведенных выше видов. На основе анализа выстроенной диаграммы определите экспоненциальные и сигмоидальные кривые роста популяций.

Синтез

1. Оцените роль *внешних* – окружающая среда (ограниченность ресурсов, благоприятность условий) и *внутренних* – скорость размноже-

ния, размеры тела, продолжительность жизни, плодовитость и т. д. *факторов* в динамике численности.

2. Заполните таблицу. Соотнесите стратегии выживания и характерные для них экспоненциальные и сигмоидальные кривые роста популяций живых организмов, распределив приведенные ниже признаки и отметив их знаком \times .

Признаки	Отметьте знаком \times номер признака в соответствующей строке																		При- мер	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18		
Стратегии выжива- ния	r																			
	K																			
Кривые выжива- ния	S																			
	J																			

1. Размножаются быстро (высокая плодовитость, время размножения – короткое).
2. Размножаются медленно (низкая плодовитость, продолжительное время размножения).
3. Энергия и вещество концентрируются в немногих потомках; родители заботятся о потомстве.
4. Размеры популяции близки к равновесному уровню.
5. Энергия и вещество распределяются между многими потомками.
6. Вид не всегда устойчив на данной территории.
7. Вид устойчив на данной территории.
8. Размеры популяции короткое время могут почти превышать ресурсы среды.
9. Расселяются широко и в больших количествах; у животных может мигрировать каждое поколение.
10. Расселяются медленно.
11. Особи, как правило, крупные; у растений деревянистые стебли и большие корни.
12. Особи, как правило, мелкие, если растения, то часто травянистые и (или) однолетние.
13. Малая продолжительность жизни.
14. Большая продолжительность жизни особи.
15. Лучше приспособлены к резким изменениям окружающей среды (менее специализированные).
16. Хуже приспособлены к резким изменениям окружающей среды (узко- и высокоспециализированные).
17. Организмы с развитыми защитными механизмами, сильные конкуренты.
18. Защитные механизмы развиты слабо, слабые конкуренты.

Примеры: 1) бактерии, 2) крупные тропические бабочки, 3) человек, 4) мучные хрущаки, 5) деревья, 6) дрофа, 7) гля, 8) клещи, 9) тугайный благородный олень, 10) однолетние травянистые растения, 11) тьянь-шаньский медведь, 12) планктонные водоросли, 13) миксотрофные жгутиконосцы (эвглена зеленая, динофлагелляты), 14) саранча, 15) архар.

Оценка

1. Оценивая успешность природоохранных мероприятий и используя дополнительные источники информации, составьте кривые динамики численности сайги в Казахстане.
2. Считаете ли вы, что при составлении кривых динамики численности сайги преобладали внешние факторы? Ответ аргументируйте.

§ 5. Перенос энергии в экосистеме

Цели изучения этой темы: рассчитывать эффективность переноса энергии; сравнивать пирамиды численности, биомассы и энергии.

*Что такое **пищевая цепь** и **сеть**? Какие обязательные компоненты экосистемы необходимы? Откуда живые организмы получают энергию? Кто такие **продуценты**, **консументы-1** и **2**, **редуценты**, **паразиты** и **сапрофиты**? Сколько энергии переходит на следующий трофический уровень и сколько звеньев в цепи питания?*



Что нужно повторить для успешного изучения темы? § 2 – учебник для 7 класса; § 54 – учебник для 8 класса.

Поток энергии в цепях питания и экологические пирамиды. Как вы помните, *трофический уровень* – это группа организмов, занимающая определенное положение в общей цепи питания. К *первому трофическому уровню* относятся *продуценты*, получающие свою энергию от Солнца. Травоядные животные занимают *второй уровень* и называются *консументы 1-го порядка*. Первичные хищники, поедающие травоядных, находятся на *третьем уровне* – *консументы 2-го порядка*. Вторичные хищники – это уже *четвертый трофический уровень*, *консументы 3-го порядка*.

Трофических уровней может быть и больше, когда учитываются паразиты, живущие как на продуцентах, так и на различных консументах, а также разнообразные сапрофиты (редуценты).

Цепи и сети питания отражают по одному представителю из каждого вида животных, растений или других групп организмов, находящихся на трофических уровнях. Поэтому последовательность передачи энергии в пищевых цепях каждого конкретного сообщества организмов (степь,

озеро, лес и т. д.) приобретает определенную *трофическую структуру*. Ее обычно изображают в виде *экологических пирамид* (рис. 6). Это модели на основе цепей питания, но их особенность – попытка отразить не только виды организмов, но и их количество.



Впервые графическую модель разработал в 1927 г. американский зоолог Чарлз Элтон.

В основании пирамиды организмы 1-го трофического уровня – продуценты. Над продуцентами располагается уровень травоядных – консументов-1. Следующие «этажи» или «блоки» пирамиды образованы консументами более значительных порядков. Как правило, в экологических пирамидах не отражают на отдельном уровне паразитов и редуцентов.

Виды экологических пирамид. Различают три способа построения экологических пирамид.

Пирамида чисел, или *численности*, показывает количество отдельных организмов на каждом уровне. Например, чтобы прокормить одну лисицу, необходимо, по крайней мере, несколько зайцев или мышей, на которых она могла бы охотиться. А чтобы прокормить этих грызунов, нужно довольно большое количество разнообразных растений.



Рис. 6. Пример экологической пирамиды (А) и цепи питания (Б)



Иногда пирамиды чисел могут быть как бы перевернутыми. Это возможно для леса, когда продуцентами служат крупные деревья, а консументами 1-го порядка – разнообразные мелкие насекомые. В этом случае уровень первичных консументов количественно больше уровня продуцентов (на одном дереве обитает и питается множество насекомых).

Пирамида биомассы – соотношение масс организмов разных трофических уровней. Обычно в наземных биоценозах такая пирамида будет иметь широкое основание и в целом правильную пропорциональную форму. Если организмы не слишком различаются по размерам, то на графике обычно получается ступенчатая пирамида с суживающейся верхушкой. Так, для образования 1 кг говядины необходимо 70–90 кг свежей травы.

Напомним, что в водных экосистемах пирамиды чаще ромбовидные (см. схема 12, учебник биологии для 8 класса).

И пирамиды чисел, и пирамиды биомасс характеризуют состояние экосистемы в определенное время – как фотоизображение. Но они не показывают, как изменяется экосистема во времени.

Эту задачу решает **пирамида энергии**, которая показывает, сколько энергии проходит по всем трофическим уровням в единицу времени. Важнейшим показателем состояния экосистемы является не **количество биомассы** (совокупный вес всех живых организмов на определенной территории), а ее **продуктивность**. **Продуктивность биомассы** – это количество органических веществ (содержащих энергию), которое образуется в экосистеме за единицу времени. А раз уж органика образуется, она будет потребляться и переходить с одного трофического уровня на другой. Именно это и отражает пирамида энергии.

Эффективность переноса энергии в экосистеме (рис. 7). Как вы помните, в среднем на следующий трофический уровень переходит 10% энергии. В экологии это явление получило название **закон пирамиды энергии**, или **правило десяти процентов**.



Его сформулировал Раймонд Линдеман – американский эколог в 1941–1942 гг.

На самом деле 10% – это средняя, а не абсолютная величина. В ходе многолетних наблюдений и исследований как непосредственно в живой природе, так и с использованием компьютерных моделей, ученые выяснили, что максимальная величина энергии в некоторых экосистемах может достигать в лучшем случае 30%. В то же время в некоторых биоценозах количество передаваемой энергии может составлять всего лишь 1%.



Можно рассчитать эффективность перехода по формуле:

$$\frac{\text{Число накопленной органики}}{\text{Число съеденной органики}} \cdot 100\%$$

То есть популяция животных, потребив 240 кг корма (зеленой травы), прибавила в весе на 30 кг. Так, *эффективность переноса энергии* на этом пищевом уровне составит:

$$\frac{30}{240} \cdot 100\% = 12,5\%.$$

Хотя эта формула не учитывает калорийность травы и баланс белков, жиров и углеводов, из которых состоят тела тех травоядных, которые прибавили в весе на 30 кг.

Именно из-за потери энергии (в среднем 90%) цепи питания обычно не могут иметь более 3–5 (редко 6) звеньев. Следовательно, *экологические пирамиды* не могут состоять из большого количества «этажей» (рис. 7).

Напомним, что в природе крайне редко встречаются организмы, которые поедали бы только один вид других живых организмов. Также следует заметить, что почти не существует организмов, у которых был бы только один вид естественных врагов – тех, кто их ест. Соответственно, при рассмотрении реальных биогеоценозов или экосистем составляются *сети питания*, отражающие пищевые связи всех видов со всеми. Поэтому составить полную *экологическую пирамиду* реального сообщества организмов и отразить в ней все виды довольно сложно.

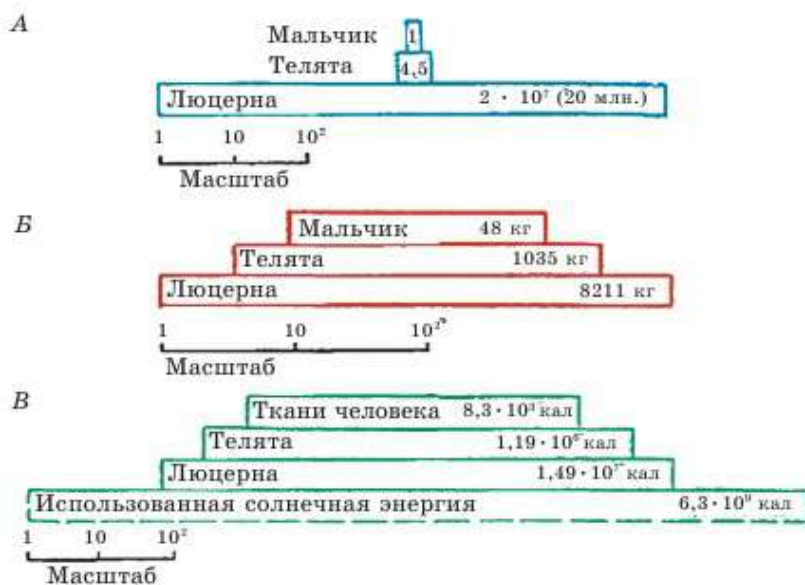


Рис. 7. Пример экологических пирамид: А – пирамида чисел; Б – пирамида биомассы; В – пирамида энергии



Трофический уровень, продуценты, консументы, экологическая пирамида, пирамида чисел, пирамида биомассы, пирамида энергии, цепи питания, правило десяти процентов.



Знание и понимание

1. Дайте определения следующим понятиям: *цепь и сеть питания, пищевая пирамида, экосистема, продуценты, консументы 1-го и 2-го порядка, редуценты, или сапрофиты.*
2. Объясните, почему в среднем на следующей трофический (пищевой) уровень переходит 10% энергии. Куда исчезает остальная энергия (90%)?

Применение

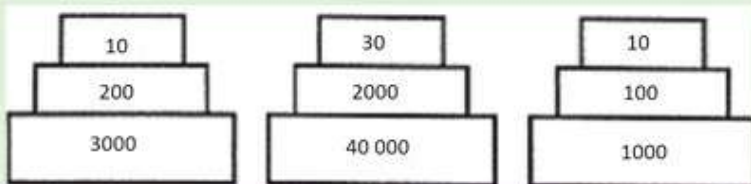
1. Назовите, какие организмы могут находиться на 1-м трофическом уровне в следующих экосистемах: 1) поверхностные воды океана, 2) глубоководные океанические сообщества рифтовых зон, 3) одиночная сосна на горном склоне, 4) смешанный лес, 5) разнотравная степь. Составьте для них пищевые цепи, включающие не более четырех звеньев.
2. Рассчитайте, сколько энергии будет потребляться при переходе с одного трофического уровня на другой, если известно, что лисица, чтобы прибавить в весе на 1 кг, должна съесть 2 зайцев весом по 4,4 кг каждый и не менее 16 мышей весом по 30 г. Рассчитайте эффективность переноса энергии на этих трофических уровнях.

Анализ

1. Изобразите в виде схемы пищевые пирамиды численности, биомассы и энергии любой из экосистем, предложенных в задании 1 «Применение».
2. Выскажите свое мнение о причинах отличий между изображенными пирамидами (рис. 7).

Синтез

1. Рассчитайте, на каком трофическом уровне переход энергии будет более эффективным, а на каком – менее эффективным, если сохраняются и дополняются условия, представленные в задании 2 «Применение». При этом популяция зайцев, чтобы прибавить в весе на 10 кг, должна съесть не менее 120 кг травы, а популяции мышей, чтобы набрать такой же вес, необходимо потребить всего 80 кг зерна и других семян.
2. Рассмотрите рисунок.



Определите, по каким признакам можно отличить графические изображения пирамид численности, биомассы и энергии. В каких единицах измеряются показатели в каждой из них?

Оценка

1. Оцените (используя дополнительные источники информации и данные из задания 1 «Синтез»), в каких экосистемах нашей планеты возможна максимальная, а в каких – минимальная эффективность.
2. Порассуждайте, кто будет терять больше энергии: заяц или мышь, и почему. Какая пища будет более питательной: трава или семена, при исходном одинаковом весе сырой массы – 100 г?

§ 6. Биохимические процессы в биосфере – круговорот веществ

Цель изучения этой темы: составлять схему круговорота азота и углерода в природе..

*Какие вещества называются органическими? Из каких обязательных элементов они состоят? По каким правилам органические вещества могут превращаться друг в друга? Какой элемент, характерный для белков, отсутствует в жирах и углеводах? Почему жизнь нашей планеты называют «углеродной»? Что такое **фотосинтез, почва, перегной**?*



Что нужно повторить для успешного изучения темы? § 2 и § 61, п. 3 – учебник для 7 класса. § 54 – учебник для 8 класса.

Биохимические процессы в биосфере характеризуются непрерывным переходом химических элементов и состоящих из них веществ из одних живых организмов в другие, их взаимообменом с неживой природой. Этот процесс повторяющегося перехода элементов из неживой природы в живые организмы (последовательной миграции между разными телами особей разных видов) и последующего возвращения в неживую природу называется *биогеогенной миграцией атомов, биогеохимическими циклами, или биотическим круговоротом элементов*. Без этого процесса жизнь была бы невозможна. Организмам просто не из чего было бы строить собственные тела. В то же время, если бы элементы только поглощались живым и при этом не возвращались в неживую природу, то вскоре все бы они закончились, и жизнь тоже стала бы невозможной.

Круговорот углерода в природе происходит постоянно, так как это элемент, составляющий структурную основу – каркас всех органических веществ. В современной атмосфере углерод находится в виде углекислого газа – CO_2 . Его количество относительно невелико и составляет в воздухе

0,03% CO_2 . До возникновения фотосинтезирующих живых организмов его было значительно больше – от 5 до 0,5%. Откуда берется углерод в атмосфере? Первичная атмосфера возникла в результате извержения вулканических газов, в которых и сейчас содержится углекислый газ. Вспомните также, что все живые организмы выдыхают углекислый газ при дыхании. При сгорании органического топлива, как и при гниении и брожении, также выделяется углекислый газ.



Следует учесть, что между атмосферой и Мировым океаном происходит постоянный обмен (поглощение и выделение) CO_2 . Но многие морские организмы «фиксируют» углерод, т. е. переводят его в нерастворимое состояние, и как бы «вынимают из круговорота». Так кораллы, моллюски и некоторые раковинные одноклеточные, поглощая углерод из вод океана, накапливают его в виде карбоната кальция (CaCO_3), или известняка, строя свои твердые покровы. Речь о фиксации углерода в виде полезных ископаемых пойдет ниже.

Поглощается CO_2 главным образом в процессе фотосинтеза. Зеленые растения сначала включают углерод из молекулы углекислого газа в состав глюкозы, а затем и в состав любых других органических веществ. Животные получают углерод, входящий в состав растительных белков, жиров и углеводов. Из выделений как растений (опавшие листья), так и животных (навоз), углерод возвращается в атмосферу в процессе гниения. Это происходит и после гибели организмов (рис. 8).



Рис. 8. Круговорот углерода в природе

Круговорот азота сложнее, чем круговорот углерода. Напомним, что азот, как обязательный компонент, входит в состав всех белков и нуклеиновых кислот, но не присутствует в составе жиров и углеводов. Организмов, способных усваивать азот атмосферы, значительно меньше, чем организмов-фотосинтетиков. Количество азота в атмосфере очень велико (примерно 78%). Растения не способны поглощать азот прямо из воздуха! Они могут поглощать содержащие азот соединения – нитраты (NO_3^-) из почвы. Поэтому важнейшей задачей круговорота азота является перевод его из газообразного состояния атмосферы N_2 в состав доступных для растений почвенных соединений! Этот процесс принято называть *фиксацией азота*. Существует два типа *фиксации азота*:

1) **атмосферная фиксация** – при ударах молний часто образуется оксид азота: $\text{N}_2 \rightarrow \text{NO}_2$, который впоследствии окисляется и при взаимодействии с водой образует азотную кислоту HNO_3 , попадающую в почву, а позднее и нитраты (NO_3^-);

2) **биологическая фиксация** происходит с помощью двух основных групп организмов: *клубеньковых бактерий*, образующих симбиоз с корнями *бобовых растений* и фотосинтезирующих цианобактерий (синезеленых водорослей). Они тоже преобразуют азот воздуха в аммиак NH_3 . Эти две группы организмов не единственные способны усваивать азот атмосферы, но именно они играют главную роль, делая азот доступным для всего живого. Так бобовые растения в симбиозе с различными клубеньковыми бактериями способны образовывать в почве от 150 до 400 кг азотистых веществ на 1 га за весенне-летний сезон.

Также часть азотистых соединений попадает в почву с выделяемой животными мочевиной $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ и отмершими частями или телами разных организмов. Их преобразуют *аммонифицирующие* и *нитрифицирующие бактерии*. В результате образуется часть доступных для растений веществ (нитраты NO_3^- и нитриты NO_2^-). Другая же часть гниющей, разлагающейся органики превращается в газообразный азот (N_2) после действия *денитрифицирующих бактерий* и возвращается обратно в атмосферу (рис. 9).

Роль живых организмов в создании почвы огромна. В ее состав входят компоненты разрушенных горных пород и результаты жизнедеятельности живых организмов. То есть условно почву можно разделить на две части. Одна будет состоять только из компонентов неживой природы. А другая никак не смогла бы возникнуть без живых организмов. Это гумус, или перегной, – результат разложения частей или целых тел растений и животных. Именно его количество, в первую очередь, определяет *плодородие почвы*. Следует помнить, что процессы гниения и мине-

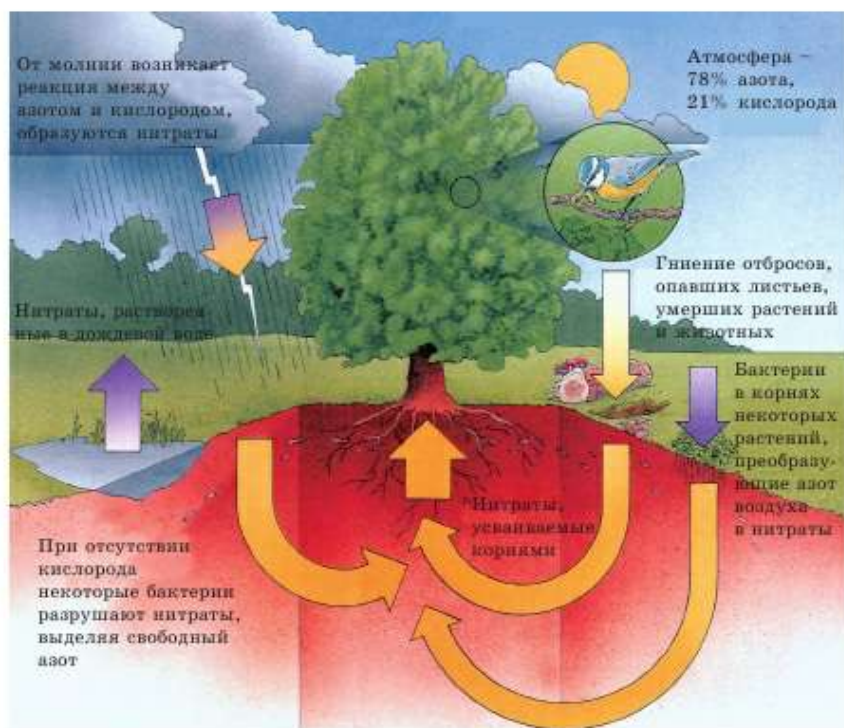


Рис. 9. Круговорот азота

реализации (перевод перегноя в минеральные соли) также осуществляют живые организмы: разнообразные бактерии гниения и иные почвенные бактерии, различные грибы (одноклеточные и многоклеточные), некоторые простейшие (одноклеточные) животные. Все это разнообразие микроскопических организмов называют *почвенной микрофлорой*. Без этих существ процессы образования и сохранения почвы как сложной структуры были бы невозможны. Следовательно, почву надо рассматривать как компонент природы, сформировавшийся за миллионы лет и состоящий из трех групп обязательных компонентов: неорганических (разрушенных горных пород), органических (перегноя или гумуса) и живых организмов, как микроскопических, так и иных (дождевые черви, личинки насекомых, муравьи, корни растений и т. д.).

Роль живых организмов в создании осадочных пород. Как вы помните, осадочные горные породы бывают минеральные и органические. *Минеральные породы* образовались из компонентов неживой природы путем осаждения или кристаллизации твердых частиц из водных растворов.

Органические осадочные горные породы не могли возникнуть без участия живых организмов. Это накопившиеся и преобразованные под воздействием природных условий компоненты тел живых организмов.

Такие горные породы, как *известняк, мел и ракушечник*, – результат накопления углекислого кальция в телах морских животных: раковинках простейших, моллюсков и в наружном скелете коралловых полипов. Есть горная порода, на 50–80% состоящая из панцирей одноклеточных диатомовых водорослей, – *диатомит*.

Нефть и природный газ – результат бескислородного разложения обитателей древних водоемов, похожих на современный планктон. *Каменный уголь* возник в результате накопления, напластовывания и погружения в недра земли древних гигантских папоротников и иных растений лесов того времени. Эти горючие полезные ископаемые возникли в результате фиксации и накопления углерода, сначала попавшего в растения в виде углекислого газа в процессе фотосинтеза, а потом вошедшего в состав органических веществ тел растений или животных (нефть). Процесс их накопления и формирования проходил миллионы лет. При сжигании топлива углерод снова попадает в атмосферу. В настоящее время это происходит слишком быстро – за одну-две сотни лет. Об экологических последствиях этой ситуации речь пойдет в дальнейшем.



Круговорот веществ, биогенная миграция атомов, биогеохимический цикл, биотический круговорот, фиксация того или иного элемента.



Знание и понимание

1. Как вы понимаете термины: *круговорот веществ, биогенная миграция атомов, биогеохимический цикл, биотический круговорот, фиксация того или иного элемента?*
2. Возможно ли формирование почвы и органических горных пород без участия живых организмов? Почему?

Применение

1. Определите связь между круговоротом углерода и процессами фотосинтеза, дыхания, горения, брожения и гниения.
2. Какие организмы могут фиксировать азот, а какие – углерод? Во что они превращают углерод?

Анализ

1. Проанализируйте этапы фиксации углерода.
2. Изобразите в виде схемы процесс фиксации и освобождения азота, обязательно включив в нее следующие компоненты: *молнии, цианобактерии, нитрифицирующие бактерии, бактерии гниения, брожения, нитраты, нитриты, мочевина, аммиак, молекулярный азот, амми-*

ачная селитра, производство азотных удобрений, бобовые растения, клубеньковые бактерии (как симбиотические, так и свободноживущие), атмосфера, гидросфера, почва, животные, растения.

Синтез

1. Напишите эссе: «Путешествие атома углерода (азота)».
2. Дайте общее описание роли живых организмов в круговороте жизненно важных элементов, формировании органических осадочных горных пород и почвы.

Оценка

1. Объясните значение биогенной миграции атомов в природе. Как бы развивалась жизнь, если бы не существовало азотфиксирующих бактерий?
2. Обсудите следующее высказывание ученых: «Используя современный метод определения соотношения изотопного состава $^{12}\text{C}/^{13}\text{C}$, удалось определить, что органический углерод, участвовавший когда-либо в реакциях фотосинтеза, обогащен “легким” изотопом ^{12}C . Проанализировав большое число молекул CO_2 из хаотично взятых проб атмосферы, следует признать, что весь свободный углерод хотя бы однажды побывал в телах живых организмов».

Глава 3. ВЛИЯНИЕ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

§ 7. Влияние добычи и переработки полезных ископаемых на окружающую среду и здоровье человека

Цель изучения этой темы: объяснить влияние добычи и переработки полезных ископаемых на окружающую среду.

Что вы можете сказать о состоянии почв и литосферы в целом, возникшем в результате добычи угля и руды открытым способом? Какие проблемы возможны при транспортировке полезных ископаемых? Каких именно? Можно ли считать все промышленные выбросы результатом переработки полезных ископаемых? Какая новая экологическая проблема возникла в Казахстане в связи с бурным развитием нефтегазовой отрасли? О чем гласит закон сохранения веществ и энергии?



Что нужно повторить для успешного изучения темы? § 5 – учебник для 7 класса; § 60 – учебник для 8 класса.

Влияние добычи полезных ископаемых на окружающую среду уже рассматривалось в предыдущих курсах биологии. Обобщая сказанное, можно выделить несколько пунктов негативного воздействия на природу.

ду, которые возникают при добыче полезных ископаемых. Рассмотрим каждый из них.

1. **Разрушение почвенного слоя и изменение природных ландшафтов** чаще всего возникает при добыче полезных ископаемых открытым способом (рис. 10). Для того чтобы извлекать необходимое минеральное сырье, снимается не только верхний слой почвы, но часто и более глубокие слои подстилающей поверхности. Такие разработки всегда ведутся на значительных площадях, исчисляемых многими десятками, сотнями гектаров, по всей площади залегания ископаемых пластов. Для этого всегда привлекается тяжелая техника. Такой способ добычи считается наиболее дешевым. Глубина разработок тоже сильно варьируется от десятков до сотен метров, в зависимости от объемов месторождений. При этом формируется так называемый «лунный ландшафт». То есть после окончания добычи эта территория не только не пригодна для хозяйственной деятельности, она не сможет самовосстановиться в природных условиях многие тысячи лет. В связи с этим встает вопрос *рекультивации* – восстановления природных комплексов после окончания подобных разработок. Затраты на рекультивационные мероприятия могут превысить прибыль от самих разработок открытым способом.



Рис. 10. Разработка угля открытым способом

2. При шахтной разработке полезных ископаемых возникает иная проблема – **остающиеся пустоты в земной коре**. Данный вопрос не всегда стоит остро. Но при значительных разработках, особенно вблизи населенных пунктов, могут возникать существенные проблемы. В первую очередь оставшиеся пустоты могут вызвать смещение грунтовых пластов, что может привести к обрушениям, обвалам, формированию гигантских оврагов и т. д. Кроме того, опасность возникает при близости подземных вод, связанных с водозаборными сооружениями. В этом случае может измениться гидрологический режим как подземных, так и поверхностных водоемов. Часто ухудшается и качество воды, используемой человеком. Причины могут заключаться и в том, что вещества, используемые при разработке, попадают в грунтовые воды и в системы водоснабжения. Это уже следующая проблема.

3. **Загрязнение окружающей среды побочными соединениями** как природными, так и используемыми при разработке ископаемых. Так

в Западном Казахстане при добыче нефти и газа в окружающую среду попадают солевые растворы, оксиды серы, азота, углерода.

Возможно, вы слышали, что при разработке нефти сотни лет сжигался сопутствующий природный газ. Факелы были обязательной частью нефтеразработок. И хотя сейчас технологии совершенствуются с целью максимального использования полезных ресурсов, полностью проблема не решена. Современные способы разработки так называемой сланцевой нефти предполагают попадание в недра специальных растворов, которые потом часто контактируют с грунтовыми водами, отравляя их.

4. Еще одна проблема – это *«вытаскивание» на поверхность вредных элементов*, например радиоактивных. При обогащении любой руды часть ее «теряется» среди отходов производства. До того, как человек не начал разработку, все эти элементы на поверхности не находились. Следовательно, в природе за долгий период эволюции не было механизмов защиты от загрязнения этими веществами и их утилизации. Поэтому задача добывающей промышленности – максимально исключить загрязнение окружающей среды извлекаемыми ископаемыми.

5. *Аварии при добыче и транспортировке полезных ископаемых.* Это еще одна проблема, последствия которой возникают не в ходе производства, а в результате аварийных ситуаций. Несмотря на все меры предосторожности, периодически происходит разлив нефтепродуктов в результате аварий на транспорте, разрывах газо- и нефтепроводов и т. д. Одной из крупнейших экологических катастроф XXI в. стала авария на нефтяной платформе в Мексиканском заливе в 2010 г. (рис. 11).



Рис. 11. Взрыв и пожар на нефтяной платформе Deepwater Horizon, произошедший 20 апреля 2010 г. в 80 км от побережья штата Луизиана в Мексиканском заливе на месторождении Макондо

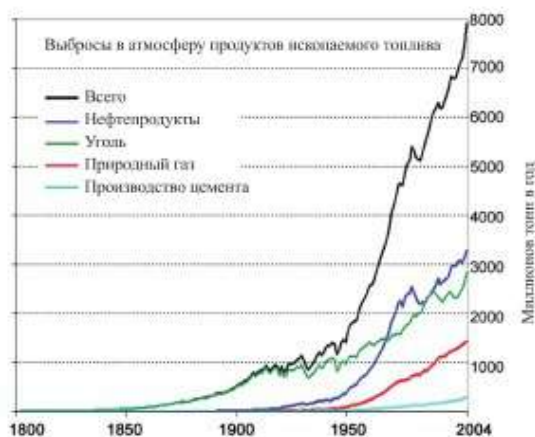


Рис. 12. Влияние переработки полезных ископаемых на окружающую среду

Влияние переработки полезных ископаемых на окружающую среду. Для чего человек извлекает полезные ископаемые? Чтобы их использовать и получить из них что-то нужное и полезное. После использования извлеченные вещества не исчезают с планеты Земля. Они возвращаются в окружающую среду в химически или физически измененном состоянии (рис. 12). Так, при сжигании топлива – газа, угля, нефтепродуктов – в атмосферу поступают продукты горения – углекислый газ и зола (твердые частицы). Количество выбросов с каждым годом увеличивается.



Рис. 13. Свалка автомобилей

При любом производстве существуют так называемые *производственные*, или *технологические, отходы* (рис. 13). И хотя современная промышленность идет по пути расширения *безотходных технологий*, только небольшой процент производств являются полностью безотходными.

Наконец, любая готовая продукция после использования человеком превращается в *бытовой мусор*, т. е. те же отходы, возникающие не вследствие промышленного производства или добычи полезных ископаемых, а уже после их полного использования человеком. Так можно сказать, что весь металлолом на Земле – это результат полного использования железной руды, добытой в качестве полезного ископаемого.

Негативные последствия добычи и переработки полезных ископаемых для здоровья человека. Следует отметить, что загрязнение – это постоянный процесс. Пока человечество не обладает научным и техническим потенциалом, способным не только полностью исключить процесс загрязнения, но даже серьезно его уменьшить. Конечно, современные научные разработки в области технологий стремятся к 1) уменьшению количества вредных выбросов, 2) созданию новых материалов, которые смогут разлагаться в природной среде без негативных последствий, 3) селекции организмов-деструкторов, способных уничтожить вредные отходы. Но пока проблема загрязнения не решена, учеными разработаны определенные стандарты – нормы ПДК (предельно допустимая концентрация). Это научно обоснованное количество веществ, которое считается безопасным для здоровья человека. Превышение ПДК какого-либо вещества приведет к отрицательным последствиям. Именно поэтому нормы ПДК контролируются соответствующими государственными органами. В случае нарушения норм ПДК каким-либо предприятием на него налагают штраф или вовсе закрывают. При техногенных и природных ката-

строфах, связанных с выбросами вредных веществ, именно превышение норм ПДК определяет, будет ли вводиться режим ЧС и т. д.

Поэтому задача человечества – полностью исключить негативные последствия добычи, транспортировки, переработки и использования полезных ископаемых.



Природный ландшафт, рекультивация, разработка полезных ископаемых, радиоактивные элементы, производственные, или технологические, отходы.



Знание и понимание

1. Объясните, почему важно совершенствовать технологии добычи, транспортировки и переработки полезных ископаемых.
2. Как вы понимаете, что такое ПДК? Чем чревато превышение ее норм?

Применение

1. Определите связь между негативными последствиями от добычи полезных ископаемых и их воздействием на качество жизни людей на прилегающих территориях.
2. Опишите, каким образом отрицательные продукты переработки полезных ископаемых воздействуют на окружающую среду.

Анализ

1. Изобразите в виде схемы все негативные последствия добычи, транспортировки, переработки и использования полезных ископаемых.
2. Докажите на примерах (мира или Казахстана), что необходимо бороться с негативными последствиями добычи, транспортировки, переработки и использования полезных ископаемых.

Синтез

1. Порассуждайте, какие меры нужно предпринять, чтобы минимизировать или полностью исключить последствия добычи, транспортировки, переработки и использования полезных ископаемых.
2. Смоделируйте ситуацию: «В ближайшем будущем вред и польза от добычи и использования полезных ископаемых уравновесят друг друга. Каковы возможные пути развития человеческой цивилизации?».

Оценка

1. Напишите реферат о самых крупных техногенных катастрофах, связанных с добычей, транспортировкой, переработкой и использованием полезных ископаемых за последние 20 лет.
2. Организуйте дебаты по формату К. Поппера.

Резолюция УТВЕРЖДЕНИЯ: «Добыча (транспортировка, переработка и использование) полезных ископаемых приносит больше пользы, чем вреда».

Резолюция ОПРОВЕРЖЕНИЯ: «Добыча (транспортировка, переработка и использование) полезных ископаемых приносит больше вреда, чем пользы».

§ 8. Воздействие пестицидов на окружающую среду и здоровье человека

Цель изучения этой темы: объяснить последствия влияния пестицидов на окружающую среду и здоровье человека.

*Что такое **патогенные бактерии**? Что такое **дезинфекция помещений**, и для чего ее проводят? Что такое **паразитизм**? Что вы знаете о пестицидах? Какие организмы могут снижать урожайность и угрожать сельскохозяйственным растениям?*



Что нужно повторить для успешного изучения темы? § 62 – учебник для 7 класса; § 58 – учебник для 8 класса.

Пестициды и их типы. *Пестициды* – это специально разработанные химические вещества, которые в основном применяют для защиты сельскохозяйственных растений.



Значительно реже пестициды используют для защиты лесов, продуктов или человека. Так, на некоторых территориях Казахстана ведется обработка пастбищ и домашнего скота от клещей, являющихся переносчиками инфекций.

Потери урожая растений разных культур из-за вредителей могут в среднем составлять от 30% до 50%. Это исключая нашествия саранчи, когда весь урожай может быть потерян. Так как организмы – губители культурных растений разнообразны, то различаются и пестициды. По типу объектов, которые пестициды должны уничтожить, их делят на три группы (рис. 14). Пестициды, направленные на уничтожение других растений – сорняков, называют *гербицидами*. Пестициды, направленные на уничтожение членистоногих, в основном насекомых, а также и некоторых клещей и пауков, называют *инсектицидами*. Пестициды, направ-



Рис. 14. Классификация пестицидов

ленные на уничтожение грибов – паразитов растений (и некоторых бактерий), называют *фунгицидами*.



На небольших площадях, в теплицах и садах пестициды чаще всего распыляются вручную. На значительных площадях обработку полей ведут с небольших легкомоторных самолетов. Но иногда пестициды добавляются в воду водоемов. Вторым способом пользуются, когда необходимо уничтожить, например, личинок малярийных комаров, являющихся переносчиками малярии. Взрослых насекомых уничтожают, распыляя инсектициды в помещениях.

Действие пестицидов можно рассматривать как прямое отравление организмов, против которых они применяются. Причем, одни виды пестицидов вызывают гибель самих взрослых особей, а другие способны прекращать рост или снижать шансы на размножение.

Следует помнить, что ни один тип пестицидов не вызывает гибель всех особей того вида, против которого он направлен. Индивидуальная изменчивость организмов столь высока, что практически нет видов, для которых тот или иной пестицид был бы губителен на 100%. По этому принципу выделяют первое свойство пестицида – *токсичность*. Это один из трех важнейших показателей его качества. Если в лабораторных условиях под воздействием пестицида гибнет около половины особей, то его летальность измеряется как 50%. Следует отметить, что пестициды с летальностью ниже 50% применяются редко, так как считаются неэффективными. В то же время реальная гибель организмов, против которых направлено действие пестицидов, обычно выше, чем в лабораторных условиях. Это происходит потому, что в природе, кроме пестицидов, на виды действует большое количество *пессимальных факторов*: бескормица, конкуренция, недостаток микроэлементов и (или) воды, наличие хищников и паразитов и т. д. Кроме того, в условиях лаборатории можно строго измерить количество примененных пестицидов. В полевых же условиях часто происходит превышение заявленной дозы, так как невозможно равномерно распределить ядовитые агенты по всей территории.



После применения пестицидов почти всегда остается какой-то процент живых особей. Именно из них легко формируются следующие поколения – популяции, не восприимчивые к действию данного яда. Это «новое поколение», устойчивое к действию пестицидов, оказывается прямыми потомками тех, кто выжил после обработки. Их выжившие родители обладали индивидуальными генетическими особенностями невосприимчивости к данному виду химикатов.

Второе важнейшее свойство пестицидов – *специфичность* – способность поражать только строго определенные «организмы-мишени», не уничтожая другие виды. Это очень важное свойство, так как, уничтожая сорняки гербицидами, необходимо сохранить культурные растения.

Ученым удалось вывести гербициды, избирательно действующие на однодольные и двудольные растения. Например, опыляя поля злаков, можно направленно уничтожать васильки (семейство сложноцветных), препятствующие росту пшеницы. И наоборот, на полях незлаковых культур, например хлопчатника, уничтожать агрессивные однодольные сорняки (пырей, ячмень заячий, костровые и др.).

Среди инсектицидов есть воздействующие на одни отряды насекомых, но безвредные или почти безвредные для других отрядов. Один из самых широко применявшихся в 40–70-х годах XX в. препарат ДДТ обладал широким спектром действия.



Так, в США применение ДДТ против гусениц репной и капустной белянки сначала давало хорошие результаты. Но после нескольких применений численность вредителей резко возросла. Оказывается, яд привел к гибели видов хищников, питающихся этими вредителями. Погибли пауки-сенокосцы и жуки-жужелицы. В результате численность вредителей резко возросла.

Третье важное свойство пестицидов – *стойкость* – способность не разрушаться и накапливаться в окружающей среде. Некоторые препараты в больших количествах накапливаются в почве, другие – в сточной воде, третьи – в донных илах и т. д. Особенно опасны пестициды, способные накапливаться в живых организмах. Однако для многих производителей высокая стойкость пестицидов рассматривается как положительное качество. За счет их накопления в окружающей среде можно серьезно экономить на обработке полей, вносить ежегодно уменьшающиеся дозы ядохимикатов и получать эффект (гибель вредителей).



Высокие концентрации ДДТ были обнаружены в печени белых медведей и пингвинов, хотя на Северном и Южном полюсах этот пестицид никогда не применялся. Это явление объясняется стойкостью ДДТ. После обработки полей частицы данного пестицида попадали в сточную воду и почву, а с дождевой и талой водой из рек в океан, потом в тела планктонных организмов. При поедании планктона ДДТ накапливался в телах рыб, как растительноядных, так и хищников. Как вы знаете, рыбой, как основным кормом, питаются белые медведи, а пингины – почти исключительно рыбой.

Экологические последствия применения пестицидов. Применение пестицидов приводит к загрязнению окружающей среды.



Ученые-экологи отмечают, что надо рассматривать *два действия пестицидов*. Так называемое *прямое*, или непосредственное, *действие* заключается в уничтожении организмов-вредителей, против которых оно и было направлено. Но также важно учитывать и *непрямое*, или опосредованное, *действие пестицидов*. Это воздействие (гибель или отравление) на все те группы организмов, против которых оно не было предусмотрено. Иногда такому воздействию пестицидов подвергается и сам человек, потребляющий обработанные продукты или растения.

Чаще всего отрицательному опосредованному действию пестицидов подвергаются виды, включенные в пищевые цепи. Поедая организмы, на которые непосредственно воздействовали пестицидами, их потребители получают более высокие дозы отравлений, так как накапливают яды в своих телах. В результате воздействию подвергается большое число взаимосвязанных видов, вплоть до деструкторов (падальщиков, или редуцентов).

Также опасно накопление пестицидов в неживой природе – в грунтовых водах или почве. Учитывая, что данные отравляющие вещества могут обладать высокой стойкостью, их систематическое применение легко может привести к накоплению дозы, превышающей ПДК, и прямому отравлению разнообразных организмов на этих территориях.



Пестициды, гербициды, инсектициды, фунгициды, пессимальные факторы, редуценты.



Знание и понимание

1. Что такое *пестициды*? Для чего их изобретают и применяют?
2. Охарактеризуйте виды пестицидов в зависимости от того, против каких организмов они могут быть направлены.

Применение

1. Определите связь между свойствами пестицидов и выгодой их применения.
2. Назовите причины, по которым отдаются предпочтения тем или иным видам пестицидов.

Анализ

1. Проанализируйте этапы перехода молекул пестицидов по трофическим уровням, если предположить, что при их применении первыми организмами были растения, вторыми – насекомые-паразиты, питающиеся растениями. Учтите, что данные вещества не разрушались в телах растений и при вспашке земель попадали в почву вместе с неиспользуемыми частями растений (ботвой, корнями и т. д.).
2. Выскажите свое мнение о причинах неэффективности применения пестицидов.

Синтез

1. Порассуждайте, почему при применении ДДТ часто происходит парадоксальная вещь: первое применение эффективно и ведет к массовой гибели вредителей. Однако после последующих применений численность вредителей резко возрастает.
2. Оцените реальную ситуацию. В США применение ДДТ против мелких кровососущих насекомых – мокрецов на озере Клар-Лейк привело к тому, что после первой и второй обработок погибло 99% организмов-мишеней. Третья обработка вообще не дала результата, но полностью погибла популяция чомги – рыбацкой птицы. Ниже приводятся данные по концентрации ДДТ на разных пищевых уровнях.



Оценка

1. Напишите реферат о применении биологических мер борьбы с вредителями, в том числе генно-модифицированных организмов как альтернативу применению пестицидам.
2. Оцените экономические и экологические последствия: 1) отказа от пестицидов; 2) применения генно-модифицированного картофеля с генами беладонны; 3) разведения насекомых – естественных врагов капустной и репной белянки.

§ 9. Парниковый эффект, истощение озонового слоя, их последствия

Цель изучения этой темы: объяснить влияние парникового эффекта на живые организмы; объяснить причины и последствия разрушения озонового слоя.

*Какой газ выделяется в атмосферу в ходе фотосинтеза? Что такое **озон**? Как он образуется в природе? Какой газ выделяется в атмосферу в ходе горения, дыхания, брожения и гниения? Каков его процент в современной атмосфере? Что такое **парник**?*



Что нужно повторить для успешного изучения темы? § 62 – учебник для 7 класса; § 58 – учебник для 8 класса.

Глобальная экология – это один из разделов науки, изучающий состояние и взаимодействие живых организмов и окружающей среды на планете в целом. Глобальные экологи ведут различные исследования в направлении отслеживания и прогнозирования изменений, характерных для *всей нашей Земли*. То есть эти изменения не касаются какого-либо отдельного региона, страны, континента или океана, а являются всеобщими.

Одним из направлений работы специалистов в области глобальной экологии являются наблюдения за погодой и климатом. Цель этой деятельности – выявление и прогнозирование возможных изменений как глобального планетарного климата, так и состояния отдельных крупных регионов.



Существует несколько международных центров, аккумулирующих информацию о наблюдении за погодой под эгидой Всемирной метеорологической организации (ВМО). В настоящее время полученные данные обобщены группой экспертов ГСНК (Глобальная система наблюдений за климатом). Данная организация совместно финансируется программой ВМО, Межправительственной океанографической комиссией (МОК) Организации Объединенных Наций по вопросам образования, науки и культуры (ЮНЕСКО), Программой ООН по окружающей среде (ЮНЕП) и Международным советом по науке (МСН).

Парниковый эффект – одна из глобальных экологических проблем, связанная с загрязнением атмосферы углекислым газом и другими выбросами (рис. 15).

Если количество молекул CO_2 и других выбросов в атмосфере увеличивается, тепло, приходящее от Солнца, нагревает поверхность Земли, а уйти обратно в космос целиком не может. Его задерживают молекулы углекислого газа. То есть планета получает больше тепла, чем отдает наружу. Это и есть основной механизм парникового эффекта. Так работают парники и наша климатическая система, если атмосфера загрязняется.

Таким образом, любое увеличение концентрации углекислого газа в атмосфере приводит к большему потеплению, чем было до ее загрязнения.

Почему углекислый газ накапливается в атмосфере? Многие экологи считают, что главный виновник этого процесса – человек, а конкретно

Парниковые газы

Диоксид углерода



CO_2

Метан



CH_4

Закись азота



N_2O

Хлорфторуглероды

Гексафторид серы



SF_6

Гидрофторуглероды



HFCs

Перфторуглероды



PFCs

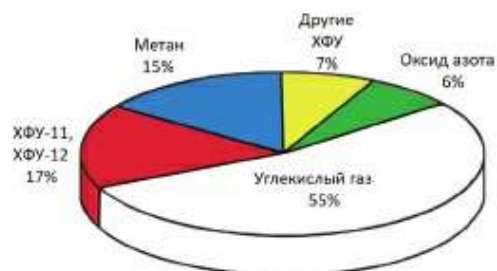


Рис. 15. Парниковые газы и хлорфторуглероды, доля их содержания в атмосфере при парниковом эффекте

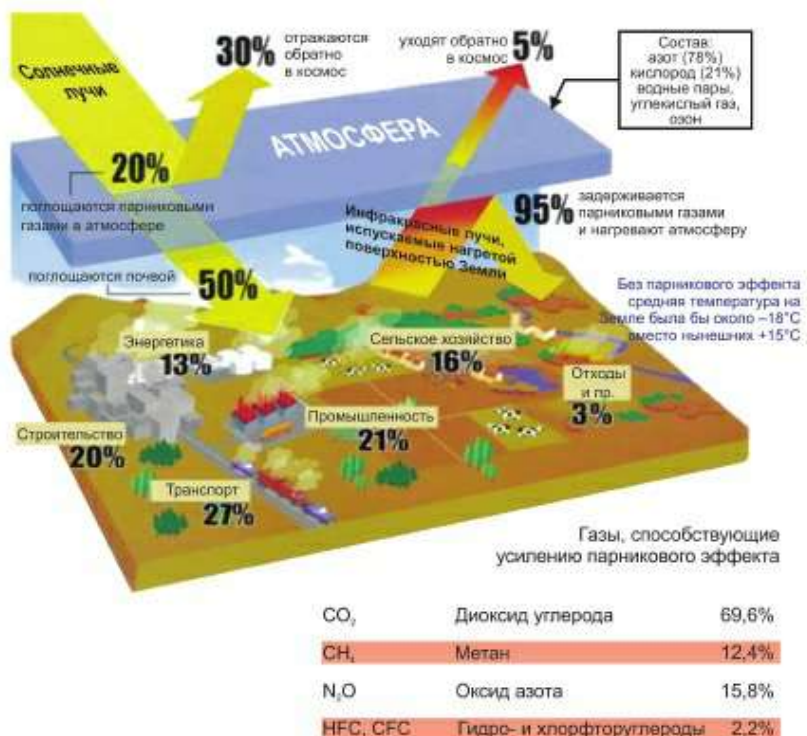


Рис. 16. Схематическое изображение влияния выбросов в результате хозяйственной деятельности человека на усиление парникового эффекта

выбросы в результате хозяйственной деятельности. Это и сжигание топлива (ТЭЦ, авиа-, железнодорожный и автомобильный транспорт и т. д.), и выбросы металлургических и других предприятий, и отходы сельскохозяйственного производства (особенно животноводства) и т. д. (рис. 16).

Специалистами в области глобальной экологии сегодня считаются неоспоримо доказанными три положения:

1. Климат теплеет, средняя глобальная температура у поверхности Земли растет.
2. Глобальное потепление связано с увеличением объема парниковых газов в атмосфере, прежде всего CO_2 .
3. Существенную роль в этих изменениях играет человек и его хозяйственная деятельность.

Истощение озонового слоя атмосферы – еще одна глобальная проблема, стоящая перед человечеством. Как вы помните, наша атмосфера получила кислород благодаря фотосинтезу. Часть кислорода в природе

постоянно преобразуется в озон. Это происходит в высоких слоях атмосферы под действием ультрафиолетового излучения или в более низких слоях в результате разрядов молний: $O_2 \rightarrow O_3$. Озон накапливается в верхних слоях атмосферы примерно на высоте от 15–20 до 50 км.

Роль озона крайне важна для сохранения жизни на Земле. Напомним, что без него вся радиация от Солнца достигнет поверхности нашей планеты. Это излучение будет настолько мощным, что просто убьет все живое. В этом случае жизнь сохранится только в воде. Но и здесь, особенно в поверхностных слоях, излучение может стать смертельным для многих организмов. Те, кто сможет выжить, подвергнутся сильнейшим мутациям, так как ДНК организмов не выдержит такие дозы излучения и повредится.

Почему же озоновый экран начал разрушаться? В природе часть озона разрушается естественным образом. Некоторое его количество исчезает в космическом пространстве. Но образующегося вновь озона до недавнего времени хватало. Слой озона оставался надежным щитом против солнечной радиации – ультрафиолетового излучения. В настоящее время основными причинами разрушения озонового экрана являются использование газа *фреона*, а также запуск космических кораблей.

Последствия парникового эффекта и разрушения озонового слоя, их влияние на живые организмы должны рассматриваться совместно по двум причинам. Во-первых, вещества, причастные к разрушению озона, также являются газами, вызывающими парниковый эффект. Это ХФУ – *хлорфторуглероды* (см. рис. 15). Во-вторых, одной из причин разрушения озона может быть переохлаждение верхних слоев атмосферы из-за перегрева нижних слоев. В этом случае в местах образования и концентрации озона формируются так называемые «ледяные облака», и озоновый слой не может там сохраниться.

Последствия разрушения озонового слоя для живых организмов могут быть катастрофичными:

1. Поверхность суши станет непригодна для жизни любых живых организмов, даже для прокариот. Жизнь сохранится только в океане.

2. При усилении парникового эффекта, как и при разрушении озонового слоя, в Антарктиде и Арктике произойдет таяние ледников. Это приведет к значительному сокращению суши и гибели наземных и почвенных организмов.



Причина в том, что невозможно предусмотреть влияние всех факторов. Так, например, известно, что океан и ледники играют важнейшую роль как стабилизаторы температуры атмосферы. То есть температура воздуха более подвержена изменениям. Но если в результате потепления атмосферы потеплеет и океан, атмосфера начнет нагреваться с гораздо большей скоростью.



Всемирная метеорологическая организация (ВМО), парниковый эффект, озон, фреон.



Знание

1. Объясните, для чего нужно изучать изменения климата, происходящие на нашей планете.
2. Что такое *парниковый эффект*? Почему его так называют?

Применение

1. Определите связь между содержанием CO_2 и ХФУ в атмосфере, разрушением O_3 , возникновением парникового эффекта и глобальным потеплением.
2. Какие практические мероприятия может предпринять каждый житель Земли, чтобы содействовать решению описанных проблем? А вы лично?

Анализ

1. Проанализируйте причины и последствия уменьшения и исчезновения озонового слоя Земли.
2. Изобразите в виде схемы факторы, связанные с возникновением парникового эффекта и его последствиями.

Синтез

1. Как взаимосвязаны озоновые дыры и парниковый эффект? В чем сходство и различия между последствиями этих двух глобальных проблем человечества?
2. Смоделируйте ситуацию. Все страны мира отказались от производства и использования фреонов и ХФУ, подписали и стали соблюдать международные соглашения по борьбе с глобальным потеплением, стали использовать экологически чистые источники энергии и занялись сохранением и производством озона.

Оценка

1. Напишите реферат о «Киотском протоколе» 2005 г.; аргументах, по которым США с приходом президента Д. Трампа в одностороннем порядке вышли из Международного соглашения по климату; обсудите, удастся ли человечеству решить описанные в данном параграфе проблемы.
2. Оцените одну из высказанных разными исследователями точек зрения.
 - 1) Нам неизвестно, что наступит через 20 лет – глобальное потепление или глобальное похолодание.
 - 2) Еще нецивилизованное человечество изменило климат Австралии в сторону опустынивания, используя подсечно-огневую охоту и земледелие.
 - 3) Развитие промышленности и сжигание большого количества топлива предотвратило наступление очередного ледникового периода на планете.
 - 4) С увеличением CO_2 в атмосфере растительность будет лучше развиваться.
 - 5) Последствия глобального потепления для одних стран могут быть негативными, а для других – позитивными.

Глава 4. ПИТАНИЕ

§ 10. Процесс пищеварения и роль ферментов в нем

Цель изучения этой темы: описать в деталях процессы пищеварения у человека; установить взаимосвязь между органическим веществом и соответствующим ферментом в процессе переваривания пищи.

Как организм человека получает и использует органические вещества? Как связаны дыхание и пищеварение? Сколько энергии получает наш организм при распаде 1 г белков, жиров и углеводов? Из каких компонентов состоят белки, жиры и углеводы? Назовите органы пищеварительного тракта человека. Какие структуры находятся в ротовой полости, для чего они нужны? В каком отделе пищеварительной системы происходит основной процесс всасывания в кровь переваренных органических веществ? Какие вещества не перевариваются в органах пищеварения, в каком отделе они попадают в кровь?



Что нужно повторить для успешного изучения темы? § 14 и 24 – учебник для 7 класса; § 3–5, 11–12 – учебник для 8 класса.

Пищеварение у человека, как и у большинства высокоорганизованных животных, включает в себя три процесса: физический (измельчение пищи), химический (переваривание пищи под действием пищеварительных соков) и физиологический (всасывание питательных веществ в кровь). Два последних процесса называют *секрецией* и *абсорбцией*. **Пищеварение** – это усвоение организмом питательных веществ, процесс, в результате которого белки, жиры и углеводы пищи превращаются в вещества, способные попасть в кровь и разноситься по клеткам нашего организма. То есть его можно разделить на переваривание питательных веществ и их адсорбцию – всасывание в кровь. Переваривание включает в себя *механическую* (пережевывание) и *химическую* (разложение под действием специальных пищеварительных ферментов) *обработку пищи*. Что же такое *ферменты*? Это особые белки-катализаторы, которые могут в сотни и тысячи раз ускорять химические реакции. Причем многие реакции без ферментов вообще не будут происходить. *Пищеварительные ферменты* – это белки, ускоряющие реакции разложения пищи, т. е. переваривание органических веществ. Вспомните роль *лизосом* в клетке. Лизосомы заполнены ферментами, способными разлагать, разрушать, переваривать различные вещества.

Всасывание, или *адсорбция*, – это физиологический процесс прохождения мелких молекул органических веществ, образовавшихся в ходе переваривания, через клетки кишечника в кровь и лимфу (рис. 17).

Органы пищеварения делятся на две большие группы: *пищеварительный тракт* и *пищеварительные железы*. Как вы помните, первый

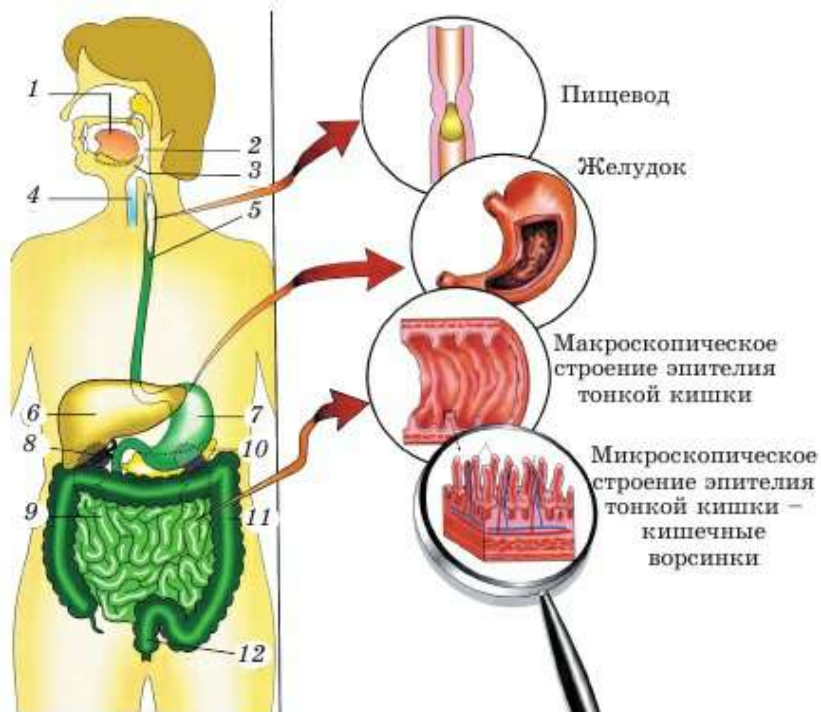


Рис. 17. Переваривание и всасывание пищи:

1 – язык; 2 – глотка; 3 – надгортанник; 4 – трахея; 5 – пищевод; 6 – печень;
7 – желудок; 8 – 12-перстная кишка; 9 – тонкий кишечник;
10 – поджелудочная железа; 11 – толстая кишка; 12 – прямая кишка

отдел пищеварительного тракта – ротовая полость. Во рту: 1) пища измельчается с помощью зубов (переваривается), 2) пища смачивается слюной, 3) уничтожаются некоторые бактерии, 4) определяется вкус и температура пищи. Но самое главное – здесь разлагаются углеводы! Это происходит под действием основного фермента слюны *амилазы*, которая разлагает крахмал до глюкозы. Фермент мальтаза катализирует разложение солодового сахара – мальтозы. А под действием вещества *лизоцима* уничтожаются некоторые вредные бактерии.

Глотка и пищевод – полые органы с хорошо развитым мышечным слоем, проводят пищу из ротовой полости в желудок.



Глотка – общий отдел дыхательной и пищеварительной системы. На входе в гортань находится хрящ – надгортанник, который не позволяет пище туда попасть (подавиться). В верхней трети пищевода (как и в глотке) расположены поперечно-полосатые мышцы. Их сокращения особенно важны при продвижении крупных твердых кусков пищи. Внутренний эпителиальный слой пищевода выделяет слизь, не содержащую ферментов, но облегчающую скольжение – продвижение пищи.

Желудок – расширение пищевого канала. Его особенность – растяжимость. Достигается она за счет складок в слизистой оболочке. Стенки желудка содержат три слоя гладких мышц, что обеспечивает сокращение во всех направлениях и перемешивание пищи с желудочным соком. В эпителии находится множество одноклеточных желез, выделяющих *желудочный сок* (до 2 л в сутки). В его состав входят *слизь* (защита от самопереваривания), фермент *пепсин* (разложение белков до аминокислот), *соляная кислота* (для активации пепсина).

Из желудка пища попадает в первый отдел тонкого кишечника – двенадцатиперстную кишку. В нее открываются протоки печени и поджелудочной железы. Печень выделяет желчь. Как она участвует в превращении, мы рассмотрим в следующих параграфах. Поджелудочная железа (лат. *pancreas*) выделяет в кишечник пищеварительный панкреатический сок, который содержит несколько ферментов. Главный фермент панкреатического сока – *липаза*. Она расщепляет жиры до глицерина и жирных кислот. Кроме нее есть фермент *трипсин*, допереваривающий белки, и *амилаза*, допереваривающая углеводы. Следует помнить, что без желчи липаза «не работает».

Остальные отделы тонкого кишечника всасывают переваренные вещества в кровь и лимфу через микроскопические выросты – *кишечные ворсинки*. Результаты расщепления белков и углеводов – аминокислоты и глюкоза – всасываются в кровь. А вот глицерин и жирные кислоты, образовавшиеся при переваривании жиров, попадают в лимфу, преобразуются и ею транспортируются.

В толстом кишечнике в кровь всасываются вода, витамины и минеральные соли, которые не переварились. Кроме того, здесь разлагается растительная клетчатка под влиянием симбиотических бактерий – *кишечной палочки*. Непереваренные остатки пищи выводятся из организма через последний отдел толстого кишечника – *прямую кишку*.

На границе между толстой и тонкой кишкой находится слепой вырост – *апендикс*.

Действие основных пищеварительных ферментов можно изобразить в виде схемы:

амилаза
Углеводы (крахмал) → глюкоза.
пепсин
Белки → аминокислоты.
липаза, трипсин
Жиры → глицерин и жирные кислоты.



Пищеварительные ферменты, секреция, абсорбция, адсорбция, амилаза, лизоцим, пепсин, липаза, трипсин, крахмал, панкреатин.



Знание и понимание

1. Объясните, когда, где и как происходит всасывание питательных веществ в кровь и лимфу.
2. Объясните, где и как перевариваются белки, жиры и углеводы.

Применение

1. Опишите функции липазы, пепсина и амилазы, трипсина, лизоцима.
2. Определите связь между отделом пищеварительного канала и его функциями; пищеварительной железой и ее ферментами.

Анализ

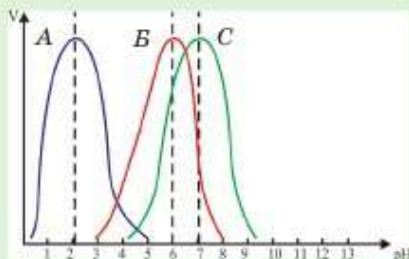
1. Проанализируйте все этапы и процессы, происходящие с пищей: химические, физические и физиологические.
2. Покажите разницу между секрецией и адсорбцией. Проанализируйте и установите зависимость между ними, органами пищеварения и типом воздействия на пищу: механическим (физическим), химическим (ферментативным) и физиологическим.

Синтез

1. Составьте схему «Преобразование веществ в органах пищеварения».
2. Установите взаимосвязь между отделом пищеварительного канала, его кислотностью, железой, ферментом и преобразованием питательных веществ.

Оценка

1. Оцените представленный график зависимости активности ферментов от кислотности среды. Можно ли определить, где какой фермент, если предположить, что на графике изображены пепсин, трипсин и амилаза? Какие выводы можно сделать на основании данного графика?
2. Оцените значение мутации, в результате которой у человека появился бы пищеварительный фермент, способный с легкостью превращать целлюлозу в глюкозу.



§ 11. Механизм действия ферментов

Цель изучения этой темы: изучить механизм действия ферментов.

Какие реакции в химии называются каталитическими? Как и почему организм травоядных может усваивать растительную пищу? Почему организм хищников к этому не способен? Откуда берутся белки в наших клетках и организме, в том числе и белки-ферменты?



Что нужно повторить для успешного изучения темы? Материал по химии о катализаторах.

Механизмы работы катализаторов. Вспомним из курса химии: *катализаторы* – это вещества, ускоряющие химические реакции, но не расходующиеся в ходе этих реакций. В популярной литературе можно встретить такое определение: *катализаторы* – это вещества, ускоряющие химические реакции, но сами в них не участвующие. Это определение верно, только если рассматривать конечные результаты химической реакции. То есть в конце реакции количество катализатора будет таким же, как и до вступления в реакцию. Произойдет химическое изменение других веществ (их соединение или разложение), но количество катализатора не изменится. Что такое *химическая реакция*? Это взаимодействие веществ, в результате которого появляются новые вещества. Если обозначить какие-либо вещества латинскими буквами, то реакция соединения будет выглядеть так: $A+B \rightarrow AB$, реакция замещения: $AB+CE \rightarrow AC+BE$, а реакция разложения: $AB \rightarrow A+B$.

Вещества, вступающие в химическую реакцию, называются *реагентами*, а вещества, образующиеся в результате, – ее *продуктами*. В химии, да и в физике, важнейшими показателями являются *скорость* и *равновесие* химической реакции. *Равновесие* – это химическое понятие, характерное для *обратимых химических реакций*. Оно показывает соотношение между количеством реагентов и продуктов реакции, образующимися в каждую единицу времени: $A+B \rightleftharpoons AB$. Часто катализаторы увеличивают именно скорость одной из реакций, сдвигая ее равновесие в ту или иную сторону.

Катализ – это увеличение скорости химической реакции в присутствии катализатора. Часто катализаторы способны повышать скорость преобразования химических веществ в десятки, сотни и, вероятно, в тысячи раз! Как же это происходит? Сначала катализатор вступает в реакцию с одним из веществ, после чего эта временная химическая структура взаимодействует с другим веществом. Молекулы реагентов, начавшие взаимодействовать друг с другом, как бы «отпускают» молекулы катализатора, который вытесняется из реакции и в конце остается неизменным. Если обозначить катализатор буквой **K**, то его роль можно отразить в виде следующей схемы: $A + K = AK$; $AK + B = AB + K$.

Причем, если эта реакция *каталитическая*, взаимодействие веществ **A** и **B** либо вообще не происходит (!), либо происходит так медленно, что результаты этой реакции не обнаруживаются обычными способами.

Механизм действия ферментов. Как вы помните, *ферменты* – это биологические катализаторы. Как работают ферменты? Их участие в хи-

мических реакциях ничем принципиально не отличается от роли любых других катализаторов. То есть ферменты действуют так же, как и другие катализаторы, и реакцию $A + K = AK$; $AK + B = AB + K$ можно представить как $A + \Phi_k = A\Phi_k$; $A\Phi_k + B = AB + \Phi_k$, обозначив фермент-катализатор произвольным символом – Φ_k .

Что еще есть общего в механизмах действия обычных неорганических катализаторов и ферментов?

- 1) Огромное количество реакций может быть ускорено с помощью ферментов. Так, по мнению ученых-химиков, изучающих катализ, «научно-технический опыт показывает, что для любой реакции можно подобрать катализатор».
- 2) Скорость каталитических реакций зависит также от других условий: температуры, давления, концентрации вещества, площади их соприкосновения и т. д.
- 3) Ферменты, как и катализаторы, участвующие в обратимых реакциях, не просто повышают их скорость, а существенно сдвигают равновесие в сторону повышения количества результатов – *продуктов* реакции, а не их исходных *реагентов*.

Теперь рассмотрим некоторые важные особенности органических катализаторов.

- 1) Высокая специфичность. Часто (но не всегда) фермент способен контролировать, т. е. ускорять только одну какую-либо химическую реакцию. Неорганические вещества (серная кислота, цинк, платина и др.) ускоряют многие химические реакции, работая как катализаторы.
- 2) По своей химической природе большинство ферментов – белки, т. е. сложные органические вещества. Зачастую ферменты включают в себя очень большое количество мономеров либо состоят из отдельных субъединиц, собирающихся вместе для осуществления катализа. Хотя в живом организме иногда работает небольшое количество относительно простых «небелковых» катализаторов.
- 3) Ферменты работают при нормальных условиях. Например, чтобы синтетический катализатор произвел реакцию превращения атмосферного азота в аммиак, необходима температура в 400°C и давление 4×10^7 Па. А в клетках азотфиксирующих клубеньковых бактерий эта реакция происходит при нормальных условиях.
- 4) Кроме влияния стандартных условий (температуры, давления и т. д.), на работу биологических катализаторов сильнее влияют кислотность среды, наличие иных органических веществ и молекул. В целом это делает работу биологических катализаторов более сложной и управляемой большим количеством условий.

Активный центр фермента. Что же представляют собой ферменты по химической природе? Как уже было сказано, в основном, это вещества белковой природы. Значительное число ферментов – это так называемые



Рис. 18. Активный центр фермента

сложные белки, в состав которых, кроме аминокислот, входят другие элементы. Это могут быть ионы металлов (часто меди, цинка, кобальта, хрома, железа), неорганические кислоты или их остатки (например, пепсин содержит остатки фосфорной кислоты), витамины или их части, или какие-либо иные вещества (углеводы, липиды и т. д.). Неаминокислотную

часть сложных белков называют *простетической группой*. Как правило, именно вещества простетической группы делают фермент активным. По этому принципу ученые-биохимики выделили понятие *активный центр фермента*. Это именно та его часть, которая непосредственно взаимодействует с «субстратом» – веществом-реагентом, вступающим в каталитическую ферментативную реакцию. Если в состав фермента входит простетическая группа, то это и есть активный центр фермента.

Что же определяет активный центр фермента? Два основных каталитических понятия – *специфичность* и *скорость* ферментативной реакции. Чтобы ярче проиллюстрировать, что активный центр фермента может взаимодействовать только (!) со строго определенным веществом-реагентом, говорят, что «они подходят друг к другу, как ключ к замку». Еще говорят о фермент-субстратном взаимодействии (рис. 18).

Если вы пробовали открывать дверь неподходящим ключом, то, наверное, понимаете, что это непросто, даже если ключи внешне похожи. Но если с замками все не так однозначно, можно, например, подобрать «универсальный ключ», т. е. отмычку, то на химическом уровне такое невозможно. Ферменты с большой долей вероятности «не откроют чужой замок».



Ферменты, катализаторы, реагенты, продукты, скорость, равновесие, катализ, активный центр фермента.



Знание и понимание

1. Что такое *активный центр фермента*?
2. Как вы понимаете, что такое *специфичность ферментов*?

Применение

1. Сравните биологические и небиологические катализаторы.
2. Из чего могут состоять активный центр фермента и сам фермент?

Анализ

1. Изобразите в виде схемы процесс ферментативной и (или) каталитической реакции соединения и разложения.

2. Докажите на примерах, что ферменты высокоспецифичны.

Синтез

1. Напишите эссе о работе разнообразных ферментов, приведите конкретные примеры.
2. В чем состоит эволюционный смысл формирования ферментов? Какие преимущества для живого это имеет?

Оценка

1. Оцените теоретическую возможность создания искусственного универсального фермента, катализирующего несколько жизненно важных реакций в клетке (организме). Возможно ли это? Почему такое вещество не возникло в ходе эволюции?
2. Оцените значение скорости работы ферментов, проанализировав текст: «Известно, что реакция самоудвоения (синтеза) ДНК – полимеризация мономеров в цепь – происходит без участия фермента ДНК-полимеразы в присутствии катализаторов – ионов цинка. Но скорость такой реакции 1 мономер (нуклеотид) в секунду. Скорость синтеза у бактерий – 1000 мономеров в секунду, а у эукариот – 100 мономеров в секунду».



Лабораторная работа № 2

Исследование влияния различных условий (температура, pH) на активность фермента

Цель работы: убедиться в работе пищеварительных ферментов на примере амилазы слюны.

Оборудование: вареный крахмал, йод, термостат(ы) или термос с горячей (55–60°C), умеренно-теплой (36–37,5°C), холодной (со льдом) водой, лимонная кислота, пищевая сода, йод, часы, водный термометр, набор пробирок и химических стаканов.

Ход работы

1. В пробирки (6 штук) налейте по 2–3 мл чистой воды комнатной температуры.
2. Разделите пробирки по двум штативам (№ 1 и № 2), так как три из них будут использоваться для определения влияния pH на активность фермента, а три другие – для выявления влияния температуры. Пробирки в каждом из штативов пронумеруйте.
3. Начинать работу можно с любым из штативов. Для определения влияния pH в пробирку № 1 необходимо добавить немного лимонной кислоты (5–6 капель или маленькую щепоть), в пробирку № 2 добавить немного пищевой соды (5–6 капель или маленькую щепоть), пробирку № 3 оставить без изменений (контрольная).
4. Во все три пробирки прилейте 2 мл раствора крахмала и примерно по 2–3 мл слюны (от одного человека).
5. Все пробирки на 5 мин поместите в термостат при 37°C или в теплую воду, поддерживая температуру 36–38°C.
6. Прилейте йод в пробирки, помешайте содержимое стеклянной палочкой.

7. Понаблюдайте за изменениями, данные занесите в таблицу.

8. Аналогичную работу проведите с пробирками из второго штатива, добавив в каждую из них крахмал и слюну в равных количествах и в одно время.

9. Поместите пробирки (на 3–5 мин) в разные температурные условия: № 1 – в холодную воду со льдом, № 2 – в горячую воду (55–60°C), № 3 – в теплую воду 37°C (36–38°C).

Примечание. В ходе выполнения работы для поддержания температуры может использоваться термостат. Если термостата нет в наличии, то пробирки помещаются в стаканы с водой заданной температуры, туда же опускается термометр и постоянство температуры поддерживается добавлением более теплой (горячей воды) или кубиков льда.

10. Прилейте йод в пробирки, помешайте содержимое стеклянной палочкой.

11. Понаблюдайте за изменениями, данные занесите в таблицу.

Влияние pH			Влияние температуры		
Штатив 1 Пробирка №			Штатив 2 Пробирка №		
1 – кислота	2 – сода	3 – контрольная	1 – холодная	2 – 55–60°C	3 – 36–38°C
Что наблюдали после добавления йода?					

12. Сделайте выводы по итогам наблюдений о влиянии pH и температуры на активность фермента амилазы.

§ 12. Эмульгирование жиров под действием желчи

Цель изучения этой темы: исследовать процесс эмульгирования жиров под действием желчи.

Где образуется желчь? Куда она поступает? Для чего нужна желчь?



Что нужно повторить для успешного изучения темы? § 12 – учебник биологии для 8 класса.

Желчь как производное самой крупной железы. Печень, как самостоятельный орган, впервые сформировалась у моллюсков. Как вы помните, это самая крупная железа у большинства млекопитающих, в том числе человека. Вес печени человека около 1,5 кг. Роль ее в организме многогранна. Секретом печени является *желчь*. За сутки у человека в среднем образуется 700–800 г желчи.

В состав желчи входят *вода (97–98%)*, *желчные кислоты*, *пигменты*, придающие желчи характерный цвет, *холестерин* и другие вещества.

Учитывая, что печень играет важную роль в процессе утилизации состарившихся клеток крови, это не могло не сказаться на составе желчи.

Основным желчным пигментом является *билирубин* – вещество желтого цвета. Именно он окрашивает впоследствии не только желчь, но и каловые массы. Желчные пигменты синтезируются из железосодержащего гемоглобина, который высвобождается из состарившихся разрушенных эритроцитов.

Желчные кислоты синтезируются клетками печени (рис. 19). Кроме того, в желчи содержатся слизеподобные вещества, повышающие ее плотность и вязкость, жирные кислоты, неорганические вещества и т. д.

В клетках печени желчь образуется непрерывно. А вот ее поступление в двенадцатиперстную кишку происходит под действием нервных импульсов и активизируется во время пищеварения. Если человек не принимает пищу, желчь будет накапливаться в желчном пузыре. Накопившаяся в желчном пузыре желчь как бы «дозревает», т. е. становится менее водянистой, более плотной и концентрированной.

Роль желчи в пищеварении. Желчь выполняет разнообразные функции, например утилизацию веществ, образующихся при разложении эритроцитов. Это отличает желчь от других пищеварительных соков. Однако главная ее роль – это участие в пищеварении.

Желчь повышает активность ферментов сока поджелудочной железы. Без желчи кислая пищевая кашица, поступившая из желудка в двенадцатиперстную кишку, не стала бы сразу щелочной. То есть желчь помогает

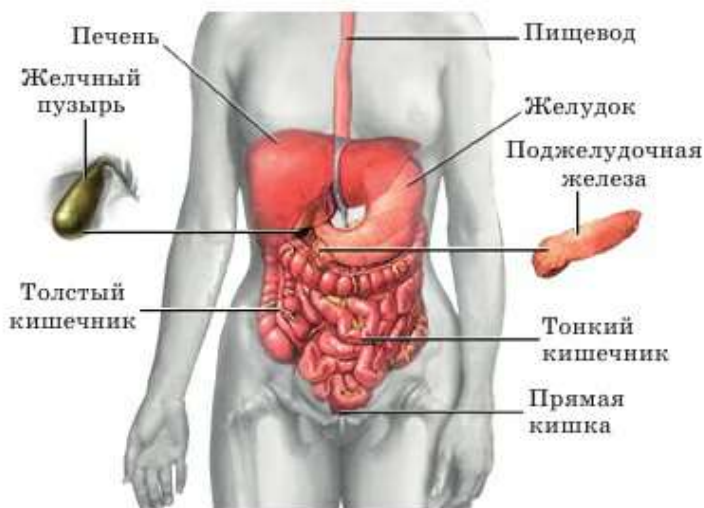


Рис. 19. Желчевыводящие пути

процессу подщелачивания, чтобы облегчить работу ферментов поджелудочных амилазы и трипсина.

Главный фермент поджелудочной железы – липаза – вообще неактивна в отсутствии желчи. Это происходит не только из-за рН-среды. Желчь *эмульгирует жиры*. Желчные кислоты разбивают нейтральные жиры на огромное количество мельчайших капелек. Этот процесс и называется *эмульгацией*. Таким образом увеличивается площадь поверхности соприкосновения жира с молекулами фермента – липазы, и процесс расщепления жиров облегчается и ускоряется.

Желчь повышает активность как самой липазы, так и всей поджелудочной железы. Она усиливает сокоотделение, повышает тонус поджелудочной железы и стимулирует перистальтику кишечника, облегчает процесс пристеночного пищеварения на поверхности кишечных ворсинок.

Но на этом роль желчи в пищеварении не заканчивается. Она необходима для всасывания жирных кислот и, следовательно, жирорастворимых витаминов А, D, Е и К. Кроме того, желчь предупреждает гнилостные процессы в кишечнике. Она умеренно подавляет развитие вредной кишечной микрофлоры и безвредна для полезных симбиотических кишечных бактерий.



Эмульгация, желчная кислота, пигменты, холестерин, билирубин, кишечная микрофлора.



Знание и понимание

1. Сколько желчи вырабатывается в сутки?
2. От чего зависит процесс выделения желчи в кишечник?

Применение

1. Из чего состоит желчь?
2. Охарактеризуйте состав и значение желчи для организма.

Анализ

1. Изобразите в виде схемы состав желчи и ее функции.
2. Выскажите свое мнение о причинах активизации или торможения процесса выделения желчи в кишечник.

Синтез

1. Систематизируйте по критериям все функции желчи. Все ли они связаны с пищеварением?
2. Напишите эссе о роли желчного пузыря, о том, какие изменения произойдут в организме после его удаления.

Оценка

1. Считаете ли вы, что рекомендации отказаться от жирной животной пищи для людей с ослабленной болезнями печенью оправданы? Ответ аргументируйте.

2. Оцените значение следующих сведений, полученных в ходе исследований.

Выявлено, что желчегонным эффектом обладают молоко, мясо, хлеб. У жиров это действие выражено в большей степени, чем у белков и углеводов. Обнаружено, что продолжительность желчевыделения на мясо равняется в среднем 7 ч, на хлеб – 10 ч, на молоко – примерно 9 ч. Желчь выделяется в большем количестве на мясо и молоко, в меньшем – на хлеб. Максимум секреции на мясо наблюдается на втором часу, на хлеб и молоко – на третьем часу после приема пищи. Было также установлено, что наибольшее количество желчи выделяется при смешанном питании.



Лабораторная работа № 3 Исследование процесса эмульгирования

Цель работы: экспериментально ознакомиться с процессом эмульгирования жиров.

Оборудование: растительное масло, желчь, 1% -ный раствор куриного белка, 1% -ный раствор мыла, 1% -ный раствор щелочи (например, карбоната натрия Na_2CO_3), дистиллированная вода, штатив с пробирками, дозатор.

Необходимая теоретическая информация. **Эмульгирование** — это процесс дробления крупной капли жира на мелкие. Известно, что жиры с водой образуют нестойкую эмульсию, которая при стоянии быстро расслаивается из-за того, что капельки масла собираются вместе на поверхности. Чтобы этого избежать, к эмульсии добавляют вещества (эмульгаторы), которые снижают поверхностное натяжение и препятствуют слиянию раздробленных, каплеобразных частиц жира. К таким веществам относятся белки, мыло, растворы щелочей и др. В организме основными эмульгаторами жира являются желчные кислоты, которые обеспечивают образование тонкой водно-жировой эмульсии.

Ход работы

1. В штативе установите пять пробирок и пронумеруйте их.
2. В каждую пробирку поместите по 2 капли растительного масла и по 1 мл дистиллированной воды.
3. Затем добавьте в 1-ю пробирку 5 капель желчи, во 2-ю – 5 капель раствора щелочи, в 3-ю – 5 капель раствора мыла, в 4-ю — 5 капель раствора белка, в 5-ю – 5 капель дистиллированной воды.
4. Содержимое пробирок встряхивайте в течение примерно 1 мин с одинаковой частотой и интенсивностью.
5. Наблюдайте за устойчивостью эмульсий на протяжении 1–10 мин.
6. Эмульсия считается расслоившейся, если масло отделилось и образовало пленку на поверхности воды.

7. Заполните таблицу.

№ пр	Применяемый эмульгатор	Наблюдаемый эффект					
		После встряхивания	1 мин	3 мин	5 мин	7 мин	10 мин
1	Желчь						
2	Щелочь						
3	Мыло						
4	Белок						
5	Вода						

8. Укажите, с каким из эмульгаторов образовалась наиболее устойчивая эмульсия.

9. Сделайте вывод об эффективности эмульгирующих свойств применяемых реагентов и роли желчи в пищеварении.

Глава 5. ТРАНСПОРТ ВЕЩЕСТВ

§ 13. Сходство и различия активного и пассивного транспорта через клеточную мембрану

Цель изучения этой темы: сравнивать пассивный и активный транспорт.

Из каких компонентов состоят оболочки клеток? Какие вещества поступают в клетки и из клеток в ходе дыхания, питания и выделения? Что такое ложноножки? Как передвигаются амебы и лейкоциты? Что такое фагоцитоз?



Что нужно повторить для успешного изучения темы? § 11, 34 – учебник для 7 класса; § 1, 18 – учебник для 8 класса.

Транспорт через клеточную мембрану. Как мы уже говорили, у клеток растений, грибов и бактерий за наружной клеточной мембраной находится клеточная стенка, а внутри цитоплазма. У клеток животных за мембраной может находиться *белково-полисахаридный (гликопротеидный)* слой. Ни одна биологическая система, отдельная клетка, орган или организм не могут существовать без процесса *обмена веществ*. Поскольку наименьшей структурной и функциональной единицей живого является именно клетка, следовательно, обязателен процесс поступления

и выделения веществ в клетку и из клетки. Так как границей, отделяющей клетку от окружающей среды, является клеточная мембрана, именно она отвечает за поступление и выделение веществ.

Какие же вещества проникают сквозь мембрану? Это, конечно же, газы – кислород и углекислый газ; различные ионы, соли, вода, глюкоза и более тяжелые молекулы – белки, жиры. Кроме отдельных химических веществ, клетки хищных простейших способны поглощать и целые клетки своих жертв, например одноклеточных водорослей (рис. 20).

Мембрана каждой живой клетки имеет электрический заряд. Образуется этот заряд потому, что живая клетка поглощает и выделяет определенное количество заряженных частиц – ионов. Электрический заряд мембраны – это важнейший признак того, что клетка жива. Для ионов неполярные липиды не проницаемы. Здесь включаются в работу «белки-каналы», называемые также ионными (натрий-калиевыми) насосами за то, что они осуществляют транспорт против градиента концентрации. Так, например, количество ионов Na^+ снаружи клетки гораздо выше, чем внутри, а K^+ , наоборот. Но, несмотря на это, ионные насосы выкачивают на поверхность плазмалеммы три иона Na^+ , а вкачивают внутрь только два иона K^+ , затрачивая на это энергию АТФ. Таким образом, мембрана живых клеток всегда заряжена. После смерти клетки количество ионов внутри и снаружи уравнивается, так как клетка не ведет активный транспорт.

В зависимости от того, затрачивает ли клетка энергию на транспорт веществ, этот процесс можно подразделять на *активный транспорт* и *пассивный транспорт* (рис. 21). Активно осуществляется транспорт ионов, крупных молекул и других клеток (фагоцитоз у амёб и лейкоцитов). Фагоцитоз – это захват мембраной крупных частиц с помощью выпячиваний – ложноножек. Аналогичный процесс – пиноцитоз. Только при пиноцитозе мембрана клеток не выпячивается, а «впячивается» внутрь и захватывает

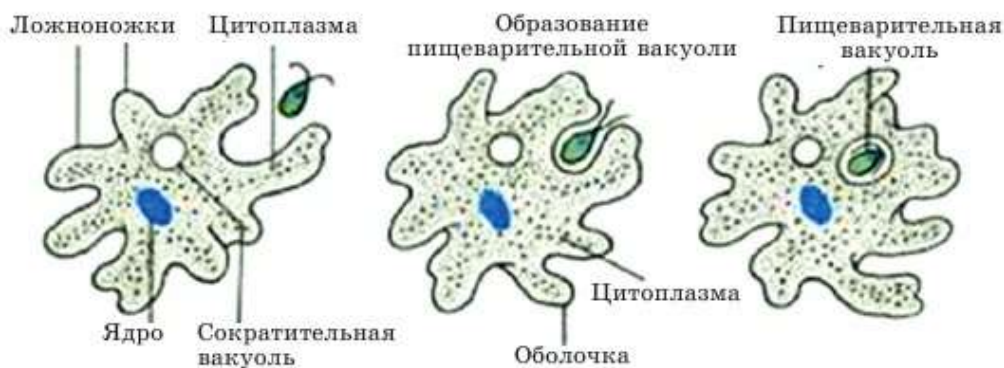


Рис. 20. Схема питания и движения амёбы

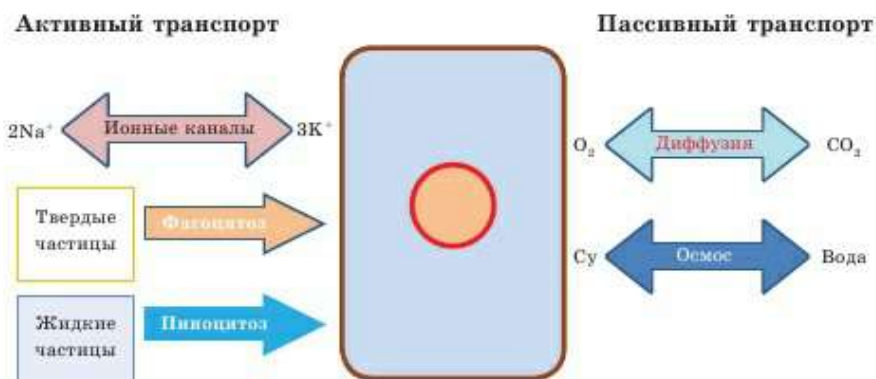


Рис. 21. Активный и пассивный транспорт

не твердые частицы, а жидкости. Так капельки полезных растворенных веществ попадают в цитоплазму в виде пиноцитарных пузырьков.

Пассивно осуществляется транспорт веществ, способных проникать непосредственно через мембрану. Так, например, транспортируются половые гормоны, состоящие из стероидов – жироподобных веществ, которые растворимы в фосфолипидах. Диффузия – чисто физический процесс пассивного перетекания молекул из области большей концентрации в область меньшей концентрации. Вода, кислород, некоторые водные растворы легко диффундируют через мембрану.

Таблица 2

Сходство и различия активного и пассивного транспорта

АКТИВНЫЙ	Внутриклеточный транспорт	ПАССИВНЫЙ
Энергия АТФ затрачивается	Затраты энергии клетки	Энергия АТФ не затрачивается
Вещества идут через белки-каналы, или в захвате участвует мембрана (фагоцитоз, пиноцитоз)	Проникновение в клетку	Вещества идут прямо сквозь слой фосфолипидов
Может идти против градиента концентрации	Зависимость от градиента концентрации	Идет только по градиенту концентрации
Фагоцитоз, пиноцитоз, ионные насосы	Примеры	Осмос и диффузия
Аминокислоты, глюкоза, ионы.	Тип транспортируемых веществ	Кислород, вода, вещества с небольшой молекулярной массой или растворимые в жирах

Затраты энергии при активном транспорте могут быть различны. Так, процесс фагоцитоза очень энергоемкий, поскольку изменяется вся форма клетки. Кроме того, во время фагоцитоза сама клетка может перемещаться в пространстве. В этом случае скорее уместно говорить о затрате энергии на передвижение клетки, чем на активный мембранный транспорт веществ. В любом случае процесс фагоцитоза можно считать наиболее энергозатратным.

Но и такой процесс, как активный транспорт ионов, тоже может потреблять значительное количество энергии. На работу ионных каналов и формирование заряда на мембране клеток может тратиться около 30% всей энергии, вырабатываемой в виде АТФ. Для электрически активных нервных клеток этот показатель значительно выше. Биофизики подсчитали, что на активный транспорт ионов затрачивается около 70% энергии АТФ, вырабатываемой нейронами.

Таким образом, можно сделать вывод о значительных энергозатратах на процессы активного транспорта в клетках.



Транспорт через клеточную мембрану, обмен веществ, белково-полисахаридный (гликопротеидный) слой, активный транспорт, пассивный транспорт, ионный насос.



Знание и понимание

1. Дайте определения понятиям *фагоцитоз, диффузия, пиноцитоз, ложноножки.*

2. Как вы понимаете термин «натрий-калиевый (ионный) насос»?

Применение

1. Опишите функции разных типов транспорта веществ через мембрану.

2. Определите связь между типом транспорта (активный или пассивный) и затратами энергии в виде АТФ.

Анализ

1. Докажите на примерах, что активный транспорт не может заменить пассивный, и наоборот.

2. Проанализируйте и установите зависимость между количеством энергозатрат на транспорт ионов через мембрану и физиологической активностью клеток.

Синтез

1. Порассуждайте, у каких клеток из представленного перечня активный транспорт будет выше и почему: *клетки корневого волоска водного растения, клетки корневого волоска верблюжьей колючки, эритроцит, клетка кожи, нервная клетка.*

2. В чем эволюционный смысл формирования активного и пассивного транспорта? Какие преимущества у каждого из этих процессов?

Оценка

1. Напишите реферат о роли транспорта веществ через клеточную мембрану.
2. Оцените значение работы ложноножек и мембранных каналов. Какой из этих видов активного транспорта будет всеобщим и почему?

§ 14. Влияние внешних и внутренних факторов на транспирацию

Цель изучения этой темы: объяснить сущность процесса транспирации у растений.

*Какое значение для растений имеет такое свойство воды, как **поверхностное натяжение**? Что такое **ксилема**? Какие вещества и куда она транспортирует по организмам высших растений? Что такое **устьица**, каково их строение и расположение? Что такое **транспирация**? Какие три основные функции она выполняет?*



Что нужно повторить для успешного изучения темы? § 13, 20, 22 – учебник для 7 класса.

Транспирация – это процесс испарения воды листьями. Необходимость транспирации возникла у растений с выходом на сушу, поэтому она характерна для всех высших растений. За время эволюции растительные организмы сформировали специальные структуры, отвечающие за транспорт воды и растворов из корня в лист и за процесс транспирации. Вы узнали о них в курсе биологии 7 класса. Без процесса транспирации жизнь растений невозможна, так как вода и растворенные в ней вещества иначе не попали бы в листья. Без воды зеленые клетки мякоти листа не смогли бы осуществлять фотосинтез. А в жару, без испарения, листья бы перегрелись. Попробуйте даже в самый жаркий день приложить листик растения к щеке, и вы убедитесь, что он не горячий, а если в почве достаточно влаги, даже прохладный.

Внешние факторы, влияющие на транспирацию. Следует помнить, что испарение воды (или другой жидкости) это чисто физический процесс. Происходит разрыв «слабых» водородных связей между молекулами воды, и они, отделяясь друг от друга, испаряются в атмосферу. На этот процесс оказывают влияние факторы окружающей среды. Рассмотрим их.

Температура окружающего воздуха – важнейший фактор, влияющий на скорость испарения и количество испарившейся влаги. Вы наверняка замечали, что летом вывешенное на улицу белье высыхает быстрее. Это справедливо не только для физических, но и биологических объектов.



Рис. 22. Транспирация

В жаркий день растение будет испарять значительно больше влаги, чем в холодный. Но это справедливо, только если оно не испытывает недостатка воды. Многие растения, стремясь сэкономить воду, в жаркую погоду закрывают устьица. В этом случае у них замедляется или прекращается фотосинтез. Растения – обитатели жарких стран используют разнообразные способы, чтобы не израсходовать всю влагу на транспирацию и в то же время эффективно фотосинтезировать. О них речь пойдет в этом параграфе и в курсе 10 класса.

Влажность воздуха или *давление водяного пара* также влияют на процесс транспирации. Как вы помните, по законам диффузии молекулы стремятся из области большей концентрации в меньшую. Если вокруг листа воздух достаточно сухой, то процесс транспирации будет усиливаться. Если же воздух вокруг листа влажный, насыщенный водяными парами, то молекулы воды будут испаряться гораздо слабее.

Движение воздуха – это еще один важный внешний фактор, влияющий на интенсивность процесса транспирации. Наверняка, вы замечали, что быстрее всего белье высыхает в теплую, сухую погоду, на ветру. Но даже если не очень жарко, а ветер сильный, влага испаряется быстрее. Это также заметно, если в ветреную погоду выходишь из воды после купания. Поэтому при ветре растения начинают терять больше влаги. Чтобы не произошло обезвоживание, при сильном ветре растения закрывают устьица совсем. Максимальные потери воды растениями наблюдаются при слабом ветре.



Свет также влияет на процесс транспирации. У подавляющего большинства растений, не испытывающих недостатка влаги, устьица открыты днем и закрыты ночью. Исключения составляют растения жарких и сухих мест обитания, которые вынуждены экономить воду. Поэтому они открывают устьица в более прохладное ночное время суток.

Внутренние факторы, влияющие на транспирацию. Растения – живые организмы. Как все живое, они обладают способностью приспосабливаться к сложным меняющимся факторам окружающей среды. Так, формировались разнообразные приспособления, изменяющие интенсивность транспирации в благоприятном для растений направлении. Напомним, что совсем отказаться от транспирации растения не могут. Так как это серьезно затруднит, а впоследствии и полностью прекратит такие процессы, как поступление воды и минеральных веществ в листья и фотосинтез. Но временно закрывать устьица на непродолжительный срок растения могут. Они делают это при острой нехватке влаги и для предотвращения иссушения при сильном ветре. Эти меры носят экстренный и временный характер. Рассмотрим внутренние факторы, влияющие на транспирацию, которые сформировались в ходе эволюции как постоянные приспособления.

Площадь испаряющей поверхности зависит от площади листьев. Обычно листовая поверхность бывает в десятки раз больше площади, занимаемой самим растением. Растительность суши образует столько листьев, что ими можно было бы покрыть всю поверхность земного шара в несколько слоев! Учтите, что высшие растения не растут в морях и океанах, на Антарктиде и высоко в горах. Чем меньше листья, тем больше их общая площадь поверхности. Так, у взрослого дуба насчитывают десятки тысяч листьев, а у сосны – от сотен тысяч до нескольких миллионов, так как хвоинки – это и есть ее мелкие листья.

Хотя устьица занимают всего 1% от площади листьев, они испаряют очень много воды. Здоровое взрослое растение березы при хорошем поливе и средних температурах может испарять 60 л воды в день, а дуб – 50 л.



Ученые подсчитали, что 1 га елового леса испаряет 2240 т воды в год. Сосны испаряют гораздо меньше – 470 т в год, а дубы – примерно 1200 т.

Очень важный показатель – количество устьиц на листе. У пшеницы их может быть 1500 на 1 см², у подсолнечника 150–250, у фасоли – 300, а у клена – 550.

Ведь многим растениям засушливых мест приходится всячески ограничивать транспирацию. Изменения формы, размеров и покровных тканей листа, влияющие на транспирацию, очень разнообразны. Так, для экономии воды и уменьшения испарения листья многих растений изменяют покровную ткань – *кожицу*, или *кутикулу*. У части из них клетки кути-



Чистец, или стахис



Шалфей

Рис. 23. Изменение покровных тканей листьев растений

кулы становятся более плотными или выделяют восковой налет (например, каланхое). Другие растения образуют на листьях выросты – волоски или пушок. Таковы хорошо знакомые вам фиалки или растения из группы камнеломковых. Так поступают многие виды растений наших степей, пустынь.

Другие растения делают листья «рельефными» или скручивают их в трубочки. Так поступают, например, некоторые виды из рода шалфея (рис. 23).



Транспирация, влажность воздуха, давление водяного пара, движение воздуха, устьица, кутикула.



Знание и понимание

1. Объясните, чем внешние факторы, влияющие на транспирацию, отличаются от внутренних.
2. Опишите виды приспособлений растений засушливых мест к уменьшению транспирации.

Применение

1. Определите связь между интенсивностью процесса транспирации и температурой, влажностью и ветром на данной территории.
2. По рисунку, приведенному ниже, расскажите о видах приспособлений растений к уменьшению процесса транспирации.



Анализ

1. Проанализируйте, когда растение теряет больше влаги, в сухую погоду при небольшом ветре или при сильном ветре и дожде. Ответ объясните.
2. Нарисуйте схему «Значение транспирации для высших растений» и «Влияние внешних и внутренних факторов на процесс транспирации». Можно ли изобразить их в виде трех разных схем или целесообразно объединить в одну?

Синтез

1. Порассуждайте, в каком режиме огородные растения будут транспирировать: 1) утром, до наступления зноя; 2) днем, во время жары; 3) вечером, после снижения температуры; 4) в пасмурную погоду, после дождя; 5) при слабом ветре; 6) при сильном ветре.
2. Как взаимосвязаны внешние и внутренние факторы, влияющие на транспирацию? Какая из групп факторов определяет развитие другой группы?

Оценка

1. Оцените значение следующих явлений.
«Многие растения засушливых мест имеют более светлые, белесые листья. Иногда это достигается за счет белых отражающих волосков на поверхности листа. Это позволяет листу меньше притягивать солнечный свет и меньше перегреваться. Растения тропических лесов, находящиеся в нижних ярусах и испытывающие нехватку света, имеют листья ярких оттенков, иногда красных. Это позволяет им притягивать больше солнечных лучей».
2. Как эти факты соотносятся с двумя основными функциями листа – транспирацией и фотосинтезом?
3. Сделайте сообщения, используя дополнительные источники информации о разнообразных приспособлениях растений к уменьшению транспирации. Обсудите, возможно ли использовать «разработки» живой природы в хозяйственной деятельности, связанной с экономией воды при поливе, транспортировке и т. д.

**Лабораторная работа № 4****Исследование внешних факторов: температуры, влажности и давления водяного пара, движения воздуха на процесс транспирации**

Цель работы: исследовать внешние факторы, влияющие на процесс транспирации.

Оборудование: для варианта 1 – растение, заранее помещенное в охлажденную камеру; штативы и колбы с узким горлом – 5 шт.; безводный сульфат

меди двухвалентный – кристаллы белого цвета (при взаимодействии с молекулами воды дает голубой цвет – визуально легко определяется); 6 растений стрелолиста с примерно одинаковыми листьями; нагревательный прибор; вентилятор; аквариум; теплоизолированная камера с охлажденным воздухом; вата; пластилин.

Примечание. Данную лабораторную работу можно проводить, как минимум, в трех вариантах в зависимости от наличия оборудования, навыков учащихся и подходов конкретного педагога. Приводим оборудование для двух методов проведения.

Ход работы

На штативе установите колбы так, чтобы можно было поместить внутрь нее лист, предварительно аккуратно свернув его в трубочку. Поместите внутрь колб по одному листу каждого растения, не повреждая его. Пространство между горлышком и черенком закройте ватной пробкой, заклейте пластилином либо посыпьте нижнюю сторону листовой пластинки сульфатом меди – на каждом из растений.

Поместите растения в разные условия: под нагреватель, под вентилятор, в заполненный водой аквариум (но оставьте над поверхностью воды исследуемый лист), в камеру с охлажденным воздухом. Одно контрольное растение оставьте в обычных условиях.

Наблюдайте, результаты внесите в таблицу.

Оборудование: для варианта 2 – мерные стеклянные цилиндры – 6 шт.; растительное масло; примерно одинаковые по размеру ветки с листьями (черенками) растений одного вида – 6 шт.; нагревательный прибор; вентилятор; аквариум с любой (стеклянной) плотной крышкой; пульверизатор; теплоизолированная камера с охлажденным воздухом.

Ход работы

Налейте воду в стеклянные цилиндры и поместите туда черенки (как цветы ставят в вазу).

Добейтесь, чтобы вода во всех цилиндрах оказалась на одном уровне. Затем осторожно приливайте на поверхность воды масло.

Поместите цилиндры с черенками в разные условия: под нагреватель; под вентилятор; в аквариум, повышая в нем влажность пульверизатором и накрыв крышкой, чтобы исключить испарение; в камеру с охлажденным воздухом. Одно контрольное растение оставьте в обычных условиях.

Наблюдайте, результаты внесите в таблицу.

Для варианта 3. Аналогичная работа проводится с помощью простейшего потометра и безводного сульфата меди двухвалентного – кристаллы в качестве индикатора.

Растение (лист или черенок)					
Условия	Контрольное	Под нагревателем	Под вентилятором	В холодной камере	В аквариуме
Что наблюдаем?					

Выводы.



Лабораторная работа № 5

Исследование внутренних факторов: площади испаряющей поверхности и отношения этой поверхности к объему растений (кутикула, устьица) на процесс транспирации

Цель работы: исследовать внутренние факторы, влияющие на процесс транспирации.

Оборудование: растения (или черенки для вариантов 2 и 3) разных видов: традесканция, фикус, каланхое, стрелolist (или любые другие). № 1 – штативы и колбы с узким горлом; № 2 – мерные стеклянные цилиндры – 6 шт., растительное масло; № 3 – потометр, безводный сульфат меди двухвалентный – кристаллы.

Примечание. Данную лабораторную работу проводят по аналогии с предыдущей с той только разницей, что исследуемые растения или их черенки должны относиться не только к разным видам, но и к разным экологическим группам, а условия, внешние факторы, не должны отличаться.

Ход работы

Понаблюдайте, какие из растений первыми выделяют воду при транспирации. Выстройте наблюдаемые растения в порядке интенсивности транспирации.

На основании этого сделайте выводы о влиянии внутренних факторов на интенсивность процесса транспирации.

§ 15. Влияние внешних факторов на транспорт веществ по флоэме

Цель изучения этой темы: изучить перемещение веществ во флоэме в зависимости от внешних факторов.

К какому типу тканей относится флоэма? Где она расположена? Какие клетки входят в состав флоэмы и каковы их функции? В чем состоят основные отличия сосудов ксилемы от ситовидных трубок флоэмы? Как будут сказываться на обмене веществ любых живых клеток изменения температуры окружающей среды?



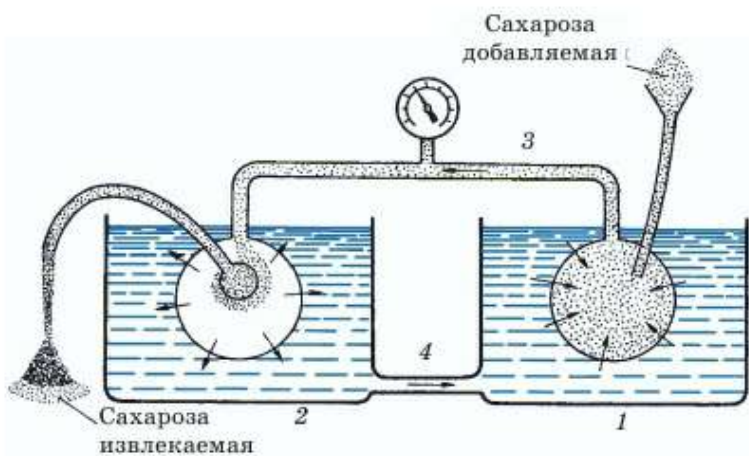
Что нужно повторить для успешного изучения темы? § 20 – учебник для 7 класса; § 2 – учебник для 8 класса.

Транспорт веществ по флоэме является примером активного транспорта. Вещества передвигаются по флоэмным элементам с затратами АТФ, т. е. механизмы транспорта веществ по флоэме в большей степени обеспечиваются физиологией клеток, нежели просто физическими законами диффузии, разности давления и поверхностного натяжения.



Первоначально ученые предполагали, что в основе работы ситовидных трубок флоэмы лежат те же механизмы, что и при движении воды по сосудам древесины. Но нужно помнить, что сосуды древесины (ксилемы) состоят из мертвых клеток. В 30-е годы XX в. ученый Э. Мюнх выдвинул гипотезу, что двигающиеся по флоэме сахара подчиняются законам концентрации и тургорного давления, т. е. они движутся из клеток, в которых образуются в процессе фотосинтеза в большом количестве, в клетки, где их явно меньше. Для иллюстрации своей гипотезы Мюнх создал демонстрационную модель (рис. 24).

В последующих исследованиях теория Мюнха была признана неистинной. Одним из опровергающих ее фактов является скорость тока по ситовидным трубкам. Она намного выше, чем та, которую могло бы создать тургорное давление.



- 1 – соответствует тканям листа; 3 – флоэма;
2 – соответствует тканям, потребляющим ассимиляты; 4 – ксилема

Рис. 24. Схема перетекания раствора под давлением (по Мюнху)

Оказалось, что скорость передвижения в ситовидных трубках достаточно высока и составляет в среднем 50–100 см/ч. Такая скорость может возникнуть только при активном транспорте веществ. Хотя справедливости ради нужно сказать, что все процессы и механизмы, приводящие к транспорту веществ по флоэме, до конца не изучены.

Влияние внешних факторов на транспорт веществ по флоэме. Как вы уже поняли, на работу живых клеток – ситовидных трубок оказывают влияние различные факторы окружающей среды. Мы рассмотрим только три из них.

Температура, как фактор, влияет на интенсивность обмена веществ в любых живых клетках. Вы уже знаете, что скорость движения цитоплазмы в клетках с повышением температуры возрастает, а с понижением – уменьшается. Скорость движения растворов по флоэме тоже зависит от температуры. Ученые проследили это на опытах. Они погружали пластинки листа в раствор сахарозы, а черешки заключали в специальную муфту и подвергали воздействию различных температур. Оказалось, что оптимальная температура колеблется между 20° и 30°С. Именно при таких температурах скорость тока по флоэме может достигать 1 м/ч! Дальнейшее повышение температуры уже тормозит отток органических веществ из листовых пластинок.

Резкое охлаждение флоэмы по-разному сказывается на растениях, обитающих в разных климатических зонах. Например, у южных растений, таких как фасоль, транспорт полностью приостанавливается уже при 1–2°С. Напомним, что родиной фасоли является Мексика. У сахарной свеклы, выращиваемой в Казахстане, подобное охлаждение лишь замедляет передвижение.

Влажность влияет на транспорт веществ по флоэме так же, как и на другие клеточные процессы в организмах растений. Мы знаем, что, в отличие от клеток высших животных, растения или их части при отсутствии влаги могут переходить в состояние анабиоза. Сухие семена многих видов сохраняют жизнеспособность десятки, сотни и даже тысячи лет. Но процессы жизнедеятельности в них замедляются настолько, что практически полностью прекращаются. Если сопоставить тот факт, что по флоэме, как и по ксилеме движутся растворы, а не сухие вещества, логично предположить, что недостаток влаги серьезно замедлит флоэмный транспорт. Ведь с уменьшением жидкости должна возрастать концентрация раствора и, следовательно, его плотность. На транспорт более плотных веществ требуется больше энергии (АТФ). Обезвоживание

может вовсе прекратить и флоэмный транспорт, и фотосинтез, и другие жизненные процессы в организме растений. При этом нельзя сказать, что растения – обитатели водоемов будут значительно превосходить по скорости флоэмного транспорта обитателей пустынь. Верно утверждать, что для каждого вида растений существует некая оптимальная скорость и объем продвижения веществ по флоэме. Этот оптимальный показатель будет находиться в прямой зависимости от оптимального количества влаги, характерного для данного вида или группы растений. Так, если верблюжью колючку или саксаул пересадить в болотистую местность, они погибнут, а не улучшат свои физиологические процессы.



Следует помнить, что с водой, поглощенной корнем, растения получают и минеральное питание. Именно оно оказывает заметное влияние на транспорт веществ по флоэме. Очень много исследований посвящено влиянию бора. Показано, что под влиянием бора скорость передвижения сахарозы заметно возрастает. Вероятно, это связано с образованием комплексных соединений бора с углеводами. Скорость передвижения ускоряется также под влиянием фосфора. Фосфорилированные формы сахаров передвигаются быстрее. Вспомните, что фосфорные удобрения повышают сахаристость и маслянисть плодов и семян, увеличивают сроки их созревания и вес, в том числе и корнеплодов.

Скорость передвижения меняется и под влиянием калия. В последнее время появилась гипотеза, согласно которой калий поддерживает мембранный потенциал в ситовидных пластинках и тем самым усиливает передвижение.

Свет влияет на флоэмный транспорт скорее опосредованно. Без света невозможен процесс фотосинтеза. Интенсивность освещенности усиливает скорость образования органических веществ, которые должны транспортироваться по флоэме. Но это при наличии всех других необходимых условий, кроме света: влаги, углекислого газа, температуры, ферментов и т. д. Кроме того, следует учитывать, что скорость фотосинтеза при увеличении количества света растет только до определенного предела. После показателя, соответствующего освещению Солнца в безоблачный летний день, скорость фотосинтеза уже не растет.

Неверно также думать, что в ночное время транспорт веществ по флоэме полностью прекращается.



Флоэма, теория Мюнха, температура, влажность, свет.



Знание и понимание

1. Объясните, для чего нужно транспортировать вещества по флоэме.
2. Перечислите внешние факторы, влияющие на транспорт веществ по флоэме.

Применение

1. Определите связь между количеством вырабатываемых молекул АТФ во флоэмных элементах и интенсивностью флоэмного транспорта.
2. Назовите причины увеличения интенсивности флоэмного транспорта.

Анализ

1. Докажите и логически обоснуйте, что изменение температуры и влажности скажется на интенсивности флоэмного транспорта.
2. Проанализируйте процесс флоэмного и ксилемного транспорта. В чем их сходство и различия? Какие причины усиливают и замедляют их?

Синтез

1. Как взаимосвязаны условия окружающей среды и флоэмный транспорт?
2. Докажите, что разные виды растений, обитающие в различных экологических условиях, имеют общие механизмы флоэмного транспорта, но при этом влияние факторов на этот процесс будет зависеть от силы воздействия.

Оценка

1. Считаете ли вы, что большая часть АТФ, используемая для флоэмного транспорта, образуется непосредственно в ситовидных трубках или все-таки в клетках-спутницах ситовидных трубок? Ответ аргументируйте.
2. Оцените значение следующих явлений.
 - 1) Во время распускания почек и формирования молодой листвы на березах люди приспособились добывать «березовый сок». Для этого на коре дерева делают неглубокий надрез и, подставив импровизированный желобок или пластиковую трубочку-соломинку, обеспечивают поступление сока в емкость. За сутки можно собрать несколько литров березового сока. Но чтобы не навредить дереву, нужно брать не более 1 л, после чего надрез замазывают воском. Береза должна быть крупной, со стволом не менее 20 см в диаметре.
 - 2) В странах тропической Азии (Индия, Малайзия и др.) выращивают «сахарную пальму». Сделав надрез на ее коре собирают до 10 л сахаристого сока в сутки. Это растение является одним из важных культурных растений, но сахар в промышленных масштабах получают главным образом из мужских соцветий, а не из сока ситовидных трубок.

Глава 6. ДЫХАНИЕ

§ 16. Анаэробное и аэробное дыхание

Цель изучения этой темы: сравнить процессы анаэробного и аэробного дыхания, используя уравнение химической реакции процесса дыхания.

Какие вещества выделяются и поглощаются в процессе дыхания? Какие органы встречаются во всех клетках и объединяют процессы дыхания и пищеварения? Какие организмы называются аэробами, а какие – анаэробами и почему?



Что нужно повторить для успешного изучения темы? § 24 – учебник для 7 класса; § 1 – учебник для 8 класса.

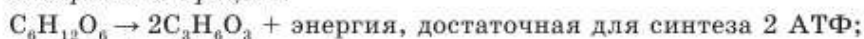
Анаэробное и аэробное дыхание сформировалось в эволюции одновременно. В первичной бескислородной атмосфере не могло сформироваться процесса с использованием кислорода – аэробного дыхания. Первые появившиеся фотосинтетические – цианобактерии – наполнили атмосферу кислородом тоже не сразу. В общей сложности формирование вторичной кислородной атмосферы заняло около полутора миллиардов лет. Именно из-за постепенности формирования в эволюции процессы анаэробного и аэробного дыхания тесно связаны в клетках.



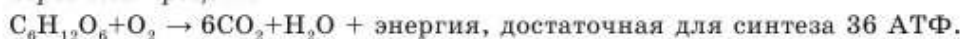
Первым обязательно происходит анаэробный процесс. Причем и ферменты, и сами биохимические реакции у разных групп организмов остаются одинаковыми. Эта консервативность анаэробных процессов доказывает родство разных групп организмов: бактерий, грибов, растений и животных. Их общие далекие предки сформировали базовые механизмы извлечения энергии из пищи без участия кислорода. Гораздо позднее развились организмы, для которых кислород стал доступен. Поэтому анаэробный и аэробный процессы связаны в каждой клетке, использующей кислород. Связь, возникшая в ходе биохимической эволюции, теперь присутствует и в клеточных процессах.

Химические реакции анаэробного и аэробного дыхания в самом обобщенном виде выглядят так:

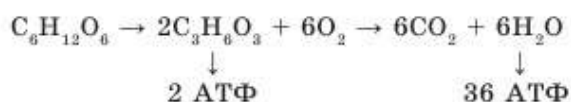
анаэробный процесс:



аэробный процесс:



Однако, если рассматривать их последовательно, то общее уравнение этих двух процессов должно выглядеть так:

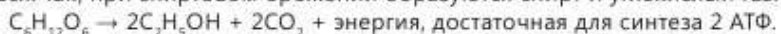


Таким образом, аэробный процесс не может произойти самостоятельно, минуя анаэробный. В клетках анаэробных организмов, не использующих кислород, происходит только первый процесс. В клетках дышащих кислородом аэробов вначале обязательно происходит бескислородное разложение органики (глюкозы). И только после этого с помощью кислорода разлагаются вещества, образовавшиеся в ходе бескислородных реакций.



Следует отметить, что в данной формуле показано, что при разложении одной молекулы глюкозы образовались две молекулы молочной кислоты.

Однако у разных организмов конечные продукты анаэробного процесса могут отличаться. Так, при спиртовом брожении образуются спирт и углекислый газ:



Напомним, что спиртовое брожение характерно для некоторых грибов – дрожжей и для винных бактерий. Кроме того, конечными продуктами анаэробного процесса могут быть уксус (CH_3COOH) и пировиноградная кислота ($\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2$). Это могут быть различные формы брожения – винное, уксусное, маслянокислое, либо какой-то иной биохимический путь.

Эффективность анаэробного и аэробного дыхания очевидна уже из представленных формул. При полном разложении глюкозы до углекислого газа и воды образуется 36 молекул АТФ. Одна молекула АТФ содержит примерно 30,6 кДж энергии. Следовательно, при анаэробном процессе образовавшиеся 2 молекулы АТФ запасают в себе 61,2 кДж энергии. При аэробном же процессе эта цифра составляет уже 1101,6 кДж. Таким образом становится очевидно, что аэробный процесс примерно в 19 раз эффективнее анаэробного.

Но следует учитывать, что для организмов, использующих кислород, аэробный процесс вне анаэробного невозможен. Справедливо будет заметить, что вещества, образовавшиеся в ходе бескислородного разложения органики, тоже обладают энергией. Именно ее и извлекают организмы, продолжающие кислородный процесс.

Сравним эффективность биологических систем с аналогичными физическими процессами, такими как горение. Биохимики установили, что при полном разложении 1 моля глюкозы высвобождается 2812–2880 кДж энергии (или около 686 ккал). В живых системах эта величина составляет порядка 1162 кДж (61,2 – анаэробный процесс и 1101,6 – аэробный). Следовательно, эффективность биологических процессов – КПД (*коэффициент полезного действия*) составляет более 40%, а именно:

$$1162/2812 \times 100\% = 41,3\% \text{ либо } 1162/2880 \times 100\% = 40,3.$$

**Анаэробное и аэробное дыхание, КПД (коэффициент полезного действия).****Знание и понимание**

1. Что такое *аэробный* и *анаэробный* процессы? Почему их так называют?
2. Каков порядок этапов энергетического обмена в клетке? В чем заключается различие между ними?

Применение

1. Определите связь между типом разложения органики (глюкозы) и количеством получаемой энергии в клетке.
2. По химическим формулам расскажите о способах разложения глюкозы в клетке для получения энергии.

Анализ

1. Нарисуйте схему получения энергии клеткой, совмещающую химические формулы и цифровые обозначения количества энергии.
2. Проанализируйте процессы аэробного и анаэробного обмена, выявите их сходство и различия как в одной клетке, так и в эволюции и биосфере.

Синтез

1. Используя информацию учебника, составьте химические формулы и произведите следующие расчеты, если известно, что разложению подверглись 13 молекул глюкозы. Сколько АТФ и энергии в кДж и ккал выделится при: 1 – бескислородном разложении глюкозы, 2 – кислородном разложении, 3 – полном разложении в калориметре? Какое количество молекул выделившегося CO_2 и поглощенного O_2 для этого потребуется?
2. Приведите примеры аэробных и анаэробных организмов. Докажите, что организмы-анаэробы тратят меньше энергии на движение.

Оценка

1. Объясните значение аэробного и анаэробного дыхания как для отдельных организмов, так и для биосферы в целом.
2. Оцените эффективность аэробного и анаэробного процессов дыхания, сравнив их КПД с паровым двигателем и двигателем внутреннего сгорания, если изначально органическое вещество (топливо или глюкоза) содержат 2300 ккал энергии.

§ 17. Процессы мышечного утомления при анаэробных и аэробных нагрузках

Цель изучения этой темы: рассмотреть связь между утомлением мышц и процессами анаэробного и аэробного дыхания.

Какие органы составляют опорно-двигательную систему позвоночных и человека? Что такое **утомление мышц** и каковы могут быть его причины? Какие вещества, накапливаясь в мышцах, приводят к утомлению?



Что нужно повторить для успешного изучения темы? § 34 – учебник для 7 класса; § 35 – учебник для 8 класса.

Утомление мышц. Скелетные мышцы – активная часть опорно-двигательной системы человека. Именно мышцы являются главными потребителями кислорода в нашем организме. Установить это не трудно. Достаточно пробежаться несколько минут, и вы почувствуете, как у вас участилось дыхание, появилась одышка. Это первое свидетельство недостатка кислорода, которое возникло при мышечной работе.

Каждая мышца состоит из клеток (миоцитов). Разветвленные кровеносные сосуды – капилляры обеспечивают питание и дыхание миоцитов. Для выработки и использования энергии к мышцам по крови доставляются кислород и питательные вещества.



Рассмотрим простой эксперимент. Ученые положили человека на плоскость, уравновешенную по типу весов. Пока человек лежал неподвижно, тело его находилось в равновесии. Но как только человек сделал несколько жевательных движений, его голова опустилась вниз. Это произошло потому, что кровь притекла к мышцам, приводящим в движение нижнюю челюсть. Чтобы уравновесить свое тело, испытуемый пошевелил пальцами ног и вернулся в исходное равновесное положение.

Физиологи совместно с биохимиками выявили три причины мышечного утомления:

- 1) нехватка кислорода и, как следствие, накопление молочной кислоты;
- 2) растяжение сухожилий;
- 3) «усталость» нервных центров, контролирующих монотонно работающую группу мышц.

Влияние физических упражнений на аэробное и анаэробное дыхание. При интенсивной мышечной работе потребление кислорода организмом возрастает сразу же, а не через промежуток времени. Так, в организме фактически сразу возникает недостаток кислорода – *кислородная задолженность*. Это возможно при таком типе физических упражнений, как поднятие штанги, толкание ядра, бег на короткие дистанции (спринт), армрестлинг, пауэрлифтинг и т. д. В этом случае в первые же секунды начинается анаэробный процесс, который дополняет собой аэробный. Именно поэтому многие специалисты в области спорта называют указанные выше виды упражнений анаэробными.

При этом аэробными считаются виды спорта, в которых нагрузка на организм постепенная. Это плавание, бег на средние и длинные дистанции, велоспорт, футбол, теннис, плавание и т. д. В этом случае тоже возникает кислородная задолженность, но она формируется через 10–20 с после начала нагрузок. Когда аэробного процесса начинает не хватать для обеспечения организма энергией, появляются учащение дыхания и одышка.

При занятиях как анаэробными, так и аэробными видами спорта обязательно происходят оба процесса. Энергия от них используется на работу мышц. Отличие заключается в сроках накопления молочной кислоты в клетках мышц и крови.

Связь процессов утомления с анаэробным и аэробным дыханием. С накоплением молочной кислоты в мышечных клетках возникает чувство утомления. Многие считают, что мышечные боли, которые возникают после длительных тренировок и ощущаются несколько дней, это результат накопления молочной кислоты. Но на самом деле это не так. Как только у человека после нагрузок восстанавливается нормальная частота дыхания и сердечных сокращений, кислородная задолженность ликвидирована. При этом часть остатков молочной кислоты продолжает разлагаться, давая энергию на синтез АТФ. Другая ее часть полимеризуется и используется на синтез сначала глюкозы, а впоследствии – гликогена.

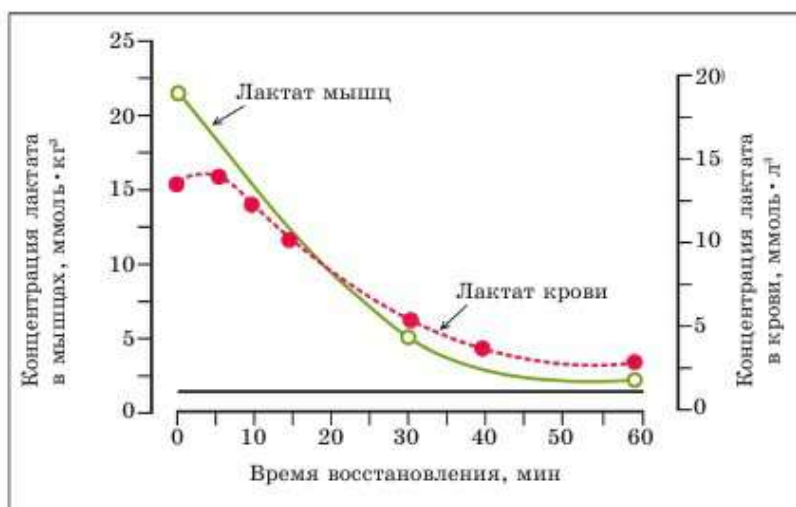


Рис. 25. Разложение молочной кислоты (лактата)

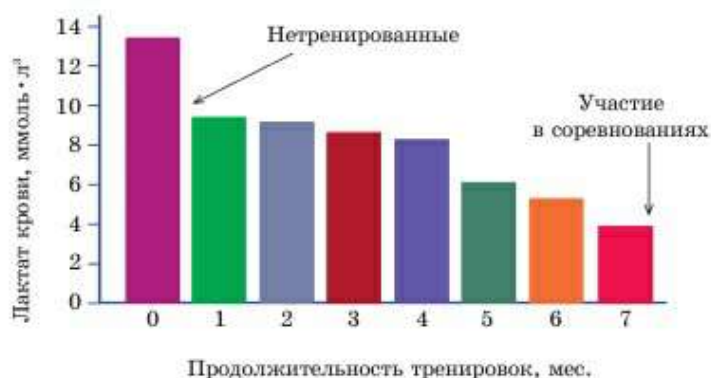


Рис. 26. Изменение концентрации лактата у участников соревнований

Максимальное время разложения молочной кислоты (лактата) даже после самых серьезных нагрузок составляет не более часа (рис. 25).

Неверно думать, что организм человека использует аэробный и анаэробный пути получения энергии как простое «разделение труда». Аэробный процесс энергетически более выгоден, поскольку в этом случае включаются все возможные физиологические и биохимические механизмы, направленные на восполнение кислородной задолженности. Так, при физических нагрузках вырабатывается адреналин, активизируется симпатическая нервная система. В результате расширяются бронхиолы, учащаются дыхание и сердцебиение, за счет изменения диаметра сосудов улучшается кровоток в мышцах. В целом организм переходит на иной, усиленный уровень энергопотребления и, соответственно, получения и использования кислорода.

Все эти механизмы лучше выражены у тренированных людей (рис. 26).

Причем у людей, занимающихся определенным видом спорта, организм приспосабливается ко всем подобным нагрузкам. Так, футболисты и хоккеисты не испытывают энергетических проблем, если занимаются смежным видом спорта. Отличается их подготовленность в плане спортивной техники, но не в плане энергетической выносливости организма.



Мышечные волокна (миоциты), процесс утомления, молочная кислота (лактат), адреналин, кислородная задолженность, энергетическая выносливость организма.



Знание и понимание

1. Опишите три причины мышечного утомления.
2. Объясните, почему при физических нагрузках в организме начинает накапливаться молочная кислота.

Применение

1. Определите связь между процессами мышечного утомления, физическими нагрузками и процессами получения энергии в организме.
2. Предположите, почему у полицейских, военнослужащих, пожарных и служащих МЧС в план спортивных тренировок обязательно включены аэробные и анаэробные упражнения.

Анализ

1. Проанализируйте график (см. рис. 26) и установите, как тренировки влияют на энергообеспечение организма.
2. Нарисуйте схему «Организм при физических нагрузках», используя в ней следующие элементы: *глюкоза, гликоген, молочная кислота, АТФ, углекислый газ, кислород, вода, кровь, мышцы, печень, аэробный процесс, анаэробный процесс.*

Синтез

1. Порассуждайте, как и почему в организме формируется кислородная задолженность, и как организм стремится ее ликвидировать.
2. Систематизируйте по критериям особенностей энергетического обмена различные виды спорта. Можно ли однозначно утверждать, что анаэробные виды развивают мышечную силу, а аэробные – выносливость?

Оценка

1. Напишите реферат о том, какие виды спорта предпочтительнее для общей тренировки сердечно-сосудистой системы.
2. Оцените.
 - 1) Перед крупными соревнованиями, в период серьезных тренировок, у спортсменов с одинаковыми показателями берут кровь на содержание молочной кислоты. Оцените, можно ли на основе этих показателей сделать вывод о спортивных перспективах. Для каких видов спорта это актуально?
 - 2) Что происходит в организме военнослужащих, если они пробегают дистанцию в 5 км в ОЗК (костюм химической защиты: противогаз, сапоги, перчатки, комбинезон, полностью исключая попадание, пыли, жидкостей и воздуха в организм, кроме как через противогаз) на предельной скорости?

Глава 7. ВЫДЕЛЕНИЕ

§ 18. Строение и функции нефрона

Цель изучения этой темы: описывать строение и функцию нефрона; процессы фильтрации и образования мочи.

*Что такое **нефрон**? Из каких двух частей он состоит? Какая связь существует между выделительными трубочками дождевых червей и нефронами человека? Что такое **фильтрация**, **реабсорбция**, **первичная и вторичная моча**? Как связаны эти понятия?*



Что нужно повторить для успешного изучения темы? § 31 – учебник для 7 класса; § 28 – учебник для 8 класса.

Строение и функции нефрона. Как вы помните, *нефрон* – это структурная и функциональная единица почек человека и других позвоночных (рис. 27). Нефрон состоит из расширенной части – *капсулы* (она как бы обхватывает капиллярный клубочек) и *извитого канальца*. Только у млекопитающих и человека нефрон имеет столь длинный извитой каналец. Стенки нефрона, образованные одним слоем уникальных эпителиальных клеток, позволяют выполнять важнейшую функцию – *очистку крови*.



Рис. 27. Строение нефрона

Ультрафильтрация, или просто **фильтрация**, – это процесс образования *первичной мочи*. То есть это попадание жидкой части крови – *плазмы* внутрь капсулы нефрона из капилляров клубочка. Если почка здорова и клетки эпителия почечной капсулы не повреждены, они никогда не пропустят внутрь нефрона клетки крови, белки плазмы (фибриноген, альбумины, антитела и т. д.). А все мелкие, легко растворимые молекулы, такие как глюкоза, соли (NaCl и др.), ионы, мочевины, витамины и сама вода поступают внутрь почечной капсулы и дальше перетекают в почечный каналец.

Главная причина, по которой происходит процесс фильтрации, – это высокое давление в капиллярах клубочка. Вспомните, что кровь поступает в эти капилляры по широкой артерии, а уходит по узкой. Так в этих мельчайших сосудах создается высокое давление, которое и проталкивает мелкие молекулы веществ сквозь стенку капилляров и между эпителиальными клетками капсулы нефрона. Частицы, проходящие внутрь капсулы, не превышают в диаметре 30 нм. Поэтому этот процесс и называют не просто *фильтрацией*, а *ультрафильтрацией*, подчеркивая таким образом микроскопические размеры самого процесса.



Но думать, что ультрафильтрация обеспечивается только высоким гидростатическим давлением крови в капиллярах, тоже не совсем верно. В этом процессе играют роль и разные потенциалы заряженных частиц, и поверхностные структуры, находящиеся на мембранах клеток почечной капсулы. То есть ультрафильтрация, как и большинство биологических явлений, сложнее простых физических процессов.

Абсорбция и избирательная реабсорбция. *Абсорбция* – это накопление молекул какого-либо вещества на определенной «границе».



Чтобы легче представить себе процесс абсорбции, вспомним простой пример: положим салфетку в разлитую по столу воду. Вода впитается, площадь ее поверхности уменьшится или исчезнет. Это будет примером абсорбции молекул воды в салфетку, а не в окружающем воздухе, куда бы они непременно испарились, не будь салфетки. А так вода абсорбировалась на поверхности волокон салфетки, она уже из этого сконцентрированного положения постепенно и более медленно будет испаряться в воздух.

Абсорбция внутри нефрона – это концентрация молекул, попавших в извитой каналец на его внутренней поверхности, прежде чем они вернутся в кровь.

Реабсорбция – это процесс обратного всасывания, т. е. возврат веществ, попавших в нефрон, в кровяное русло. Прежде всего в кровь возвращаются вода и глюкоза. Как вы помните, из 150–170 л *первичной мочи* по итогам реабсорбции остается всего 1,5 л *вторичной мочи* (табл. 3).

Следовательно, почкам необходимо возвращать в кровь 148,5–168,5 л жидкости в сутки! Это и есть процесс реабсорбции.

Таблица 3

Состав первичной и вторичной мочи

Название вещества	Плазма крови	Первичная моча	Вторичная моча	Соотношение во вторичной и первичной моче
Мочевина	0,03	0,03	2,0	В 65 раз больше
Мочевая кислота	0,004	0,004	0,05	В 12 раз больше
Глюкоза	0,01–0,15	0,01–0,15	–	Отсутствует в конечной моче
Калий	0,2	0,02	0,15	В 7 раз больше
Натрий	0,32	0,32	0,35	Примерно столько же

Причины фильтрации и обратной фильтрации очевидны. Без процесса фильтрации не образовывалась бы *первичная моча*, и все шлаки оставались бы в крови, вызвали самоотравление организма. Без *обратной фильтрации* организм человека терял бы столько жидкости и полезных веществ (глюкозы, ионов, витаминов, солей и т. д.), что погиб бы от обезвоживания.



Нефрон, извитой каналец, капсула, образование первичной мочи, образование вторичной мочи, плазма, ультрафильтрация, реабсорбция.



Знание и понимание

1. Объясните, для чего нужны капсула нефрона и извитой каналец.
2. Дайте определение процессу фильтрации (ультрафильтрации) и обратной фильтрации, или реабсорбции.

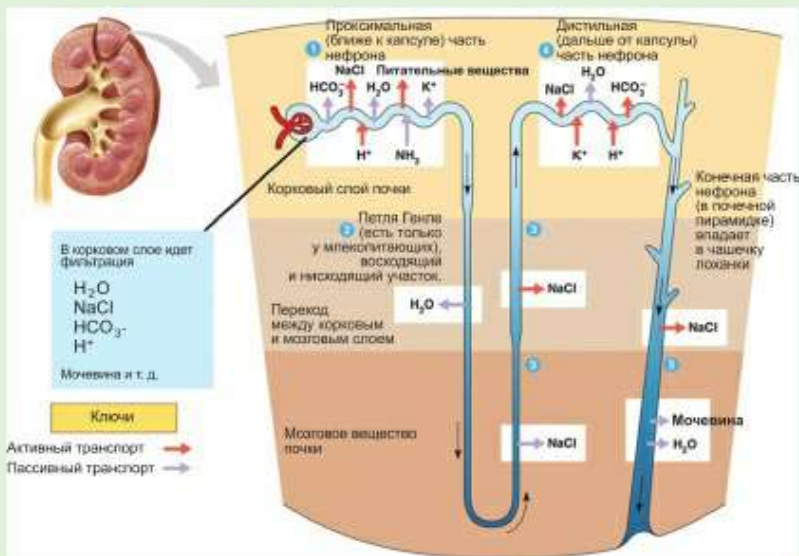
Применение

1. Определите связь между частями нефрона и происходящими в них процессами.
2. Сравните процесс обычной физической абсорбции и реабсорбции в почечном каналце.

Анализ

1. Проанализируйте состав плазмы крови, первичной и вторичной мочи. Установите, в чем их отличие, и опишите физиологическое значение этого.

2. Рассмотрите приведенный ниже рисунок. Какие процессы на нем изображены? Опишите различия в процессах, протекающих в разных частях нефрона.



Синтез

1. Смоделируйте ситуацию: прекращение процесса фильтрации и обратной фильтрации. Предположите все возможные негативные процессы при нарушении каждого из них.
2. Используя полученные знания, проверьте утверждение: «Во время первичной фильтрации в капсуле нефрона все жидкое содержимое крови оказывается примерно 50 раз, т. е. вся жидкость крови очищается в почках каждые 30 минут». Для этого проведите расчеты. Вычтите из общего количества крови в организме человека ее жидкую часть – плазму. Количество первичной мочи, образующееся в сутки, разделите на количество плазмы. А полученный результат поделите на количество часов в сутках. Сопоставьте полученные вами данные и представленные в тексте величины. Как изменится ответ, если использовать минимальные и максимальные показатели первичной мочи?

Оценка

1. Оцените обоснованность формулировки «Описывать процессы фильтрации и образования мочи». Следует ли разделять эти понятия?
2. Используя дополнительные источники информации, напишите сообщения о процессах синтеза веществ, происходящих в клетках нефрона.

§ 19. Факторы, влияющие на работу почек

Цель изучения этой темы: описывать факторы, влияющие на работу почек.

Что такое **влияющие факторы**? Известно ли вам из личного опыта, как могут сказаться на работе почек сильное переохлаждение, соленая пища, инфекционные заболевания различных органов, например дыхания? Что произойдет при разрушении нескольких клеток эпителия капсулы нефрона?



Что нужно повторить для успешного изучения темы? § 31 – учебник для 7 класса; § 28 – учебник для 8 класса.

Факторы, влияющие на работу почек, разнообразны. На работу почек влияют образ жизни, окружающие условия и наследственные факторы предрасположенности к тем или иным заболеваниям или, напротив, мощный иммунитет. В этом параграфе мы рассмотрим факторы, положительно и отрицательно влияющие на работу почек, что может предотвратить возможные нарушения в работе органов выделительной системы.

Рацион питания влияет на работу почек так же, как и на работу нашего организма в целом. Но именно через почки удаляется часть веществ, попавших в организм с пищей. В первую очередь стоит заострить внимание на соотношении воды и солей, потребляемых организмом. Даже при незначительном обезвоживании возникает излишняя нагрузка на сердце и почки. Ведь кровь, ставшая более плотной и вязкой, требует больше усилий со стороны сердца на ее перекачивание. Вязкость крови также меняет усилия, прилагаемые сердцем, на поддержание оптимального артериального давления. А как вы помните, именно благодаря давлению крови в почках происходит процесс ультрафильтрации. Поэтому любые отклонения от нормы в составе и плотности крови и изменения кровяного давления в почках отрицательно влияют на их работу. Следует следить за потреблением воды и своевременно предотвращать обезвоживание, особенно в жаркий летний период.

Постоянный *состав солей* в плазме крови – обязательное условие существования организма. Поддержание постоянства солевого состава в первую очередь обеспечивают почки. Поэтому очень важно соблюдать правильный рацион питания, т. е. потреблять не более 15–25 г соли в сутки (в зависимости от физической активности, количества потребленной жидкости и температуры окружающей среды). Количество воды должно составлять 1,5–2,5 л в сутки. Соблюдение этих норм – положительный фактор работы почек. Пересоленная и острая пища негативно влияют на работу почек. Соли сами по себе способствуют большему связыванию воды и задерживают ее в организме. Следовательно, почкам приходится

выводить не только лишнюю соль, но и лишнюю воду, которую мы употребляем после соленой пищи.

Часть продуктов содержит нерастворимые соли, которые могут накапливаться в почках и впоследствии стать причиной мочекаменной болезни. Но о них речь пойдет в следующем параграфе.

Переохлаждение – это еще один фактор, негативно сказывающийся на работе не только самих почек, но и всей выделительной системы. Очень опасно переохлаждение ступней ног, поясничной и тазовой области тела человека. Ведь из-за особенностей кровообращения охлажденная кровь может легко вызвать переохлаждение самих почек, а впоследствии и их заболевание.

Проблема заключается еще и в том, что как сам процесс переохлаждения, так и болезненные процессы могут протекать скрытно. Люди, сидящие на камнях или земле на закате жаркого дня, часто не замечают, как температура снижается и происходит переохлаждение. Необходимо соблюдать осторожность и не допускать переохлаждения туловища, начиная от поясничной области и включая ступни. В холодные периоды одевайтесь по погоде. Не надевайте одежду, открывающую поясничную область. В летний период не купайтесь в слишком холодной воде, либо входите в нее на короткое время.

При малейшем подозрении на проблемы, возникшие в работе почек, сдайте мочу на анализ. Как правило, негативные последствия переохлаждения сразу же легко диагностируются.

Также одним из факторов, способных негативно сказаться на работе почек, являются *лекарственные препараты*. Если вы возьмете на выбор любые десять инструкций по медицинскому применению таблетированных лекарственных препаратов и прочтете раздел *фармакокинетика*, то легко убедитесь, что большинство из них выводится из организма через почки и печень. Поэтому чрезвычайно важно не злоупотреблять лекарствами. Применять препараты только после консультации с врачом и чтения инструкции, не допускать превышения дозировок лекарственных средств.

Хронические (бронхит, тонзиллит и др.) и *инфекционные* (гнояная ангина и др.) *заболевания* оказывают токсическое, т. е. отравляющее, воздействие на весь организм. Результаты жизнедеятельности болезнетворных микробов, все их яды (токсины) и остатки погибших клеток попадают в кровь. А как вы помните, именно почки отвечают за очистку крови от вредных веществ. Однако нефроны возникли, чтобы избавлять организм от вредных веществ, образующихся в наших собственных клетках, а с ядами микробов в норме они не должны сталкиваться. Конечно, почки – уникальные биологические фильтры. Они всячески старают-

ся вывести любые токсины из организма. Но при фильтрации лишних, не характерных для здорового организма, ядов сами клетки почек могут повредиться и даже погибнуть.

Кроме того, через кровь или лимфу в почки могут попасть не только яды, но и сами возбудители инфекций. Так микроорганизмы, вызывающие любые гнойные заболевания, могут размножиться и в тканях почек, создав очаг воспаления.

Подробнее о возможных последствиях влияния хронических инфекционных заболеваний и их предотвращении речь пойдет в следующем параграфе.



Функции почек, рацион питания, постоянный состав солей, физиология, биологические фильтры.



Знание и понимание

1. Перечислите негативные факторы, которые могут нарушить работу почек.
2. Укажите, какое количество соли следует употреблять в сутки, чтобы не повредить работе почек.

Применение

1. Определите связь между рационом питания, режимом потребления воды, солей и здоровьем почек.
2. Объясните связь между работой почек и применением медикаментозных препаратов.

Анализ

1. Изобразите в виде схемы воздействие отрицательных и положительных факторов, влияющих на работу почек.
2. Выскажите ваше мнение о возможных причинах и механизмах ухудшения работы почек при бесконтрольном принятии лекарственных средств и наличии в организме хронических инфекций. В чем сходство и различия механизмов негативного воздействия этих факторов?

Синтез

1. Порассуждайте, почему почки считают жизненно важным органом. Как взаимосвязано функционирование печени, почек, сердца и легких?
2. Оцените роль правильного питания в сохранении физиологического здоровья почек.

Оценка

1. Считаете ли вы, что наличие в организме хронических очагов инфекции обязательно приведет к ухудшению функционирования нефронов? Ответ аргументируйте.

2. Обсудите и разработайте рекомендации по сохранению здоровья выделительной системы.



§ 20. Гигиена мочевыделительной системы

Цель изучения этой темы: объяснять меры профилактики болезней почек и мочевыделительной системы.

Кратко сообщите сведения, о которых вы узнали в прошлом параграфе.



Что нужно повторить для успешного изучения темы? § 19 данного учебника.

Заболевания почек и других органов мочевыделительной системы представляют серьезную опасность для организма человека. Мы рассмотрим три самых распространенных нарушения в их работе.

Пиелонефрит – инфекционное заболевание почек. При пиелонефрите в ткани почек проникают патогенные бактерии и начинают в них размножаться, вызывая гибель клеток нефрона и воспаление. Бактерии могут попасть в почки разными путями. Это могут быть возбудители инфекции, попавшие в почки из других органов по крови или лимфе. *Мерой профилактики* служит быстрое подавление любого очага воспаления в организме.

Также это могут быть так называемые «восходящие инфекции». Они заражают ниже находящиеся выделительные органы: мочеиспускатель-

ный канал, мочеточники, мочевого пузыря. Постепенно продвигаясь вверх, эти вредные микроорганизмы могут достичь почек. *Мера профилактики* – стараться не допустить попадания вредных микроорганизмов в выделительные органы из окружающей среды. Например, при купании в сомнительных природных водоемах, несвоевременных гигиенических процедурах, медикаментозном вмешательстве нестерильными инструментами.

Причиной пиелонефрита может быть и задержка мочи, ее возврат – заброс в почечную лоханку из мочеточника. Если моча не оттекает, а задерживается в органах выделения, это провоцирует размножение вредных микробов в органах выделения и способствует пиелонефриту. *Мера профилактики* – своевременное обращение к врачу-урологу при первых подозрениях на нарушение в работе почек.

Цистит – инфекционное воспаление мочевого пузыря. Как правило, цистит возникает по двум причинам: 1) общее переохлаждение организма или только органов выделения и 2) восходящая инфекция, обосновавшаяся в мочевом пузыре. Обе эти причины могут быть связаны. Если возникает одна из них, она легко провоцирует возникновение другой.

Часто бывают связаны цистит и пиелонефрит. Причем признаки цистита могут быть явными, выраженными, а признаки пиелонефрита – скрытыми. Поэтому при подозрениях на цистит необходимо сдать и соответствующие анализы для выявления наличия или отсутствия пиелонефрита. *Меры профилактики* – исключать проникновение в органы выделения инфекций и переохлаждение организма (особенно в области поясницы, нижней части туловища и ступней). При возникновении любых признаков в нарушении работы органов выделения немедленно обращаться к врачу.

Общие гигиенические требования: в случае возникновения очага инфекции в организме необходимо сразу же начать лечение под контролем врачей. Подавив болезнь, сдать необходимые анализы, чтобы убедиться в отсутствии возбудителей в других органах.

В целом необходимо укреплять организм, ведя здоровый образ жизни, регулярно занимаясь спортом, закаливая свое тело, желательно под контролем врачей-физиотерапевтов; устраняя стрессы, соблюдать режим сна и бодрствования (обязателен ежедневный 7–8-часовой сон), проводя витаминную терапию, следя за полноценным питанием и т. д.

Мочекаменная болезнь почек – это формирование в самих почках частиц нерастворимых солей (оксалатов кальция – солей щавелевой кислоты). Образовавшись в почечных пирамидках, нерастворимые частицы могут накапливаться как в самой почке – в лоханке, так и в мочеточниках (рис. 28).

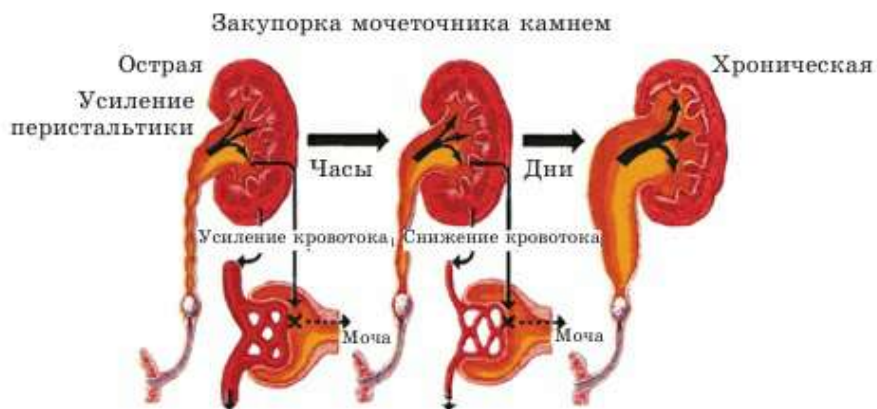


Рис. 28. Мочекаменная болезнь почек

Это опасное состояние приводит к затруднению оттока мочи, ее застою. В результате будет происходить постоянное самоотравление организма, а также с большой долей вероятности возможен пиелонефрит. Чтобы предотвратить мочекаменную болезнь, необходимо ограничивать количество потребляемых орехов, клубники, шоколада и других сладостей, шпината, свеклы, пророщенных злаков и витамина С. Избыток аскорбиновой или иной органической кислоты может привести к появлению нерастворимых соединений. Употребление пива лучше полностью исключить.

Так как через почки выводятся именно результаты распада белков, необходимо, чтобы пища не состояла только из белковых продуктов. Не рекомендуется постоянно употреблять мясо, желателно чередовать его с рыбой, грибами, морепродуктами.



Продукты для правильного сбалансированного питания



Вредные продукты

Рис. 29. Правильное питание – залог здоровья

Положительно на работе почек сказывается употребление растительной пищи. Это может быть: виноград, арбуз, яблоки, красный и болгарский перец, чеснок, спаржа, горох, укроп, финики, томаты, вишня, гранаты, сливы, морковь (рис. 29).



Пиелонефрит, цистит, мочекаменная болезнь почек, оксалат кальция, мочеточник, вредные продукты.



Знание и понимание

1. Что такое *цистит, пиелонефрит, восходящая инфекция, мочекаменная болезнь*?
2. Объясните, почему нельзя бесконтрольно употреблять большое количество витамина С.

Применение

1. Определите связь между причинами возникновения и мерами профилактики цистита и пиелонефрита.
2. Опишите, каким образом можно защититься от мочекаменной болезни.

Анализ

1. Изобразите в виде схемы взаимосвязь таких болезней, как ангина или кариес, восходящих инфекций, цистита и пиелонефрита.
2. Проанализируйте причины всех описанных болезней и установите зависимость мер профилактики от причин их возникновения.

Синтез

1. Напишите эссе о том, как сохранить здоровыми органы выделения.
2. Смоделируйте ситуацию: у человека появился один из следующих симптомов – боли в области поясницы, затрудненное или болезненное мочеиспускание, сухость во рту и жажда, отеки, особенно после сна. Что бы вы посоветовали этому человеку и почему?

Оценка

1. Оцените роль здорового образа жизни в сохранении здоровья органов выделения.
2. Оцените значение следующего исследования: «Наблюдение за состоянием здоровья 11 тыс. медицинских сестер на протяжении 4 лет, проводимое в муниципальных больницах США, выявило прямую зависимость нарушения в работе почек от времени сна. Так, у всех лиц, спавших менее 7 часов в сутки на протяжении дольше, чем три месяца, диагностировали проблемы. В то же время у лиц, соблюдавших правильный режим сна, нарушения в работе почек не были выявлены».

§ 21. Продукты выделения живых организмов

Цель изучения этой темы: установить связь между средой обитания и конечными продуктами обмена веществ у различных организмов.

*Назовите органы выделения известных вам классов и типов животных. Что такое **почки накопления**, или **жировые тела**? Для каких групп животных они характерны? Какие два основных продукта окончательного распада белков выделяются с мочой у человека? Можно ли выделить среди них главный? Для чего выделяется пот? Существует ли взаимосвязь между количеством выделенного пота и мочи?*



Что нужно повторить для успешного изучения темы? § 31 – учебник для 7 класса; § 28 – учебник для 8 класса.

Конечные продукты разложения азотсодержащих органических веществ: аммиак, мочевина, мочевая кислота. Все эти содержащие азот вещества отличаются по своим химическим и физическим свойствам. Так, например, *мочевая кислота*, формула которой $C_5H_4N_4O_3$ (рис. 30), – это кристаллическое твердое вещество.

Мочевина и аммиак жидкости. Формула мочевины CH_4N_2O (рис. 30).

Аммиак (его раствор – нашатырный спирт) – это жидкость с характерным резким запахом и относительно простой формулой: NH_3 . Он очень ядовит, хорошо растворим в воде и легко проникает через любую поверхность, соприкасающуюся с водой. Поэтому аммиак является конечным продуктом обмена у животных, которым не нужно экономить воду.



Вышеназванные соединения – это так называемые основные продукты азотистого обмена. То есть существуют отдельные группы животных, которые выделяют иные азотистые вещества. Так, все паукообразные выделяют азотсодержащее пуриновое основание – *гуанин* $C_5H_5N_5O$ (рис. 30). Как вы помните, гуанин входит в состав ДНК всех живых организмов, но, кроме того, у пауков он является еще и конечным продуктом азотистого (белкового) обмена веществ. Как видите,

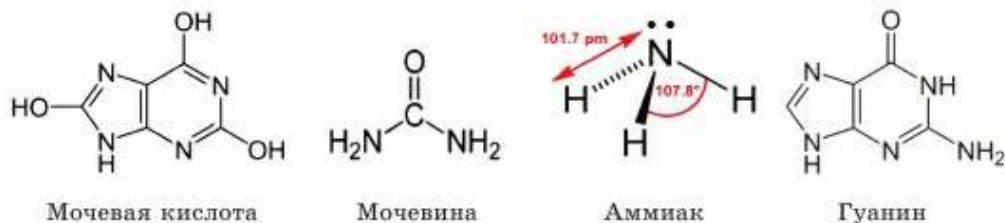


Рис. 30. Конечные продукты разложения азотсодержащих органических веществ

гуанин более всего схож с мочевой кислотой (большое количество атомов азота и цикличность формул).

Если животные ограничены в воде, то, для того чтобы аммиак не накапливался в их тканях, он преобразуется в значительно менее токсичное соединение – мочевины.

Зависимость продуктов выделения от окружающей среды. Продукт выделения находится в прямой зависимости от того, как организм животного снабжается водой. Мочевая кислота при нормальных условиях – это белые кристаллы, слабо растворимые в воде. Она является продуктом выделения, характерным для организмов, экономящих влагу. То есть ее выделяют существа, которые постоянно испытывают недостаток жидкости. Можно фигурально сказать, что такие организмы постоянно хотят пить. Кто же это? В первую очередь это наземные насекомые. Дело в том, что они не только испытывают недостаток влаги, особенно обитатели пустынь, но и не имеют возможности испарения жидкости с потом через кожу. Ведь находящийся на поверхности тела хитиновый покров делает это невозможным! Другая группа организмов, выделяющих мочевую кислоту, – пресмыкающиеся. В основном это обитатели засушливых и теплых мест. Их кожа, покрытая роговыми чешуйками (щитками – у крокодилов, панцирем – у черепах), препятствует выделению жидкости с потом, экономит воду.

У животных, обитающих в океане, вода по законам диффузии все время стремится выйти из организма, покинуть его, чтобы разбавить находящуюся вокруг более соленую окружающую среду. Такие организмы как бы все время хотят пить и пьют, но вынуждены опреснять воду внутри своего организма, избавляясь от соли. Продуктом их выделения может быть концентрированная моча в небольших количествах. Так акулы выделяют не только через почки мочу, но и через жабры – соли. На поверхности жабр акул можно обнаружить их кристаллики, еще не смытые океанической водой. Поэтому необходимо понимать, что, кроме продуктов азотистого обмена, в процессе выделения животные должны приспосабливаться и к выделению солей, поддерживая постоянный состав их ионов и в целом *электролитов* в организме.

Птицы также выделяют почти твердую, концентрированную мочу. Но разве все птицы живут в засушливой среде и мало пьют? Мы знаем множество видов птиц, которые гнездятся у пресных водоемов (гуси, утки, фламинго, цапли, пеликаны и т. д.). В чем же дело? Здесь, скорее всего, главную роль сыграло *уменьшение веса* в связи с приспособленностью к полету. Как вы помните, птицы лишены мочевого пузыря, чтобы не поднимать с собой в воздух лишний груз. Поэтому и объемы образующейся

в организме мочи у них не должны быть большими. Сделать это проще всего, если выделять концентрированную, почти кристаллическую мочу. Так, при каждом взлете у птиц сбрасывается лишний балласт. Это из организма удаляются продукты выделения (моча) и непереваренные остатки пищи в виде общей кашицы, накапливающиеся в клоаке.

Как видно из формулы, самым разбавленным из продуктов выделения является аммиак. Он характерен для большинства пресноводных организмов. Если в океане жидкость выделяется из организмов, чтобы разбавить окружающую ее соль, то в пресных водоемах наоборот. По законам диффузии пресная вода, напротив, стремится попасть в тело, чтобы разбавить более соленую внутреннюю жидкую среду организма (кровь, лимфу, тканевую жидкость). Поэтому продуктом выделения большинства пресноводных обитателей является аммиак. Биологи, почти шутя, говорят, что лягушки никогда не пьют воду. Имеется в виду, что лягушки целенаправленно не глотают воду ртом, так как впитывают ее через кожу, всей поверхностью тела.

Подытоживая сказанное, можно изобразить зависимость типа продукта выделения – *экскрета* от окружающей среды следующим образом (табл. 4):

Таблица 4

Среда обитания	Продукт выделения (основной)	Животные	Физиологическое обоснование
1	2	3	4
Пресноводная	Аммиак	Пресноводные беспозвоночные, постоянно живущие в воде, насекомые и земноводные, костистые пресноводные рыбы; различные личинки, развивающиеся в пресной воде	Воду запасать не нужно, организм свободно избавляется от ее переизбытка, не испытывая недостатка
Суша (умеренный климат), возможно и водная среда	Мочевина	Млекопитающие (большинство) и человек, морские костные и все хрящевые рыбы, взрослые жабы (среди земноводных)	Организм умеренно потребляет воду, не испытывая ни ее жесткого недостатка, ни переизбытка

Продолжение

1	2	3	4
Суша (пустыни), соленая вода	Мочевая кислота	Наземные насекомые, птицы, пресмыкающиеся, по некоторым данным, взрослые хрящевые рыбы	Организм вынужден постоянно экономить воду и выделять небольшое количество концентрированной мочи



Однако данные, представленные в табл. 4, несколько обобщенные, на практике все выглядит сложнее. Каждая группа живых организмов, ныне обитающая на Земле, прошла длительный путь эволюционного развития, приспосабливаясь к определенной среде обитания. Так, группа костных рыб имеет два продукта выделения – аммиак и мочевины. Виды, обитающие в пресной воде, выделяют аммиак, обитатели морей и океанов – мочевины (иногда триметиламиноксид ($\text{CH}_3)_3\text{NO}$), чтобы избавиться от лишней соли.

Следует помнить, что каждый вид организмов стремился освоить те условия, при которых не будет напряженной конкуренции с другими обитателями тех же территорий. В то же время одни и те же органы выделения формируются и сохраняются внутри крупных таксонов – классов или типов животных. В результате многие виды приспособились к тому, чтобы их личинки развивались в одной среде, а взрослые особи – в другой. Также у многих видов сформировались дополнительные органы для выделения излишних солей и экскретов или, напротив, экономии воды и электролитов (солей). Поэтому представленные в табл. 4 сведения носят обобщенный характер и не учитывают конкретный вид организмов и конкретную стадию их жизненного цикла.



Мочевина, мочевая кислота, аммиак, гуанин, экскрет, электролит.



Знание и понимание

1. Объясните, почему продукты азотистого обмена одинаковы у организмов, обитающих в сходных условиях окружающей среды.
2. Опишите виды азотистых экскретов и дайте характеристику их свойств, значимых для организма.

Применение

1. Определите связь между средой обитания, систематической группой организмов и продуктом азотистого обмена.
2. Назовите причины, по которым именно аммиак характерен для жидкой, неконцентрированной мочи, а мочевая кислота – самой плотной (твердой), т. е. концентрированной.

Анализ

1. Изобразите в виде схемы организмы, их среду обитания, процесс поступления и выделения воды, тип экскрета и органы выделения.
2. Докажите на примерах, что среда обитания, особенности организма (строение покровов, выделительных органов, тип пищи, доступность влаги, способность к полету) определяют конечный продукт азотистого обмена веществ. Пауки и скорпионы выделяют гуанин. Опираясь на структурную формулу гуанина и мочевой кислоты и зная образ жизни и среду обитания этих членистоногих, объясните, противоречит ли это явление общей тенденции.

Синтез

1. Порассуждайте, будет ли меняться продукт выделения у взрослых особей и стадии личинки проходных рыб, пустынной жабы, стрекозы.
2. Обсудите и оцените задание по предмету «Познание мира», использованное на ПГК в 2012 году: «Какое животное пьет ногой?». Среди вариантов ответа: собака, кошка, обезьяна, лягушка, улитка. Можно ли перефразировать задание и сказать «*пьет кожей*»? Учитывая, что самые крупные части тела лягушки – это задние конечности, уместна ли использованная формулировка? Ответ аргументируйте.

Оценка

1. Напишите реферат, отразив в нем следующие понятия: *пойкилоосмотические* и *гомойосмотические животные*, *гиперосмотические* и *гипоосмотические животные*, *хлоридные клетки жабр акул*, *солевые* или *клоачные железы пресмыкающихся* и *птиц*, *носовые железы нельющих ящериц*, *жировые тела насекомых* и *паукообразных*.
2. Оцените значение следующих явлений:
 - Организм человека может выделять разбавленную (гипотоническую) мочу при избытке воды и концентрированную (гипертоническую) при обезвоживании. Главные механизмы регуляции этого обеспечиваются нейрогуморально.
 - У единственных среди млекопитающих – верблюдов продуктом выделения является мочевая кислота.
 - Птичий помет – ценное азотсодержащее удобрение, но даже небольшое его превышение в почве может вызвать гибель растений.
 - Кенгуровая крыса, предположительно, может всю жизнь обходиться без воды, но, в отличие от пустынных ящериц, тоже способных на это, она питается не листьями верблюжьей колючки, а сухим зерном.

Глава 8. КООРДИНАЦИЯ И РЕГУЛЯЦИЯ

§ 22. Типы и функции нейронов, синапсы и медиаторы

Цель изучения этой темы: установить взаимосвязь между строением нервной клетки и функцией нервной клетки; анализировать функции нервной ткани и ее структурных компонентов.

*Что такое **нейрон**? Из каких частей он состоит? Куда передают импульс дендриты и аксоны, каково их количество, цвет и отличия в строении? Что такое **нейроглия** и для чего она нужна? Какова связь между частями нейрона и серым и белым веществом мозга? Какие типы нейронов входят в состав рефлекторной дуги?*



Что нужно повторить для успешного изучения темы? § 36, 40 – учебник для 7 класса; § 2 и 43 – учебник для 8 класса.

Функции нервной ткани. *Нейроны* – основные клетки нервной ткани. Вспомогательные клетки – *нейроглия*, или *глия*, или *глиальные клетки* (звездчатые, или клетки-спутницы). Их намного больше. Глиальные клетки защищают, поддерживают и питают нейроны. Без глиальных клеток нейроны не смогли бы функционировать.

Нейроны способны реагировать на воздействие, вырабатывая *нервный импульс* (слабый электрический ток, или биологический потенциал). Они также способны передавать нервный импульс (проводимость).

Строение нейрона. Каждый нейрон состоит из тела и отростков. Короткие ветвящиеся отростки – *дендриты*. Их может быть один или несколько. Они не имеют отдельной жировой оболочки. На концах этих сильно коротких отростков есть специальные *рецепторные мембраны*, благодаря которым возбуждение быстро передается в тело клетки. То есть нервный импульс по дендритам проводится к телу клетки.

Один длинный отросток – *аксон*. Значительная часть аксона заключена в оболочку из жироподобного вещества – *миелина*. По аксону импульс передается от тела клетки-нейрона на другую клетку (нейрон, миоцит или клетку железистого эпителия).

Дендриты и тела нейронов составляют *серое вещество мозга*, а аксоны – *белое вещество*.

Способность клеток отвечать на воздействие изменениями называется *возбудимостью*. Возбудимые ткани: нервная – выработка импульса; мышечная – сокращение; железистый эпителий – секреция (синтез) и выделение каких-либо веществ (например, слюны).

Синапсы и медиаторы. Окончания нейронов – аксоны связываются с другими клетками не беспорядочно, а через специальные структуры – *синапсы*. *Синапс* (греч. *синапсис* – «соединение, связь») – это образование, служащее для передачи нервного импульса между возбудимыми клетками.

По типу клеток, с которыми осуществляется связь, синапсы бывают трех видов. Если синапс (связь) образуется на месте контакта одного нейрона с другим нейроном (рис. 31) – это *нейрон-нейронный синапс*. Если нейрон связывается с клеткой мышцы – это *нейронно-мышечный синапс*. Если же нейрон связывается с клетками железистого эпителия (рис. 32), то это *нейронно-железистый синапс*. Итак, в зависимости от типа взаимодействующих клеток синапсы бывают *межнейронными, мышечными и секреторными*.

Через синапсы передается нервный импульс (информация) в виде слабого электрического тока – *биологического потенциала*. Если удалить синапс, то нейрон, как бы сильно он ни был возбужден, не сможет передать нервный импульс соседней клетке через любой другой вид межклеточных контактов.

Передача сигналов через синапс осуществляется с помощью *медиаторов* (лат. *медиатор* – «посредник»). Это специфические вещества, которые, воздействуя на клетку через синапс, вызывают изменения заряда ее мембраны и изменение состояния клетки в целом. Например, механизм мышечного сокращения, как результат воздействия медиатора, будет рассмотрен подробнее в курсе 10 класса.

По функциональному значению синапсы могут быть *возбуждающими* и *тормозными*. Причем именно тип медиатора является основным отличием, обеспечивающим противоположные функции возбуждающих и тормозных синапсов.

Большинство нейронов образует тысячи синапсов. Один аксон может контактировать через синапсы с десятками других нейронов.

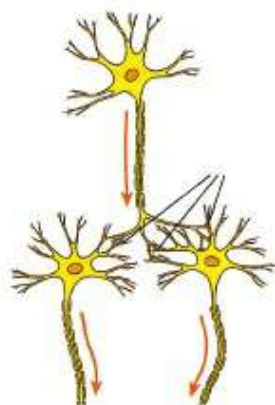


Рис. 31. Пример нейрон-нейронного синапса

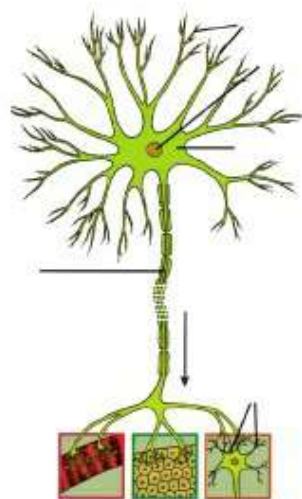


Рис. 32. Пример нейронно-железистого синапса

Типы нейронов могут отличаться в зависимости от различных факторов. Чаще всего это особенности функций, выполняемых в составе рефлекторной дуги, и количество отростков у нейронов. Рассмотрим для начала уже известную вам классификацию нейронов по выполняемым функциям: в составе рефлекторной дуги выделяют три типа нейронов: *чувствительные, двигательные и вставочные*.

О классификации типов нейронов в зависимости от особенностей строения оболочки аксона речь пойдет в следующем параграфе.



Аксон, дендрит, миелин, синапс, медиатор, биологический потенциал.



Знание и понимание

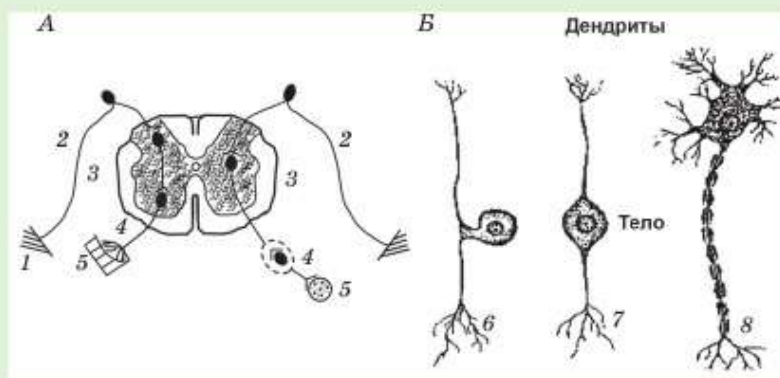
1. Объясните, для чего нужны дендриты и аксоны.
2. Опишите два вида клеток, входящих в состав нервной ткани, их строение, количество и функции.

Применение

1. В какой части нейрона находятся структуры, обеспечивающие его жизнь: ядро, рибосомы, митохондрии, ЭПС, комплекс Гольджи, цитоплазма? Какова их роль?
2. Сравните дендриты и аксоны, используя все перечисленные признаки: строение, функции, наличие синапсов, рецепторных мембран, миелиновой оболочки, серого и белого вещества, нервов и нервных узлов.

Анализ

1. Проанализируйте рисунки (А и Б). Определите, к каким типам классификации они относятся.



2. Изобразите в виде схемы различные типы классификации нейронов, например, так:



Синтез

1. Дайте общее описание функционирования нервной ткани и различных структур, входящих в ее состав.

Оценка

1. Оцените эволюционное значение формирования изученных элементов: нейронов и их компонентов, глиальных клеток и нейронов; чувствительных, вставочных и двигательных нейронов.
 2. Напишите реферат о процессе формирования нервных элементов у различных групп животных в процессе эволюции.



Моделирование № 2. Изучение нервной ткани.

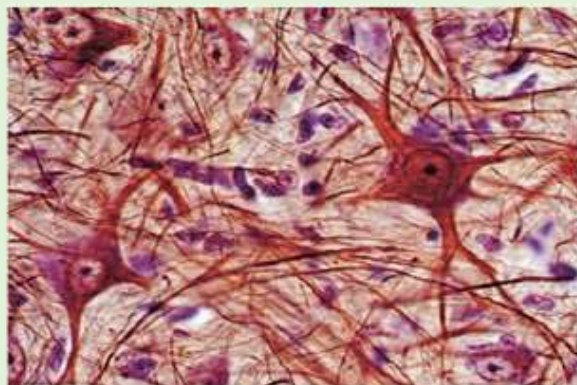
1. На рисунке показаны компоненты, входящие в состав нервной ткани.



2. Проанализируйте и укажите роль каждого компонента нервной ткани (его другие названия, кроме указанных на рисунке) и функции отдельных компонентов, заполнив таблицу.

Компонент	Его иное название	Функции
Нейрон		
Клетки-спутницы		
Кровеносный сосуд (мельчайший)		

3. Рассмотрите рисунок. Назовите видимые вами структурные компоненты нервной ткани, зарисуйте и обозначьте их.



§ 23. Возникновение нервных импульсов и показатели их проведения в различных типах нейронов

Цель изучения этой темы: описывать возникновение и проведение нервного импульса.

*Что такое **нервный импульс** с точки зрения физики? Какими приборами его можно измерить? Какие ткани животного организма относятся к возбудимым? Что такое **активный транспорт** и **Na/K-насосы**?*



Что нужно повторить для успешного изучения темы? § 36 – учебник для 7 класса; § 43 – учебник для 8 класса; § 13 данного учебника.

Мембранный потенциал, потенциал покоя и потенциал действия. Все живые клетки, причем как растений, так и животных, имеют определенный заряд клеточной мембраны. В основе создания разности потенциалов, т. е. электрического заряда, лежат механизмы активного транспорта ионов через мембрану клеток, описанные в § 13 данного учебника. Предположительно, Na/K-насосы выкачивают 2 иона натрия наружу клетки, при этом вкачивая 1 ион калия. По другим сведениям, на 3 иона Na приходится 2 иона K. Так или иначе, мембрана живых клеток снаружи заряжена положительно, а внутри, со стороны цитоплазмы, – отрицательно. Пока клетка жива и способна тратить энергию на активный транспорт ионов через мембрану, эта разность зарядов сохраняется и называется

мембранный потенциал. Величина этого показателя колеблется от 60 до 90 мВ (милливольт). У нейронов этот показатель составляет 70 мВ.

Потенциал покоя – это параметр, применяемый только для характеристики возбудимых клеток. *Мембранный потенциал* есть у клеток кожи, хрящей, сухожилий и у клеток мякоти листа в теле растения. Но если эти клетки подвергаются воздействию, заряд их мембраны все равно не изменится, т. е. изменения мембранного потенциала не произойдет. Если же воздействию подвергнется клетка *возбудимой ткани* (нервной, мышечной или железистой), заряд ее мембраны изменится. Такое изменение и будет называться *потенциалом действия*. Таким образом, *мембранный потенциал* – это величина, характерная для любых клеток. Однако *мембранный потенциал возбудимых клеток* правильнее называть *потенциалом покоя*. Ведь под воздействием, например, нервного импульса, заряд их мембраны изменяется, а у невозбудимых клеток изменения не произойдет.

Потенциал действия нейронов составляет примерно 110–120 мВ.



Главную роль в механизмах возникновения потенциала действия играет открытие так называемых «ионных каналов», в результате чего заряд мембраны изменяется.

Возникновение и проведение нервных импульсов в настоящее время изучены достаточно хорошо. Чтобы как следует разобраться в этих процессах, необходимо рассмотреть строение нейрона подробнее (рис. 33).

Миелиновая оболочка находится на аксоне не в виде «сплошного рукава», надетого на нервное окончание. Она представляет собой отдельные вспомогательные и высокоспециализированные *шванновские клетки*,

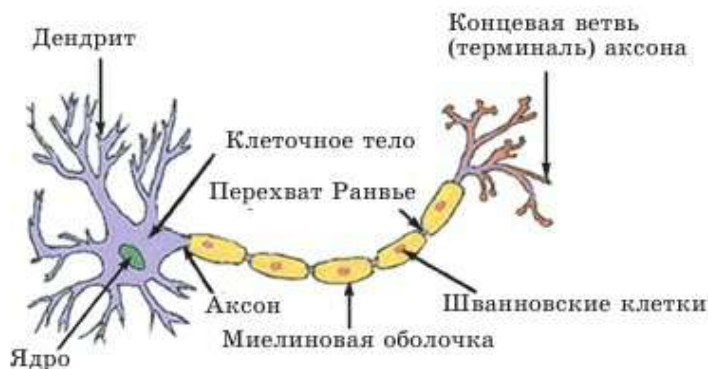


Рис. 33. Структура нейрона

которые как бы «накручиваются» на аксон. Они имеют свою собственную цитоплазму и хорошо различимое ядро. Миелин – жироподобное вещество, а точнее *липопротеид*, т. е. белково-жировое соединение. За формирование – синтез *миелина* и его накопление в оболочке нейрона отвечают именно шванновские клетки.

Между этими клетками находятся прерывистые участки, которые получили название *перехваты Ранвье*.

Скорость проведения в миелинизированных и немиелинизированных аксонах. Миелинизированные и немиелинизированные оболочки аксона – это еще один принцип для классификации нейронов. Те нейроны, которые имеют хорошо выраженную миелиновую оболочку, на которой между шванновскими клетками хорошо видно разделение – перехваты Ранвье, называются *миелинизированными*, или *мякотными*. Если же на аксонах шванновские клетки выражены слабо, а перехваты Ранвье вообще не обнаруживаются, такие волокна называются *немиелинизированными*, или *безмякотными*.

В составе спинного мозга находятся только миелинизированные волокна. Безмякотные могут встречаться в периферических вегетативных нервах либо у низших (беспозвоночных) животных, нервная система которых эволюционно не сформировалась до высокого уровня.

Скорость проведения нервного импульса в мякотных волокнах значительно выше, чем в немиелинизированных.

Скорость в миелинизированных волокнах может составлять 120 м/с, в то время как в немиелинизированных – всего 0,5 м/с.



Нервный импульс, мембранный потенциал, потенциал покоя, шванновские клетки, липопротеид, миелинизированные и немиелинизированные волокна, перехваты Ранвье.



Знание и понимание

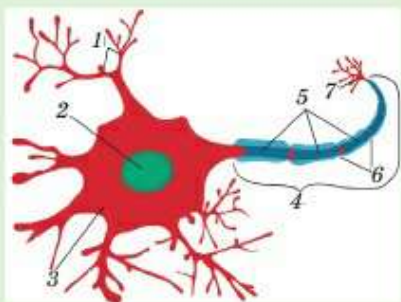
1. Дайте определения понятиям: *мембранный потенциал, потенциал покоя и потенциал действия*.
2. Объясните, почему термин *мембранный потенциал* можно применить к любой клетке, а термин *потенциал покоя* – только к возбудимым?

Применение

1. Чем отличаются возбудимые клетки от всех остальных?
2. Определите связь между возбудимостью клеток и изменением их мембранного потенциала.

Анализ

1. Проанализируйте рисунок и определите номера, под которыми указаны шванновские клетки, перехваты Ранвье, окончания с синапсами, дендриты, аксон, ядро, цитоплазма и тело нейрона.
2. Выскажите ваше мнение о причинах формирования у позвоночных животных миелинизированных волокон.

**Синтез**

1. Порассуждайте, можно ли сказать так: «Любой потенциал покоя является мембранным потенциалом, но не любой мембранный потенциал является потенциалом покоя». Ответ аргументируйте.
2. Оцените эволюционное значение формирования нейронов и глиальных клеток. Зависит ли уровень развития животных организмов от развития нервных элементов, в частности миелинизированных и немиелинизированных нейронов?

Оценка

1. Напишите реферат о механизмах, лежащих в основе изменения скорости нервного импульса, в зависимости от суммарного сопротивления мембраны аксона, его миелиновой оболочки и окружающей среды (межклеточной жидкости).



2. **Моделирование № 3. Изучение скорости возникновения и проведения нервных импульсов.**

Обсудите формулировку некоторых авторов относительно более высокой скорости проведения нервного импульса в миелинизированных волокнах: «Это объясняется тем, что благодаря перехватам Ранвье импульс распространяется по ним как бы «скачкообразно» или «сальтообразно», т. е. «делает сальто» по перехватам Ранвье».

§ 24. Электрические процессы в живых организмах

Цель изучения этой темы: изучать электрические процессы в живых организмах.

У каких органов человека в медицинских целях измеряют электрическую активность? В какой среде обитания на нашей планете электричество проводится лучше всего? Что вы слышали об электрических скаках, урях и сомах? Какие электрические и электрохимические процессы, происходящие в возбужденных клетках и тканях, вами уже изучены? Каковы их механизмы?



Что нужно повторить для успешного изучения темы? § 36, 44 – учебник для 7 класса; § 24 – учебник для 8 класса.

Электрические процессы в живых организмах. Как вы уже успели заметить, для живого тоже характерна определенная электрическая активность. Живые эукариотические клетки имеют электрически заряженную мембрану. Еще большую электрическую активность имеют мембраны энергетических органоидов: хлоропластов и митохондрий. Но если клеточные электрические процессы имеют микроскопические заряды, то скопления клеток способны вырабатывать уже более серьезные импульсы.

Если говорить об электрической активности представителей разных царств живого, то на первом месте непременно будут стоять животные. Изначально именно представители царства животных более активны, затрачивают больше энергии. Активное передвижение требует механической энергии, которая в свою очередь преобразована из химической энергии (АТФ, расщепление белков, жиров и углеводов пищи). То есть представители царства животных сами по себе находятся на более высоком уровне, чем представители всех других царств живого. В ходе эволюции многоклеточные животные оказываются более продвинуты, в том числе и энергетически, чем одноклеточные. А позвоночные более совершенны в плане выработки, преобразования и использования энергии, чем беспозвоночные. Неудивительно, что электрически активные органы сформировались именно у позвоночных животных.

Методы изучения электрической активности в организме человека – это уже известные вам *электроэнцефалографы* и *электрокардиографы*. Оба типа этих приборов фиксируют электрическую активность клеток мозга и сердца (записывают «кривую»), отображая электрические колебания в их клетках. Это очень чувствительные приборы, так как электрическая активность клеток сердца и мозга невелика. Поэтому мозг можно назвать электрически активным органом, но неверно называть его электрическим органом. В биологии *электрическими* называют *органы*, способные вырабатывать ток большой силы, для фиксации которого не нужны специальные высокочувствительные приборы. Факт выработки в таких органах электрического тока воспринимается другими живыми организмами из-за большой величины электрического разряда.

Электрические органы лучше всего развиты у позвоночных животных, которые эволюционно всегда обитали в водной среде. Это и неудивительно, ведь именно водная среда, в отличие от воздушной (наземно-воздушной) или почвенной, лучше всего проводит электрический ток.



Строго говоря, эффективно ток проводят не сами молекулы воды, а растворы *электролитов*, роль которых в природе выполняют соли. Вода Мирового океана соленая, следовательно, представляет собой насыщенный раствор электролитов. Водоемы суши с пресной водой тоже могут проводить электрический ток, хотя их соленость намного ниже, но и там содержится недистиллированная (химически чистая) вода, не имеющая никаких примесей.

Жизнь зародилась в Мировом океане. Самыми древними позвоночными животными – обитателями водной среды являются рыбы.

Вокруг тела любой рыбы существует электрическое поле. Но оно настолько слабое, что для его фиксации нужны специальные приборы, как и для фиксации электрической активности мозга человека.

Вода не только электропроводная, но и значительно более плотная среда, чем воздух. В связи с этим у рыб сформировался специфический орган чувств – *боковая линия* (рис. 34). Она позволяет даже полностью слепой хищной рыбе настигать добычу, так как воспринимает изменения давления воды. А когда уплывающая жертва двигается, расходящиеся от ее движений волны фиксируются рецепторами боковой линии. Боковая линия представляет собой углубления в коже, расположенные вдоль позвоночника, в которых находятся барорецепторы, реагирующие на изменения давления окружающей воды. *Электрические рецепторные органы* рыб сформировались на основе боковой линии.

Они способны вырабатывать электрические разряды большой мощности – от 300 В у скатов и до 650 В у электрических угрей (рис. 35). Эти органы служат средством защиты и нападения, позволяют парализовать или убивать добычу, превосходящую по размеру рыбу – носителя этих органов.

Эволюционно электрические органы образовались из самых активных в электрическом плане клеток возбудимых тканей. Хотя расположение электрических органов у разных рыб различно, но общий план их строения

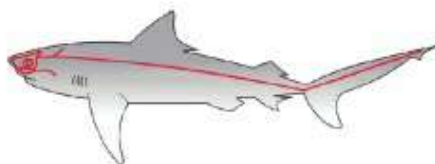


Рис. 34. Расположение боковой линии у акул

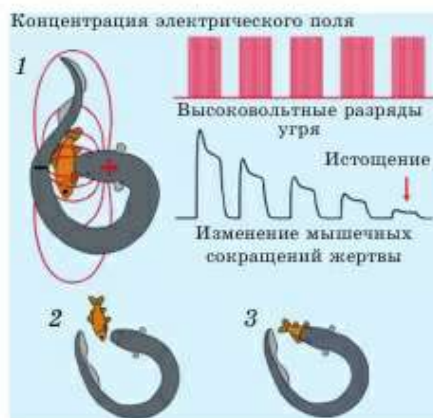


Рис. 35. Электрические органы угря в работе

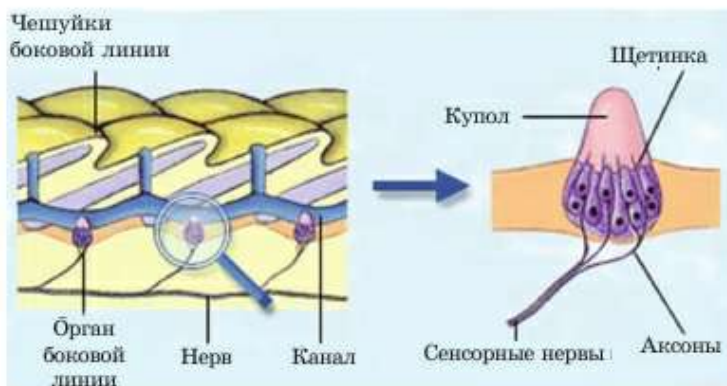


Рис. 36. Строение боковой линии

сходен (рис. 36). Они представляют собой столбики из электрических пластинок – видоизмененных *возбудимых клеток* – нервных, мышечных или железистых. Благодаря работе мембран этих клеток на поверхности пластинок возникает электрический заряд. Причем клетки электрических органов способны работать непрерывно, пока к ним поступают необходимые вещества и удаляются шлаки – неиспользуемые результаты химических реакций.

Чтобы выработать ток достаточной силы, электрические пластинки собираются в электрические столбики. Количество клеток-пластинок в столбиках может быть разным. Так у скатов в одном органе (а их органы парные) расположено около 500 столбиков, в каждом из которых находится еще по 400 клеток-пластинок. То есть задействовано значительное количество клеток.

Электрорецепторы – чувствительные образования у животных, способные ощущать электрические сигналы из окружающей среды. Они используются для поиска добычи, восприятия магнитного поля Земли и обнаружения других электрически активных особей.

Электрорецепторы обнаружены у электрических рыб. Возможно, что они есть и у других видов рыб. Основанием для этого, в частности, служит наличие природных электрических токов в водах морей и океанов, плотность которых достигает $3 \cdot 10^6$ А/см², по ним, возможно, ориентируются рыбы при своих миграциях.

По строению и происхождению электрорецепторы сходны с боковой линией. Сами чувствительные клетки располагаются на дне кожных углублений и свободно омываются внешней водой. По своей чувствительности они значительно превышают чувствительность барорецепторов

боковой линии. Так, у представителей одного из видов электрических скатов рецепторы улавливают электрическое поле с напряжением всего 0,01 мкВ/см.

Импульсы от электрорецепторов поступают в нервы боковой линии, а далее – в головной мозг.



Электроэнцефалограф, электрокардиограф, электрические органы, электрорецептор.



Знание и понимание

1. Дайте определение электрорецепции.
2. Опишите виды электрических органов, характерных для различных животных.

Применение

1. Опишите особенности строения и функции электрических органов.
2. Определите связь между возбудимостью, средой обитания и эволюцией электрических органов.

Анализ

1. Выскажите ваше мнение о причинах двух явлений.
 - 1) Почему электрические органы хорошо развиты именно у рыб?
 - 2) Почему в основе строения электрических органов обязательно встречаются видоизмененные нервные, мышечные или железистые клетки?
2. Докажите на примерах, что в основе электрических явлений в живых системах лежат химические процессы, активный транспорт ионов через живые системы (мембраны отдельных клеток, сами клетки, ткани и органы) и накопление заряженных частиц на тех или иных поверхностях живых объектов.

Синтез

1. Оцените роль изучения различных электрических процессов в живых организмах. Какие приборы должны для этого использоваться? Имеют ли эти исследования практическое значение?
2. Порассуждайте. Электрорецепция обнаружена у утконоса, и есть предположения о наличии такого рода рецепторов у птиц. Известно около 70 видов рыб с развитыми электрорецепторами, кроме того, около 500 видов могут генерировать электрические разряды.

Оценка

1. Напишите реферат о строении, работе и особенностях строения электрических органов у разных групп организмов.
2. Выскажите свое мнение о предположениях значительной группы исследователей о наличии электрических и электрорецепторных органов у кошек и перелетных птиц. Обсудите аргументы «за» и «против» этих предположений.

3. Оцените значение следующих явлений, изученных учеными в экспериментах: «Хищная рыба нильский длиннорыл мормирус зарывается в поисках пищи головой в ил и подкарауливает добычу, непрерывно посылая импульсы тока с частотой около 100 имп/с, создает вокруг себя электрическое поле. Вхождение в него инородных тел сразу вызывает деформации, обнаруживаемые электрорецепторами. Чувствительность электролокации показывает опыт с хищным голохвостом гимнархом, реагирующим на появление в его электрическом поле стеклянной палочки толщиной в 1 мм».



§ 25. Нейрогуморальная регуляция, ее механизмы и их сравнение. Адаптация организма к стрессу

Цель изучения этой темы: объяснить механизм нейрогуморальной регуляции.

*Где находится дыхательный центр? Каковы его функции? Что происходит в нем при повышении углекислого газа в крови? Какие типы регуляции в организме (человека) существуют? Какой из них сформировался в эволюции раньше? Что такое **гуморальная регуляция**? С помощью каких органов и механизмов она осуществляется? Верно ли утверждение, что организм управляется нейрогуморально?*



Что нужно повторить для успешного изучения темы? § 27 – учебник для 7 класса; § 41 – учебник для 8 класса.

Сравнение нервной и гуморальной регуляции. Как вы уже знаете, все процессы, происходящие в организме, управляются нейрогуморально. То есть управление совместно осуществляется нервной системой и железами внутренней секреции. При одних ответных реакциях может быть более выражено действие нервной системы, при других – гуморальное воздействие гормонов. Сравним работу двух этих координирующих систем (табл. 5).

Таблица 5

Признак – особенность	Нервная регуляция	Гуморальная регуляция
Система органов	Нервная (ЦНС – мозг и ПНС – нервы)	Эндокринная – железы внутренней секреции
Эволюционная древность	Более молодая (впервые у кишечнополостных)	Более древняя (впервые у простейших)
Способ передачи команды	Нервный импульс (слабый электрический ток)	Биологически активные химические вещества (гормоны)
Функциональная единица	Нейрон – рефлекс	Гормон
Точность воздействия	Высокоточная – единичная (рабочий орган – одна мышца или железа)	Широкая – комплексная (группа клеток, тканей или органов, иногда весь организм)
Скорость поступления команды	Быстрая (доли секунды)	Медленнее (секунды)
Продолжительность воздействия	Короткая	Длительная

Нужно помнить, что в организме эти две регуляторные системы работают совместно, а не противоречат друг другу и не «борются за первенство».

Механизм нейрогуморальной регуляции на примере регуляции вдоха и выдоха. Это явление не демонстрирует совместного действия гормонов и нервной системы, а лишь показывает взаимодействие химических веществ, переносимых кровью, и нервных элементов. *Гуморальная* (лат. *гумор* – «жидкость») *регуляция* осуществляется с помощью химических веществ через жидкие среды организма (кровь, лимфу, межклеточную жидкость). В данном случае не демонстрируется роль гормонов, но они бесспорно являются важнейшим компонентом регуляции процессов взросления, размножения, обмена веществ и т. д.

Как вы уже знаете, «дыхательный центр» – это группа нейронов, регулирующих процесс сокращения дыхательных мышц. Он находится в продолговатом мозге и возбуждается по сигналу от химических рецепторов, расположенных в крупных, значимых артериях – сонных, коронарных, аорте. Хеморецепторы в свою очередь возбуждаются от увеличения количества углекислого газа в крови. А почему же растет уровень CO_2 ? Это происходит потому, что в процессе дыхания – окисления органических веществ

он выделяется из клеток организма в окружающую среду – тканевую жидкость и кровь. Следовательно, повышение CO_2 – это косвенное свидетельство недостатка O_2 в организме. Представим этот процесс в виде схемы – дуги безусловного рефлекса (схема 1).

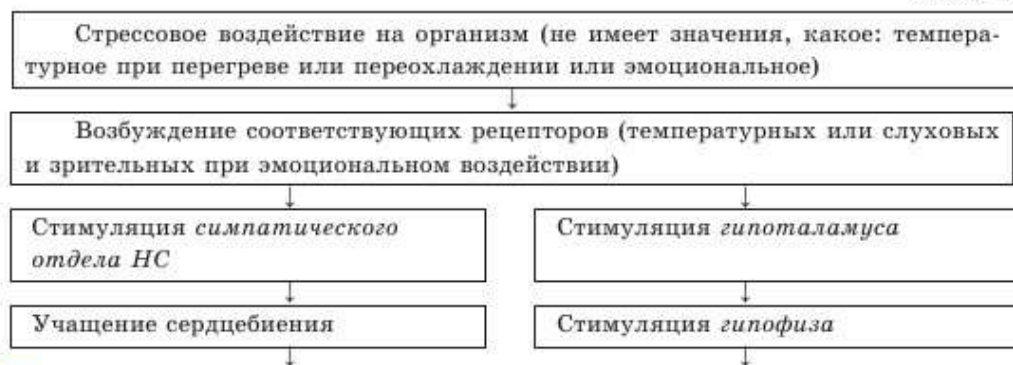
Схема 1



Адаптация организма к стрессу – это сложный физиологический процесс, в котором задействованы и нервная, и эндокринная системы. *Стресс – неспецифическая реакция организма* на воздействие экстремальных негативных (стрессовых) факторов, направленная на сохранение гомеостаза (постоянства показателей) с помощью нервных и гуморальных механизмов. Для ответной стрессовой реакции неважно, какой негативный фактор воздействовал на организм (травма, жара, холод, гнев, радость, опасность и др.). Степень ответной реакции будет определяться силой негативного воздействия, а не его типом.

Можно представить адаптацию организма к стрессу как последовательность событий, параллельно происходящих в нервной и эндокринной системах. Попробуем изобразить эти события в виде схемы 2:

Схема 2





Нейрогуморальная регуляция, дыхательный центр, хеморецепторы, стресс, гипоталамус, гипофиз, адреналин, гликоген, глюкоза.



Знание и понимание

1. Объясните, для чего нужно, чтобы нервная и гуморальная регуляции осуществлялись согласованно.
2. Опишите виды регуляции процессов в организме.

Применение

1. Сравните нервную и гуморальную регуляцию.
2. Опишите, каким образом происходит взаимодействие нервной и гуморальной регуляций при 1) смене вдоха и 2) при адаптации к стрессу.

Анализ

1. Изобразите в виде схемы последовательных событий процессы, происходящие при смене вдоха и выдоха, отразив разными цветами процессы нервной и гуморальной регуляции.
2. Проанализируйте и установите зависимость выживаемости организма от слаженного взаимодействия нервной и гуморальной регуляции.

Синтез

1. Систематизируйте по критериям различные типы регуляции.
2. В чем эволюционный смысл управления организмом с помощью нейрогуморальных механизмов? Какие преимущества обеспечивает такое взаимодействие?

Оценка

1. Напишите реферат о работе *гипофизарно-гипоталамической формации* как центра *нейрогуморальной регуляции* процессов в организме человека.
2. Дебаты: «Нервная регуляция важнее для организма человека, чем гуморальная» ↔ «Гуморальная регуляция важнее для организма человека, чем нервная».

Обсудите, правомочны ли данные тезисы.

§ 26. Система обмена информацией между мозгом и компьютером

Цель изучения этой темы: изучить особенности технологии интерфейс «компьютер – мозг».

*Что такое **нервный импульс**? Какие вы знаете способы фиксации биотоков головного мозга? Какие эксперименты по стимуляции отдельных отделов коры больших полушарий головного мозга вы помните?*



Что нужно повторить для успешного изучения темы: § 38 – учебник для 7 класса; § 40 – учебник для 8 класса.

Нейрокомпьютерный интерфейс (НКИ) – техническая система для обмена информацией между *мозгом и электронным устройством* (например, *компьютером*).

По способу взаимодействия мозга с электронным устройством выделяют три типа этих систем: 1) передающие информацию от мозга к устройству; 2) передающие информацию от устройства к мозгу; 3) двунаправленные системы, осуществляющие обмен информацией между мозгом и устройством.



Из истории: первый искусственный кремниевый чип был разработан в университете Южной Калифорнии в 2003 г., а создан и апробирован в Кливленде в 2004 г., в центре нейрохирургических исследований. Современные микросхемы способны получать импульсы от 16 тыс. мозговых нейронов биологического происхождения и посылать обратно сигналы к нескольким сотням клеток. Работа устройства была основана на способности фиксировать разность электрических потенциалов за счет выделяющихся ионов Na. В экспериментах нейроны были выделены из нейроглии и вместо нее связаны специальными белками, способными образовывать дополнительные натриевые каналы. Увеличение числа натриевых каналов повышает шансы на то, что транспорт ионов преобразуется в электрические сигналы в чипе.

Система обмена информацией между мозгом и компьютером сегодня имеет две основные практические цели – это в первую очередь нужды медицины, а также взаимодействие с гаджетами, электронными играми, использование очков виртуальной реальности и т. д.

В медицинских исследованиях есть успехи в интерфейсах, направленных на получение *функциональных нейропротезов*. **Нейропротезирование** – область неврологии, занимающаяся созданием и имплантацией искусственных устройств для восстановления нарушенных функций нервной системы или сенсорных органов (нейропротезов или нейроимплантов). Наиболее часто используется *кохлеарный нейроимплантат*, которым пользуются около 100 тыс. человек по всему миру (по данным

на 2006 г.). Однозначно успешным является разработка нейропротезов для восстановления зрения. Так, имплантаты обеспечивают передачу сигналов от поврежденной сетчатки глаза. Люди, чье зрение ранее не поддавалось восстановлению, сейчас могут воспринимать изображение с разрешением картинки 300×300 пикселей. Это, конечно, неполноценное изображение и тем более не цветное, но все-таки это значительно лучше, чем различение света и тени, которое было доступно раньше силами стандартных медицинских манипуляций. Но следует отметить, что электронная составляющая таких устройств «монтируется» не в зрительный нерв, а в остатки светочувствительных рецепторов – палочек и колбочек. То есть без сетчатки, хоть и сильно травмированной, пока не обойтись.

Подобных успехов ученые добились и в лечении органа слуха. Люди, ранее лишенные слуха, начинают слышать благодаря электронным импульсам искусственного устройства, стимулирующего слуховой нерв. Но проблема заключается в том, что люди, глухие от рождения, не могут воспринять звуки речи как отдельные звуки и воспринимают их сначала как сплошной шум. Тут необходима не нейроэлектронная, а скорее психолого-педагогическая работа, основанная на том, чтобы научить мозг взрослого человека воспринимать речь. Подробнее этот вопрос мы рассмотрим в следующем классе.

Принципиальное отличие НКИ от нейропротезирования заключается в том, что НКИ представляет собой более узкий класс устройств, взаимодействующих именно с центральной нервной системой, а не с периферическими нервами.

Суть исследований состоит в многократной фиксации биотоков мозга при определенных видах деятельности и представляет собой попытку их воспроизведения с помощью электронных устройств (желательно беспроводных). Еще с 70-х годов XX в. велись исследования, в результате которых были разработаны алгоритмы для координации движений за счет воспроизведения сигналов нейронов моторной зоны коры головного мозга. То есть удалось добиться совершения простых движений у макак путем электроимпульсов, подаваемых в мозг через устройство. Но все эти исследования были основаны только на использовании электроэнцефалограмм, фиксирующих только поверхностные биотоки мозга. Настоящий прорыв произошел в 90-х годах XX в. после применения МРТ (магнитно-резонансного томографа), по данным которого можно было уже изучать и эклектическую активность нейронов в глубине головного мозга (рис. 37).

Сегодня делаются попытки создания нейроинтерфейса «мозг – компьютер», позволяющего силой мысли управлять биологическими роботизированными экзопротезами, инвалидными колясками и любыми дру-



Рис. 37. Обследование на аппарате МРТ

гими устройствами. Подобные исследования ведутся во многих странах, и уже есть определенные экспериментальные практические результаты.

Можно выделить две основные проблемы данных исследований.

1) Не решена полностью проблема вживления этих устройств в мозг без его повреждения. На данном этапе рассматривается перспектива «пропускать» сверхтонкие электротрубки, способные проводить электрический ток, близкий по характеристикам к нервным импульсам, вблизи и вдоль крупных сосудов мозга. Другой подход – попытка создания *беспроводных – неинвазивных* устройств. Так, 9 июля 2015 г. российская «Объединенная приборостроительная корпорация» приступила к испытаниям неинвазивного НКИ. Об итогах исследований пока не заявлено. На данный момент нейроинтерфейс проходит испытания.

2) Еще одной значимой проблемой функционирования НКИ является проблема индивидуальности ответных реакций на одинаковые с точки зрения фиксирующих приборов импульсы. То есть определенный набор импульсов может по-разному обрабатываться мозгом разных людей.

Перспективы в использовании НКИ огромны, и исследования в этой области находятся по сути в самом начале. Множество лабораторий по всему миру ведут исследования. Такое мощное использование научных ресурсов обязательно принесет конкретные результаты.



Нейрокомпьютерный интерфейс (НКИ), нейропротезирование, кохлеарный нейроимплант, магнитно-резонансная томография (МРТ).

**Знание и понимание**

1. Что такое *НКИ*?
2. Как вы понимаете, что такое *технологии интерфейс «компьютер – мозг»*?

Применение

1. Назовите причины, по которым исследования в области взаимодействия «мозг – компьютер» необходимы.
2. Опишите, с помощью каких приборов велись исследования по взаимодействию «мозг – компьютер» с 70-х и после 90-х годов XX в.

Анализ

1. Проанализируйте перспективы создания НКИ.
2. Изобразите в виде схемы взаимодействие «мозг – компьютер».

Синтез

1. Порассуждайте, какие возможности открываются благодаря перспективам применения НКИ в медицине и педагогике.
2. Известны ли вам художественные произведения фантазии или фантастического жанра, описывающие перспективы применения НКИ? Если да, то обсудите с одноклассниками степень их реалистичности.

Оценка

1. Напишите реферат об особенностях технологии интерфейс «компьютер – мозг».
2. Дискуссия: «Все проблемы обучения и получения новой информации в ближайшей перспективе будут решены благодаря внедрению усовершенствованных технологий взаимодействия головного мозга с компьютерным интерфейсом».

§ 27. Механизмы поддержания гомеостаза

Цель изучения этой темы: объяснить механизм поддержания постоянства внутренней среды организма.

Что такое гомеостаз? В чем отличие этого понятия от понятия «физиологический гомеостаз»? Какие внутренние среды организма человека вы знаете? Можно ли считать процессы выделения у растений механизмами поддержания гомеостаза? Какие механизмы использует организм человека для осуществления терморегуляции? Можно ли считать терморегуляцию частным проявлением гомеостаза?



Что нужно повторить для успешного изучения темы? § 29, 30 – учебник для 7 класса; § 16, 44 – учебник для 8 класса.

Гомеостаз в качестве термина можно использовать как в широком биосферном смысле, так и применительно только к одному отдельному

организму. В данном параграфе мы будем рассматривать гомеостаз в узком смысле – как способность организма человека поддерживать постоянство своей внутренней среды.

В том или ином виде значительная часть тем, описывавших процессы в организме человека, касалась и поддержания гомеостаза. Ведь организм не может существовать без постоянного состава своей внутренней среды. Если состав крови, лимфы или тканевой жидкости значительно изменится, это обязательно приведет к гибели организма.

Незначительные колебания некоторых показателей допускаются и называются *динамическим равновесием*. Это необходимо, чтобы организм смог адаптироваться к изменениям окружающих условий. Так, например, в пределах 5% может варьироваться соотношение клеток и плазмы крови. Этот показатель в норме составляет 45% клеток на 55% плазмы. Но при обезвоживании возможно соотношение 40:60, а при поглощении большого количества воды – 50:50.

Механизмы поддержания гомеостаза в организме человека *нейрогуморальные*. Именно процессы поддержания гомеостаза показывают непосредственное взаимодействие нервной и эндокринной систем организма человека. Так почти все железы внутренней секреции (исключая поджелудочную) управляются гормонами гипофиза. В свою очередь гипофиз подчиняется нервным окончаниям и нейрогормонам *гипоталамуса* – отдела промежуточного мозга. Кора больших полушарий, воспринимающая и анализирующая информацию от органов чувств, воздействует как на гипоталамус, так и на другие отделы вегетативной НС, включая то на активный симпатический, то на пассивный парасимпатический. Параллельно гормоны и иные вещества с током крови достигают коры больших полушарий и гипоталамуса и также оказывают на них определенное воздействие по принципу обратной связи. Здесь же происходит анализ



Рис. 38. Схема гомеостаза



Рис. 39. Схема терморегуляции

информации из рецепторов об «успешности проделанной работы», т. е. о том, достигнута ли цель, сохранен ли гомеостаз (рис. 38).

Множество из физиологических показателей функционирования организма человека можно рассматривать как признак гомеостаза. Это и температура, и количество различных веществ (глюкозы, солей, белков, ионов, мочевины и мочевой кислоты и т. д.) в плазме крови, артериальное давление и ритм дыхания и сердцебиения. Рассмотрим работу механизмов поддержания гомеостаза в конкретных условиях, например поддержание температуры тела (рис. 39).

Другой пример – поддержание постоянства количество глюкозы в крови (рис. 40).

Любой другой процесс, связанный с поддержанием гомеостаза, можно представить так же. Вы уже знаете, что все процессы, происходящие в организме, управляются нейрогуморально. То есть управление не только осуществляется совместно нервной и эндокринной системами, но и происходит постоянный мониторинг эффективности предпринятых действий. При нехватке гормонов дается команда на их выделение, при их избытке – команда на их уменьшение. Это же касается и нервной регуляции. Так, если кровеносные сосуды кожи сузились, чтобы сохранить тепло, и организм достаточно согрелся, они тут же расширятся вновь до нормального диаметра. Если же организм после охлаждения начинает



Рис. 40. Схема поддержания постоянства количества глюкозы в крови

перегреться, последует незамедлительная команда на расширение капилляров кожи и выделение пота.

Любой организм представляет собой динамичную систему, направленную на поддержание своего существования. Сохраняя себя, сохраняя жизнь, организм всячески стремится поддержать постоянство своих жизненных показателей – *гомеостаз*. Механизмы этого процесса будут отличаться у растений, одноклеточных животных и высокоорганизованных существ, к которым относится человек. Но общие тенденции, направления всех имеющихся ресурсов, сил, средств и механизмов организма на сохранение гомеостаза – бесспорный признак живого.



Гомеостаз, нейрогуморальная регуляция, гипоталамус, гипофиз.



Знание и понимание

1. Объясните, почему всему живому необходимо поддерживать гомеостаз.
2. Дайте определение терминам: *гомеостаз, нейрогуморальная регуляция, гипоталамус, гипофиз.*

Применение

1. Определите связь между нервными и гуморальными механизмами, направленными на поддержание гомеостаза.
2. Опишите, каким образом происходит поддержание постоянства количества глюкозы в крови при стрессах и (или) сильных физических нагрузках.

Анализ

1. Проанализируйте этапы развития ответной реакции организма на понижение или повышение температуры окружающей среды как способа поддержания гомеостаза.
2. Изобразите в виде произвольной схемы процесс поддержания водно-солевого баланса в организме человека.

Синтез

1. Оцените роль механизмов поддержания гомеостаза в сохранении жизни организма.
2. Как взаимосвязаны нервные и гуморальные механизмы в поддержании жизненных показателей? Систематизируйте полученные знания.

Оценка

1. Считаете ли вы, что в эволюции могли появиться достаточно сложные многоклеточные животные организмы, способные обходиться без гомеостаза? Ответ аргументируйте или организуйте дискуссию.
2. Оцените эволюционное значение формирования нейрогуморальных механизмов поддержания гомеостаза в организмах высших животных.

§ 28. Регуляторы роста и развития растений

Цель изучения этой темы: анализировать влияние ростовых веществ на жизнедеятельность растений.

За счет каких клеток и тканей осуществляется рост растительного организма? Могут ли быть у растений: 1) системы органов, управляющие организмом? 2) возбудимые элементы, аналог нервной системы, 3) железы внутренней секреции, 4) гормоны? Какие движения характерны для растений, и чем они принципиально отличаются от движений животных?



Что нужно повторить для успешного изучения темы? § 32, 33 – учебник для 7 класса; § 2 – учебник для 8 класса.

Фитогормоны – это биологически активные вещества, синтезируемые в специализированных растительных тканях (клетках) и влияющие на организм растений в микроскопических концентрациях. В отличие от животных, растения не совершают активных движений, управляемых нервной системой. Движения всех видов растений обеспечиваются ростом их клеток в определенном направлении. Следовательно, в качестве механизмов управления организмами растений будут использоваться только вещества, влияющие на рост клеток растений, и вещества, изменяющие жизненное состояние растения.

У растительных организмов нет таких систем органов, как нервная и эндокринная. Фитогормоны вырабатываются и выделяются в организм не из специализированных органов, а из клеток определенного типа. Так фитогормоны, стимулирующие организм растения к росту, активным фазам (цветение, разворачивание почек), вырабатываются в клетках образовательной ткани. Если же это гормоны, переводящие организм в состояние покоя (опадание листьев, созревание плодов и семян), они образуются в клетках спелых плодов.

Действие фитогормонов совсем не так специализированно, как действие гормонов в организме человека и животных. Фитогормоны действуют более широко, практически на весь организм, а не на отдельные его системы и органы. Кроме того, фитогормоны не действуют в одиночку, они вырабатываются одновременно и часто действуют совместно. Поэтому ученым в экспериментах на реальных живых растениях бывает сложно отличить результаты воздействия одного гормона от другого. Именно по этой причине в практических целях применяют не отдельные гормоны, а их смеси в разных пропорциях.

Типы действия фитогормонов. Как вы уже поняли, все фитогормоны можно разделить на две большие группы: стимулирующие жизнедеятель-

ность и переводящие организмы в состояние покоя. В целом выделяется пять основных типов фитогормонов, три из которых – стимулирующие, а два – ингибирующие (тормозящие или останавливающие). Рассмотрим их подробнее (табл. 6).

Таблица 6

Тип действия	№	Фитогормон	Действие фитогормона	Влияние
Стимулирующее	1	Ауксин (ИУК)	Рост всех частей растения, особенно верхушечных меристем, корнеобразование	Переводит организм растения в активное состояние
	2	Гиббереллин	Рост и растяжение клеток, особенно стебля, меньше корней	
	3	Цитокинин	Корнеобразование, появление и рост листьев	
Ингибирующее	4	Этилен	Созревание плодов и семян	Переводит организм растения в состояние покоя
	5	Абсцизовая кислота	Пожелтение и опадание листьев	

Гормоны различаются также по типу действия. Часть из них действует на ДНК, блокируя или, напротив, стимулируя биосинтез тех или иных генов. Точно установлено, что появление фитогормонов в организмах растений изменяет количество и качество белков-ферментов, контролирующих

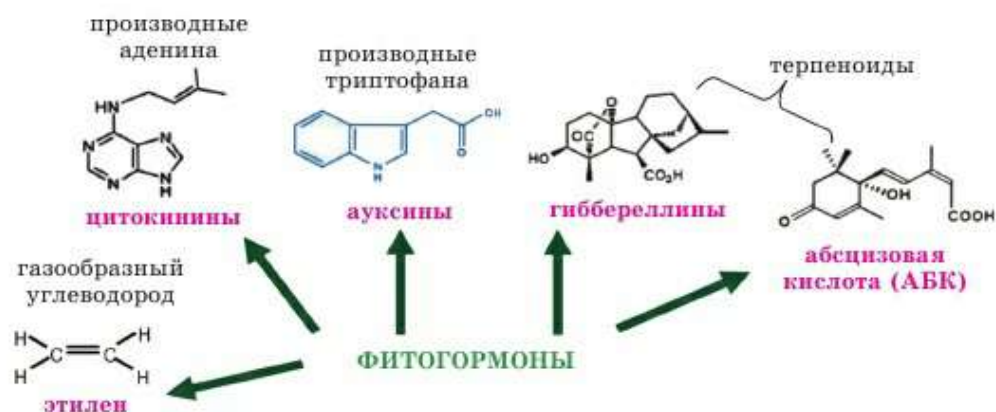


Рис. 41. Химический состав фитогормонов

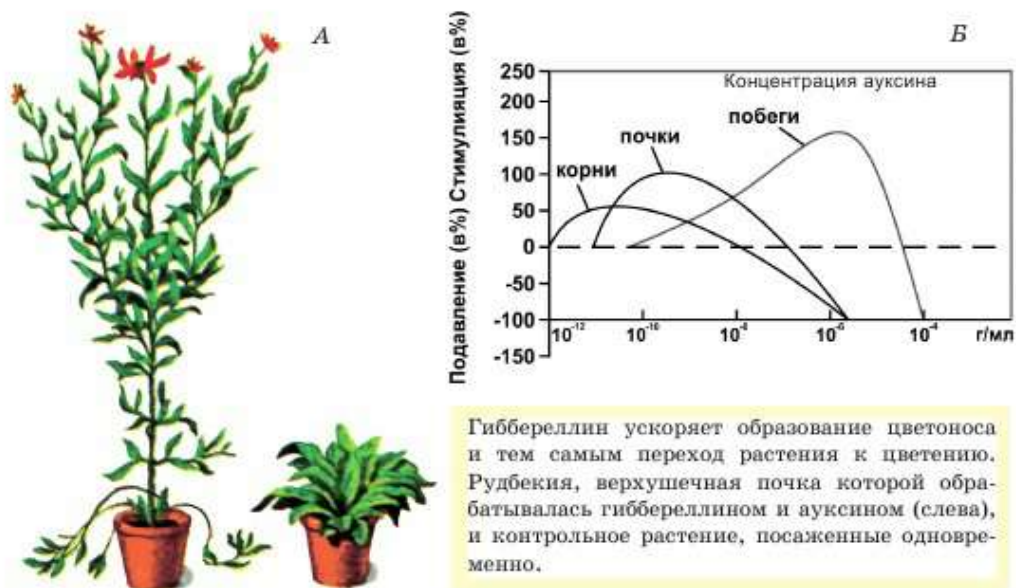


Рис. 42. Практическое применение ауксина и гиббереллина

определенные химические реакции и в результате приводящих к изменению жизненных процессов. Да и по своей химической природе фитогормоны часто напоминают циклические фрагменты нуклеотидов (рис. 41).

Фитогормоны – это не единственные вещества в организме растений, которые могут усиливать или, напротив, угнетать (ингибировать) те или иные процессы. Ученые выявили еще около 40 стимулирующих рост растений веществ, которые называют *факторами роста*, или *ростовыми веществами*.

Практическое применение ауксина. Ауксин и другие фитогормоны широко используются в растениеводстве. Так, обработанные смесью гиббереллина и ауксина лабораторные растения показывали увеличение роста в 2–3 раза по сравнению с контрольными (необработанными) экземплярами (рис. 42А). Но и применение чистого ауксина без примеси гиббереллина тоже давало значительные результаты (рис. 42Б).

Вы сможете сами убедиться в активности ауксина в ходе выполнения лабораторной работы.



Фитогормоны, ингибирование, ауксин, гиббереллин, цитокинин, абсцизовая кислота, этилен, ростовые вещества (факторы).

**Знание и понимание**

1. Что такое *фитогормоны*?
2. Как вы понимаете термины *стимулирующие* и *ингибирующие фитогормоны*?

Применение

1. Опишите функции ауксина.
2. Определите связь между типом фитогормона и его действием в организме растения.

Анализ

1. Изобразите в виде схемы роль стимулирующих фитогормонов в организме растения.
2. Изобразите в виде схемы роль ингибирующих фитогормонов в организме растения. Можно ли объединить обе эти схемы в одну?

Синтез

1. Порассуждайте, что произойдет, если:
 - 1) срезанные черенки смородины (тополя или другого растения) поставить в обычную воду и в воду с добавлением фитогормонов;
 - 2) в один из ящиков с зелеными томатами (абрикосами, грушами) положить спелый плод, а в другой ящик – нет;
 - 3) в июне опрыскать листья яблони (вишни, тополя) абсцизовой кислотой.
2. Перечислите, в чем сходство и различия между гормонами животных и растений. Выявите наибольшее количество критериев для сравнения.

Оценка

1. Напишите реферат на одну из тем:
 - 1) Влияние фитогормонов на организмы животных и (или) микроорганизмов.
 - 2) Выработка фитогормонов у грибов, низших растений (водорослей).
2. Оцените эволюционное значение фитогормонов. Почему они сформировались именно у высших растений?



Лабораторная работа № 6

Исследование влияния ауксина на растения

Цель работы: анализировать влияние ростовых веществ на жизнедеятельность растений.

Оборудование: живые молодые комнатные растения (пеларгония, циперус или любые другие быстро растущие экземпляры молодых растений, желательно размноженных вегетативно из материнского растения; листья фиалки или ци-

перуса для черенкования), готовые стимуляторы роста на основе ауксина, дистиллированная вода, весы, штатив с пробирками, дозатор.

Примечание. Для реализации цели лабораторной работы № 6 опыты должны быть поставлены за 6–14 дней до проведения лабораторной в зависимости от выбранного объекта.

Необходимо до проведения самой лабораторной поставить эксперименты либо по отслеживанию роста (растяжения побегов) комнатных растений, либо по отслеживанию интенсивности корнеобразования (если отследить рост не представляется возможным). Можно поставить серию опытов с разными препаратами (с разным процентным содержанием ауксина), можно – с одним препаратом, варьируя концентрацию ростового вещества. Главная сложность выполнения работы при закладке опытов – это соблюдать точность разведения – концентрацию используемого препарата. Для этого необходимы дозатор и дистиллированная вода. Следует также помнить, что для контрольных экземпляров необходимо использовать не дистиллированную, а отстоянную водопроводную воду.

Ход работы

1. Оцените состояние вегетативных органов растений, подвергшихся воздействию ауксина (либо смеси гормонов), и контрольных растений.
2. Измерьте длину, подсчитайте количество образовавшихся за время опыта побегов и (или) корней.
3. Данные занесите в произвольную таблицу.

Опытный (тип стимулятора или его концентрация) или контрольный экземпляр	№ пробирки (растения)	Побеги		Корни	
		Длина	Количество	Длина	Количество

4. Укажите, с каким из стимуляторов или его концентрацией образовались наиболее развитые вегетативные органы.
5. Сделайте вывод об эффективности воздействия фитогормонов.

Глава 9. ДВИЖЕНИЕ

Демонстрация

Работа основных мышц, роль плечевого пояса в движениях руки. Регуляция мышечных движений

Оборудование: торс человека, таблицы, фото- или видеоматериалы, демонстрирующие роль плечевого пояса в движениях руки.



Рис. 43. Мышцы плечевого пояса

Мышца	Начало	Прикрепление	Функция
1	2	3	4
Дельтовидная мышца	От латеральной трети ключицы, затем от акромиона и от ости лопатки на всем протяжении	Дельтовидная бугристость плечевой кости	Передние пучки мышцы, сокращаясь, принимают участие в сгибании руки в плечевом суставе; задние – в ее разгибании; средние и вся мышца в целом отводят руку до горизонтального положения.
Надостная мышца	Надостная ямка лопатки	Верхушка большого бугорка плечевой кости	Синергист дельтовидной мышцы

Продолжение

1	2	3	4
Подостная мышца	Подостная ямка лопатки	Большой бугорок плечевой кости	Вращает плечо наружу
Малая круглая мышца	Латеральный край лопатки	Большой бугорок плечевой кости	Вращает плечо наружу
Большая круглая мышца	Нижний угол лопатки	Гребень малого бугорка плечевой кости	Вращает плечо внутрь
Подлопаточная мышца	Реберная поверхность лопатки	Малый бугорок плечевой кости	Вращает плечо внутрь

Можно организовать проведение самонаблюдения работы основных мышц, роли плечевого пояса в движении руки.

Ход работы

1. В положении сидя найдите нижний угол левой лопатки. Отведите левую руку в сторону до горизонтального уровня. Происходит ли смещение лопатки?
2. Продолжите движение руки до верхнего вертикального положения. Происходит ли смещение лопатки?
3. Положите руку на левую ключицу и повторите движение. В каком случае происходит движение ключицы?

Вывод. Какова роль плечевого пояса в движении руки?



Лабораторная работа № 7 Изучение процесса утомления мышц при статической и динамической работе

Цель: исследовать зависимость работы от частоты мышечных сокращений.

Оборудование: секундомер, груз массой 1,5 и 3 кг, кистевой силомер.

Ход работы

Чтобы исследовать различие между статической и динамической работой, необходимо поставить два опыта, связанных со статической и динамической нагрузкой.

Так как в опытах могут участвовать один или множество испытуемых, для того чтобы исключить влияние исходных физических данных, в случае если испытуемых несколько, измеряется сила каждого из них с помощью кистевого силомера. Если же испытуемый один, то это измерение можно не проводить.

Опыт 1. Утомление при статической работе.

1. Испытуемый берет груз массой 1,5 кг и держит его в руке, отведенной в сторону под прямым углом к туловищу.
2. На уровне вытянутой руки делается отметка мелом на доске и включается секундомер.
3. Наблюдаются отклонения руки от отметки, фиксируется, за какое время произошло утомление мышц.
4. Испытуемый берет груз массой 3 кг. Пункты 2 и 3 повторяются для опыта с весом в 3 кг.

Опыт 2. Утомление при динамической работе.

1. Испытуемый поднимает тот же груз (1,5 кг, 3 кг) до сделанной метки.
2. Испытуемый может делать движения рукой (опускать или поднимать ее) в удобном для него темпе.
3. Утомление считается достигнутым, когда испытуемый не сможет зафиксировать руку на отметке в течение 3 с.
4. Наблюдайте, за какое время произойдет утомление.
5. Результаты обоих опытов оформляются в виде таблицы.

№ или ФИ	Сила кисти	Статическая нагрузка		Динамическая нагрузка	
		1,5 кг время в с	3 кг время в с	1,5 кг время в с	3 кг время в с

Количество строк равно количеству участников эксперимента.

Сделайте общий вывод о том, как тип нагрузки влияет на развитие утомления мышц.

Глава 10. МОЛЕКУЛЯРНАЯ БИОЛОГИЯ

§ 29. Принципы строения молекулы дезоксирибонуклеиновой кислоты

Цели изучения этой темы: описывать строение двойной спирали молекулы дезоксирибонуклеиновой кислоты; моделировать молекулу дезоксирибонуклеиновой кислоты на основе принципов ее строения.

Что такое ДНК? Кто открыл ее структуру? Для чего нужна эта молекула? Как она выглядит?



Что нужно повторить для успешного изучения темы? § 14, 48, 49 – учебник для 7 класса; § 50 – учебник для 8 класса.

Нуклеиновые кислоты – это нерегулярные биополимеры, мономером которых является нуклеотид. Нуклеотид состоит из трех различных типов веществ: азотистого основания, пятиуглеродного сахара и остатка фосфорной кислоты.

Компоненты нуклеотида: азотистые основания, пятиуглеродный сахар и фосфорная кислота – связаны между собой химически прочной ковалентной полярной связью.



Рис. 44. Азотистые основания и пятиуглеродные сахара

1. **Азотистые основания** – это сложные химические вещества циклической природы, в состав которых, кроме углерода, обязательно входит азот. В нуклеиновых кислотах присутствуют пять типов азотистых оснований. Их принято обозначать начальными заглавными буквами: А – аденин, Г – гуанин, Ц – цитозин, Т – тимин, У – урацил.

Все азотистые основания подразделяются на две большие группы по количеству содержащихся в них кольцевых молекул (рис. 44А). Пиримидины состоят из одной кольцевой молекулы. Это тимин, цитозин и урацил. Пурины имеют в своем составе два кольца: шестиуглеродное и пятиуглеродное. К пуринам относятся аденин и гуанин (рис. 44А).

2. **Пятиуглеродные сахара (моносахара)** – это пентоза, в ДНК – дезоксирибоза $C_5H_{10}O_4$, а в РНК рибоза $C_5H_{10}O_5$ (рис. 44Б).

3. **Фосфорная кислота.** Ее формула – H_3PO_4 . В состав нуклеотида входит остаток фосфорной кислоты, потерявший водород.

В нуклеотиде происходит соединение пятиуглеродного сахара с азотистым основанием и с фосфорной кислотой. Все нуклеотиды ДНК имеют одинаковые остатки фосфорной кислоты и углевод – дезоксирибозу. Но они отличаются друг от друга типом азотистых оснований. Нуклеотиды ДНК могут содержать только четыре из них: А, Т, Г, Ц. Урацил (У) содержится только в РНК. Но в РНК никогда не содержится тимин (Т).

Молекула ДНК по своей структуре представляет собой двойную спираль, нити которой закручены вправо вокруг друг друга и вокруг общей оси (рис. 45). Следовательно, ДНК как единая молекула состоит из двух цепей, или нитей. Соединение нуклеотидов в одной цепи происходит между дезоксирибозой одного нуклеотида и фосфорной кислотой другого. В результате образуется полимерная цепь. Азотистые основания нуклеотидов каждой цепи обращены внутрь спирали. Они связываются с азотистыми основаниями противоположной, второй цепи двуспираль-

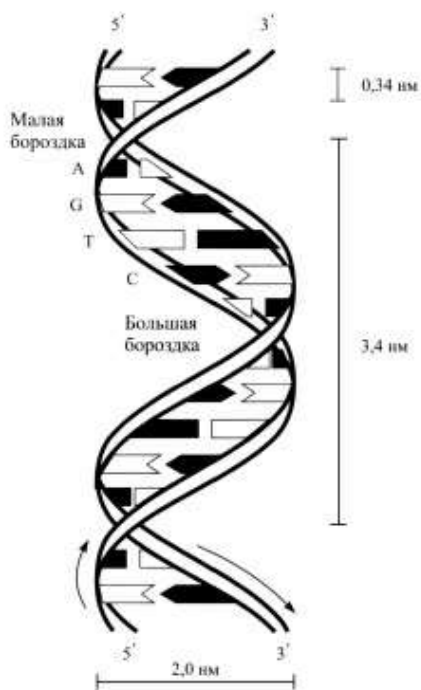


Рис. 45. Модель структуры ДНК по Уотсону и Крику

дородной связи аденина с цитозином или гуанином химически невозможно. Поэтому говорят, что адениновый нуклеотид комплементарен тиминovому, а гуаниновый – цитозиновому. Противоположные цепи молекулы ДНК называются *комплементарными цепями*. Чаще говорят о комплементарных парах АТ и ГЦ. Причем между ГЦ всегда возникает *тройная водородная связь*, а между АТ – *двойная*.

Благодаря принципу комплементарности можно выяснить два обстоятельства:

1) достроить целую молекулу ДНК, состоящую из двух цепей, если известна последовательность нуклеотидов в одной цепи. Выставляя напротив аденина тимин, и наоборот; а напротив гуанина цитозин, и наоборот, можно достроить комплементарную цепь;

2) рассчитать процент содержания азотистых оснований, если известно одно из них. Так, например, если аденина в ДНК содержится 10%, следовательно, и комплементарного тимина тоже будет 10%. Оставшиеся 80% приходятся на цитозин и гуанин. Следовательно, цитозина и гуанина – по 40%. Если процент комплементарного нуклео-

ной молекулы ДНК. А дезоксирибоза и фосфорная кислота образуют так называемый сахарофосфатный остов, или мостик. Связь внутри сахарофосфатного мостика каждой цепи *ковалентная полярная*. Она образуется между атомами углерода дезоксирибозы и фосфора кислоты через кислород. Поэтому ее часто называют *фосфодиэфирной*.

Таким образом, ДНК представляет собой двойную спираль, наружу обращены сахарофосфатные мостики, а внутрь – азотистые основания. Между цепями ДНК возникают *водородные связи* (рис. 46). Причем азотистые основания нуклеотидов могут образовывать водородные связи только в строго определенной последовательности. Эта особенность называется *правилом (принципом) комплементарности*. Согласно данному принципу тимин может связываться только с аденином, а гуанин – только с цитозином. Возникновение водо-

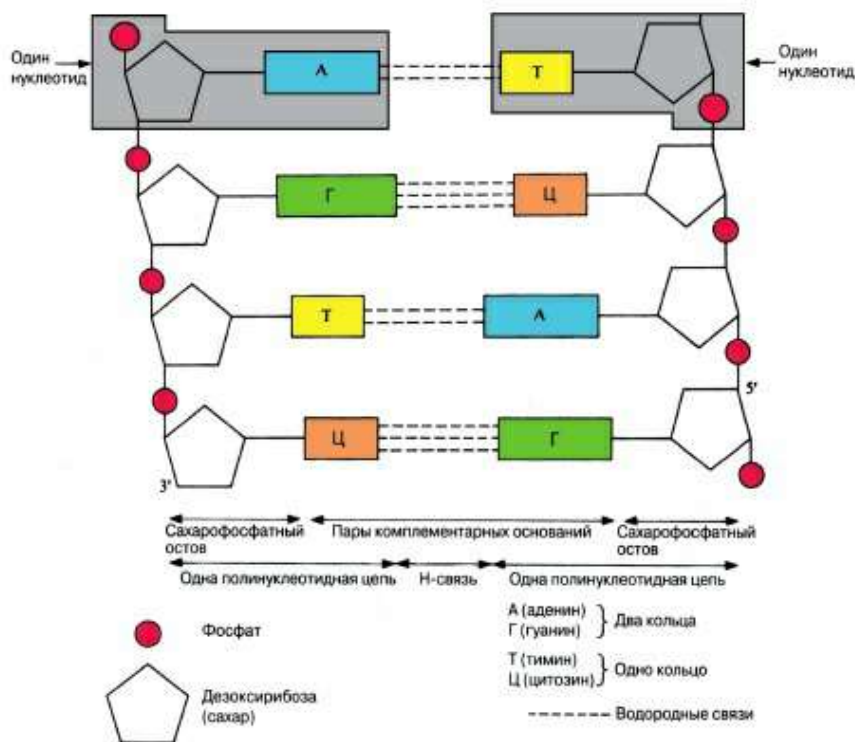
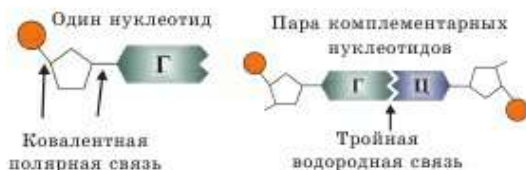


Рис. 46. Мономеры ДНК и их соединение в двойной спирали



тида неизвестен, не нужно делать вычислений. Его будет столько же. Если необходимо вычислить процент некомплементарного нуклеотида, достаточно отнять известный процент от 50. Если аденина 10%, то и гуанин, и цитозин можно найти, отняв 10% от 50%. Получим тот же верный ответ – 40%.



В норме спираль ДНК закручена вправо. Один ее виток называется *шагом спирали*. Каждый оборот, или шаг, включает в себя 10 пар нуклеотидов. Расстояние между парами комплементарных нуклеотидов составляет 0,34 нм. Соответственно расстояние между витками равно 3,4 нм. Ширина спирали составляет около 2 нм (см. рис. 45). Длина ДНК зависит от количества нуклеотидов, а оно сильно варьирует

в зависимости от вида организма. Так, у мелкого вируса оно составляет 5100. У кишечной палочки (бактерии) – 4 млн. У человека в гаплоидном наборе (23 хромосомы) содержится в среднем до 2 900 000 000, или $3 \cdot 10^9$ пар оснований.

Теперь, если проделать несложные вычисления и попытаться рассчитать длину такой ДНК, получится довольно внушительное расстояние. Умножим 2 900 000 000 на расстояние между нуклеотидами – 0,34 нм. Получится расстояние около 1 см. Чтобы такая длинная молекула ДНК поместилась внутри одной микроскопической клетки, она должна находиться в хромосомах в скрученном «сверхспирализованном» состоянии.

Упрощенно можно представить себе ДНК внутри хромосомы в виде нитки, намотанной на катушку (белки). Но это не совсем так, ведь ДНК не вся «намотана» на одну «катушку». Части молекулы скручены небольшими блоками. А роль «катушек» и «шпилек», удерживающих ДНК, выполняют специальные гистоновые и негистоновые белки. Поэтому химически хромосомы представляют собой не только ДНК, но и белки, т. е. они состоят из нуклеопротеидов (хроматина) – соединений белков и нуклеиновых кислот. При этом функцию хранения и передачи потомству наследственной информации в хромосомах выполняют только ДНК, а белки позволяют удерживать форму хромосом и, по некоторым данным, участвуют в регуляции генной активности.

В целом соподчинение химических компонентов ДНК и хромосом можно представить в виде следующей схемы.

Схема 3



Нуклеиновые кислоты, нуклеотид, азотистое основание, пятиуглеродный сахар, фосфорная кислота, сахарофосфатный остов (мостик), фосфодизфирная связь, принцип комплементарности, комплементарные нуклеотиды, комплементарные цепи.

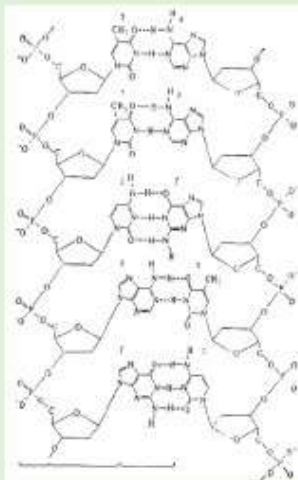


Знание и понимание

1. Что является мономером нуклеиновых кислот? Какая часть мономера отличает один нуклеотид ДНК от другого?
2. Опишите, как выглядит молекула ДНК. Какую форму она имеет?

Применение

1. Определите связь между типами нуклеотидов, их азотистых оснований и принципом комплементарности.
2. По рисунку расскажите о типах химических связей в молекуле ДНК, ее компонентах и размерах.



Анализ

1. Изобразите в виде схемы молекулу ДНК, указав ее компоненты:
 - 1) дезоксирибоза;
 - 2) остатки фосфорной кислоты;
 - 3) аденин;
 - 4) тимин;
 - 5) гуанин;
 - 6) цитозин;
 - 7) фосфодиэфирная связь;
 - 8) ковалентная полярная связь;
 - 9) двойная водородная связь;
 - 10) тройная водородная связь.
2. Покажите разницу между типами нуклеотидов и типами азотистых оснований в них. Проанализируйте и установите зависимость типа водородной связи от пары комплементарного азотистого основания.

Синтез



Моделирование № 4. Составление молекулы дезоксирибонуклеиновой кислоты.

1. Составьте схему, «достроив» комплементарную цепь ДНК:
 - а) АТТГЦГГЦТ;
 - б) ЦГТТАГАЦТ;
 - в) ГЦАТТГЦЦА;
 - г) ТТГАЦГЦТА;
 - д) ТЦАГАТАЦГ.

2. Смоделируйте ситуацию. Вам известен процент одного из типов азотистого основания в конкретной молекуле ДНК. Возможно ли рассчитать процент всех остальных оснований, если известно, что:
- а) А–42%;
 - б) Т–28%;
 - в) Ц–36%;
 - г) Г–12%;
 - д) Г – 8%?

Оценка

1. Оцените эволюционное значение принципа комплементарности. Почему ученые вплоть до второй половины XX в. считали носителем наследственной информации белки, а не ДНК? Предположите, на чем основывалось такое мнение.
2. Обсудите, можно ли представить себе организм, хромосомы которого состояли бы только из ДНК, а не из нуклеопротеидов. Ответ обоснуйте.

Глава 11. КЛЕТочный ЦИКЛ

§ 30. Интерфаза и ее стадии

Цель изучения этой темы: объяснить процессы, происходящие в интерфазе клеточного цикла.

*Что такое **клеточный цикл**? Из каких двух основных периодов он состоит? Что такое **интерфаза**? Какое главное событие происходит в интерфазе? Изменяется ли количество хромосом при делении клеток митозом?*



Что нужно повторить для успешного изучения темы? § 51 – учебник для 7 класса; § 45 – учебник для 8 класса.

Клеточный цикл – это время от появления в результате деления до образования дочерних клеток. Клеточный цикл делится на два периода: подготовительный – *интерфаза* и последующее деление – *митоз* (рис. 47).

Интерфаза – это период, во время которого новорожденная клетка растет и готовится к последующему делению. Интерфаза занимает примерно 80% времени всей жизни клетки, ее клеточного цикла. Самое важное событие интерфазы – это репликация, т. е. самоудвоение молекул ДНК. Без репликации количество хромосом в дочерних клетках закончилось бы через несколько поколений. Даже если предположить, что клетки без хромосом или с недостаточным их количеством смогли бы существовать какое-то непродолжительное время, они все равно не смогут размножаться.



Рис. 47. Клеточный цикл

ся. Следовательно, без самоудвоения молекул ДНК и, как следствие, без увеличения количества хромосом невозможно последующее деление, т. е. размножение клеток.

Кроме репликации, в интерфазе происходит накопление питательных веществ и энергии в виде АТФ, увеличение количества органоидов и рост клеток.

Зрелая клетка, готовая к делению, имеет обычно крупное ядро. У многих типов клеток сигналом готовности к делению служит соотношение объемов цитоплазмы к объему ядра.

Стадии интерфазы (краткая характеристика). Процесс репликации происходит примерно в середине интерфазы, в так называемом S-периоде. Вся интерфаза состоит из трех периодов. Для начала рассмотрим их очень кратко.

1. G₁ – рост молодых, только что поделившихся клеток, восстановление нормального числа органоидов.

2. S-период – синтетический. Здесь происходит синтез ДНК – ее репликация, т. е. удвоение хромосом. К концу S-периода все хромосомы клетки состоят из двух молекул ДНК – хроматид. Два хроматида, образовавшиеся в результате репликации одной хромосомы, соединены друг с другом *центромерой*. Параллельно происходит синтез и других необходимых веществ: ферментов, АТФ, сократительных белков и т. д.

3. G₂ – подготовка к делению клеток. Формирование структур, необходимых для деления (накапливаются сократительные белки, из которых образуется *веретено деления*). Продолжается процесс увеличения объема клеток, т. е. рост.

У некоторых клеток в любой момент интерфазы может возникнуть так называемый период G_0 . Это происходит, если жизненные процессы приостанавливаются, как, например, в покоящихся семенах растений или клетках животных, оказавшихся в анабиозе. Продолжительность периода интерфазы может сильно варьироваться в зависимости от состояния и типа клеток.



Стадии интерфазы (подробная характеристика). Если рассматривать более детально события каждого периода интерфазы, то нужно вспомнить и строение клеток, и биохимические процессы, в них происходящие. В G_1 -периоде какие-то из органоидов как бы «растут», а у других происходит их «рождение» – образование. Так мембраны ЭПС и комплекса Гольджи начинают удлиняться – синтезироваться. Причем нужно помнить, что пузырьки, образующиеся в комплексе Гольджи, используются для удлинения наружной мембраны клетки, без которой общий рост клетки невозможен.

У эукариот пластиды (если таковые имеются) и митохондрии расходятся по дочерним клеткам примерно поровну. Далее должно произойти «самоудвоение» этих *полуавтономных органоидов*. Для успешности этого процесса часть наследственной информации из ядра поступает в митохондрии и (или) пластиды через цитоплазму клеток. В самих органоидах с помощью их собственной ДНК и рибосом происходит синтез необходимых белков, а с их помощью – и других компонентов. К концу G_1 -периода количество этих полуавтономных органоидов становится таким же, как и в материнской клетке.

Параллельно происходит синтез субъединиц клеточных рибосом в ядре с помощью ядрышек и их сборка в функциональные рибосомы в цитоплазме. Микротрубочки клеточного центра тоже самоудваиваются, собираясь из белковых нитей, образовавшихся на цитоплазматических рибосомах.

В общем, все компоненты клетки увеличиваются и достигают размеров и количества, характерных для «взрослой» клетки.

В S-периоде происходит процесс, который будет подробно изучен вами в курсе биологии 10 класса. Но самое важное – к концу S-периода каждая хромосома содержит уже две молекулы ДНК. Они являются точной копией друг друга, если не произошла мутация. Эти дочерние, или сестринские, молекулы ДНК называются **хроматидами**. Они связаны, т. е. неразрывно соединены в определенном участке, называемом **центромерой**. Разрыв центромеры произойдет только в процессе деления.

Во время G_2 -периода клетка непосредственно готовится к размножению – делению. Происходит активный синтез именно тех веществ, из которых сформируются структуры, отвечающие за процесс разделения клетки. Это специальные белки-ферменты, без которых не начнется распад оболочки ядра. Важно сформировать и сократительные белки, без которых невозможно будет разделить хромосомы. Как и любой процесс, разделение клетки, распределение ее структур по дочерним клеткам, не может обойтись без затрат энергии. Именно поэтому немаловажную роль в G_2 -периоде играет синтез энергетической валюты клетки – АТФ.

Когда все необходимые структуры и вещества готовы, начинается процесс размножения клеток, но эти события уже не являются интерфазой.



Клеточный цикл, интерфаза, хромосома, репликация ДНК.



Знание и понимание

1. Что такое *интерфаза*?
2. Каков порядок стадий интерфазы, чем они различаются?

Применение

1. Определите связь между событиями, происходящими в интерфазе, и ее периодами.
2. Объясните значение клеточного цикла и интерфазы в нем.

Анализ

1. Проанализируйте процессы, происходящие в G_1 -периоде.
2. Изобразите в виде схемы события, происходящие в каждом из периодов интерфазы.

Синтез

1. Порассуждайте, какой из периодов интерфазы является самым важным и почему.
2. Оцените роль S-периода, докажите, что без него продолжение жизни невозможно.

Оценка

1. Напишите реферат о мутационных проблемах, которые возможны во время интерфазы. Уточните, в каком периоде они могут произойти.
2. Оцените эволюционный смысл формирования этапов и событий, происходящих в интерфазе. Подискутируйте, возможны ли иная последовательность и иные события.

§ 31. Митоз и его фазы

Цель изучения этой темы: охарактеризовать фазы митоза.

*Что такое **митоз**? Что происходит с количеством хромосом в дочерних клетках при митозе? Какие клетки делятся митозом у растений и животных?*



Что нужно повторить для успешного изучения темы? § 51 – учебник для 7 класса; § 45 – учебник для 8 класса.

Митоз – это способ деления клеток, когда из одной материнской образуются две дочерние клетки и набор хромосом в них не изменяется.

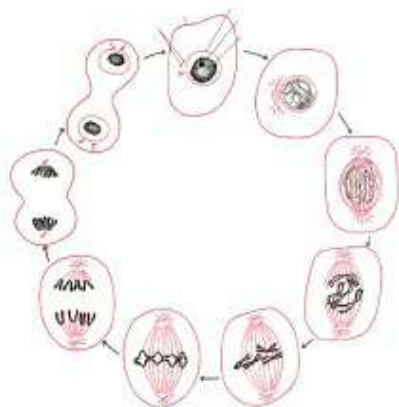
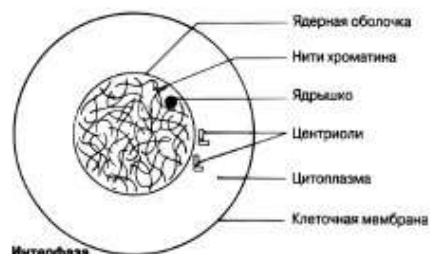


Рис. 48. Митоз в животной клетке

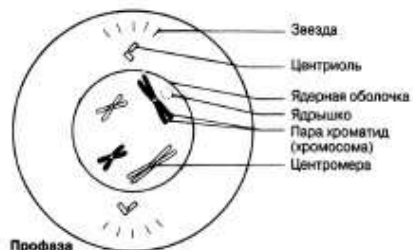
Кроме того, используются такие определения, как: «**Митоз** – это способ деления, когда хромосомный набор сохраняется» или «Дочерние клетки точно копируют материнскую клетку». За счет митоза происходят рост и восстановление многоклеточных организмов. Митозом делятся клетки и проростков пшеницы, и кожи человека, и отрастающего хвоста ящерицы. Поэтому можно сказать, что **митоз** – способ деления соматических клеток. Для одноклеточных эукариот митоз – основной способ размножения. Причем митозом размножаются и многие одноклеточные водоросли, и простейшие животные.

Фазы митоза. Как и любой сложный процесс, митоз происходит не мгновенно, он требует времени и идет в четыре фазы: профаза, метафаза, анафаза, телофаза (рис. 48, 49).

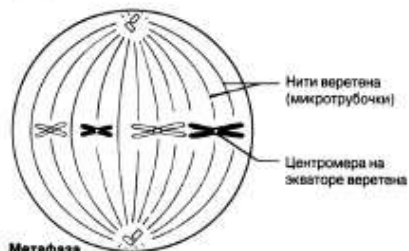
Так как приставка *про-* на латыни всегда обозначает «первый, предшествующий», то и место профазы нельзя перепутать. Естественно, это первая фаза. Порядок остальных трех фаз легко запомнить по начальным буквам: М–А–Т.



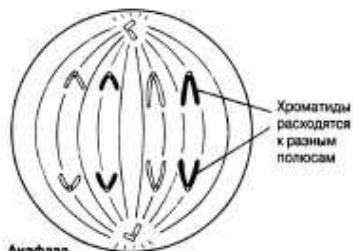
Интерфаза



Профаза



Метафаза



Анафаза



Телофаза

Рис. 49. Фазы митоза

Профаза начинается с того, что разрушаются ядрышки и ядерная оболочка. Оказавшиеся в цитоплазме хромосомы спирализуются и становятся видимыми в световой микроскоп. Они начинают свое продвижение к центральной части клетки – экваториальной плоскости.

Центриоли клеточного центра расходятся к полюсам клетки и начинают формировать нити веретена деления. Четкой границы между профазой и метафазой не существует, поэтому иногда выделяют *прометафазу*.

Метафаза характеризуется тем, что все хромосомы, состоящие из двух хроматид, выстраиваются в экваториальной плоскости клетки, образуя *метафазную пластинку*. Именно в этот момент жизни клетки идеально видны все хромосомы, их размеры и форма. Когда нужно сделать фотографию кариотипа, используют снимки метафазной пластинки. К каждой хроматиде крепятся нити веретена деления. Они соединяются с центромерой, или первичной перетяжкой (рис. 50). То есть к каждой хромосоме подходят две нити веретена – одна к одной хроматиде, другая к другой.

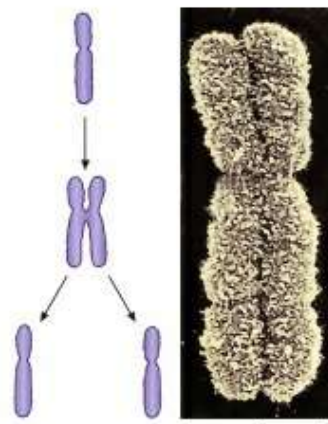


Рис. 50. Деление хромосомы

Анафаза начинается с того, что место соединения двух хроматид – центромера – разрывается. За счет энергии АТФ нити веретена деления сокращаются и разрывают центромеру. Поэтому дочерние хроматиды распадаются на самостоятельные двуспиральные молекулы ДНК, которые и двигаются к полюсам клетки. С этого момента хроматиды можно называть хромосомами. После того как хроматиды стали самостоятельными, они двигаются к полюсам клетки, пока не достигнут центриолей. С этого момента начинается следующая фаза митоза.

В *телофазе* происходит процесс формирования тел дочерних клеток. Иногда телофазу называют *профазой наоборот*. Хроматиды приобретают обычную интерфазную форму. Формируется ядерная оболочка, отделяющая хромосомы от цитоплазмы. После этого считается, что кариокинез завершен. *Кариокинез* – деление ядра, т. е. формирование ядер дочерних клеток.

Начинается процесс *цитокинеза* – деления цитоплазмы. Органоиды более или менее равномерно распределяются по дочерним клеткам. Цитоплазма перешнуровывается, формируется наружная мембрана дочерних клеток. Как только между клетками исчезнет цитоплазматический тяж, а их мембраны ограничат самостоятельные клетки, процесс митоза считается завершенным.



У некоторых клеток кариокинез происходит многократно, а цитокинез не происходит. Так формируются многоядерные клетки, такие как клетки поперечнополосатой мышцы, хлебной плесени и др. У инфузорий-туфельек большое вегетативное ядро формируется в результате многократного кариокинеза, но потом все образовавшиеся ядра сливаются в одно. Внутри такого ядра находится несколько наборов хромосом (4, 16 или более).

Итоги митоза – это появление двух дочерних клеток с абсолютно идентичным набором хромосом, одинаковым как в них обеих, так и относительно материнской клетки (если не произошло мутации). Причем по количеству и содержанию органоидов, по объему и составу цитоплазмы, как и по размеру, дочерние клетки тоже будут приблизительно одинаковые.



Митоз, клеточный центр, хромосома, хроматида, центромера, профазы, метафаза, анафаза, телофаза, веретено деления, кариокинез, цитокинез.

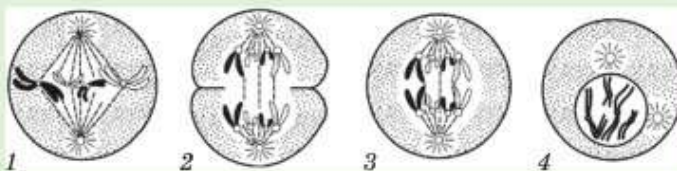


Знание и понимание

1. Что такое *митоз*?
2. Как вы понимаете результаты митоза?

Применение

1. Сравните профазу и телофазу.
2. Рассмотрите рисунок. Определите фазы митоза.



Анализ

1. Выскажите ваше мнение о причинах, почему телофазу называют профазой наоборот.
2. Проанализируйте процесс метафазы и анафазы. Покажите разницу между ними.

Синтез

1. Порассуждайте, почему для анализа строения и формы хромосом используют именно фотоматериалы метафазы.
2. Напишите эссе: «Последовательность событий в стадиях митоза».

Оценка

1. Считаете ли вы, что выделять прометафазу уместно, а метаанафазу – нет? Ответ аргументируйте.

2. Оцените последствия неверного распределения хромосом при митозе в клетках кожи, в клетках половых желез у животных и в клетках боковой почки древесного цветкового растения.



Лабораторная работа № 8

Исследование митоза в клетках корешка лука

Цель работы: исследовать фазы митоза на примере митоза в клетках корешка лука.

Оборудование: учебник и (или) настенные таблицы «Фазы митоза», микроскоп, готовые микропрепараты «Митоз в корешках лука», либо растущие придаточные корешки лука (их кончики) и набор для изготовления микропрепаратов.

Ход работы

1. Приготовьте микропрепарат из кончиков корешков лука или рассмотрите готовый микропрепарат.
2. Определите фазы митоза на микропрепарате.
3. Сравните изображения в учебнике (настенной таблице) с реальными микропрепаратами.
4. Расставьте цифры в верном порядке и укажите фазы митоза на микрофотографии.
5. Заполните таблицу.



События	Профаза	Метафаза	Анафаза	Телофаза
Что происходит				
Количество хроматид в хромосоме				

6. Ответьте на вопросы.

- В какой фазе происходит разрыв центромеры, а молекулы ДНК – хроматиды – становятся самостоятельными хромосомами?
- В какую из фаз хромосомы выстраиваются по экватору? Как называется образовавшаяся структура?
- Какой цифрой обозначена первая фаза митоза?
- Как называется фаза, в которой вокруг разошедшихся к полюсам хромосом образуются ядерные оболочки, а сама клетка и вся ее цитоплазма с органоидами делится перетяжкой почти пополам?

§ 32. Мейоз, его фазы. Сравнение митоза и мейоза

Цель изучения этой темы: охарактеризовать фазы мейоза; сравнивать процессы митоза и мейоза.

Что такое **мейоз**? Из каких двух основных стадий он состоит? Что такое **гаметы** (яйцеклетка и сперматозоид), **зигота**? Какой набор хромосом они имеют? Как изменяется количество хромосом при делении мейозом?



Что нужно повторить для успешного изучения темы? § 51 – учебник для 7 класса; § 45 и 47 – учебник для 8 класса.

Мейоз – это способ деления, в результате которого происходит уменьшение числа хромосом и переход клеток из диплоидного (двойного) состояния в гаплоидное. Как вы помните, именно мейозом образуются клетки с одинарным (*гаплоидным*) набором хромосом – гаметы.

Мейоз – это способ образования гаплоидных клеток, чаще всего гамет. Его называют *редукционным делением*. Ведь редукция – это процесс уменьшения чего-либо (рис. 51). А при мейозе в два раза уменьшается число хромосом в дочерних клетках. Материнская клетка не сразу делится на четыре дочерние. Происходит два деления подряд: мейоз I и мейоз II.

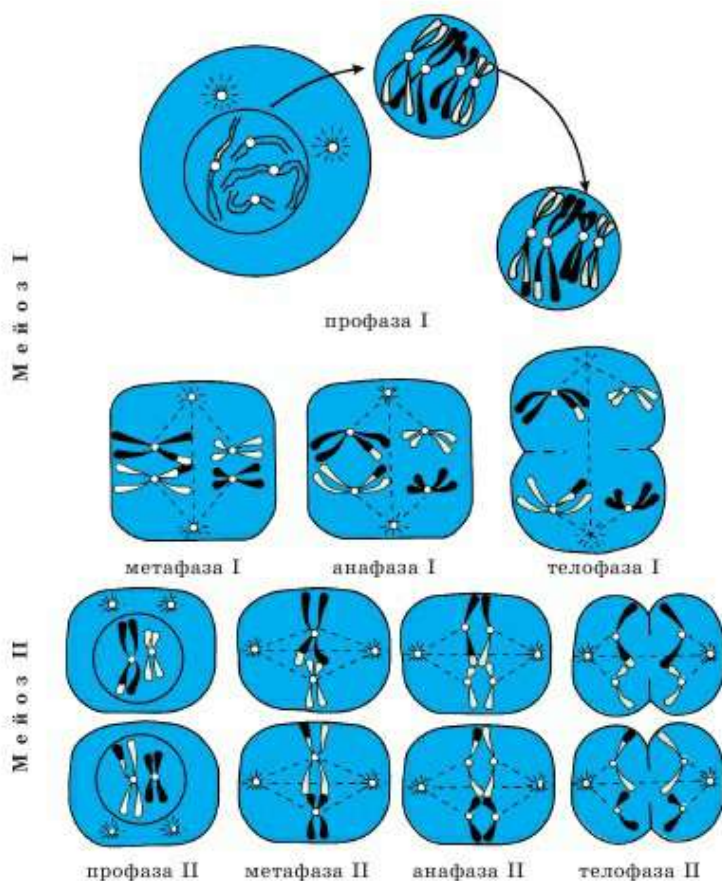


Рис. 51. Процесс мейоза

Во время интерфазы между первым и вторым делениями репликации ДНК не происходит – **хромосомы не удваиваются**.

В ядре клеток тела человека 46 хромосом (диплоидный набор). В интерфазе, предшествующей мейозу, произошла репликация, и в клетке образовалось 92 хроматиды. Молекул ДНК – 92, но хромосом по-прежнему 46, так как каждая хромосома состоит из двух молекул ДНК – хроматид. Затем клетка делится на две дочерние. В них попадает половина хромосом – 23, но они состоят из двух хроматид. Следовательно, молекул ДНК в такой клетке 46. Затем эти две клетки делятся еще раз, и теперь в дочерних клетках по 23 молекулы ДНК. Эти 23 молекулы ДНК называются теперь *хромосомами*, так как они свободны, не соединены центромерой и находятся в ядрах дочерних клеток.

Мейоз состоит из двух делений, идущих подряд. Он включает в себя восемь фаз. Первое деление мейоза:

- 1) профаза I;
- 2) метафаза I;
- 3) анафаза I;
- 4) телофаза I.

После короткой интерфазы, во время которой клетка синтезирует белки веретена деления, но ДНК не удваивается, начинается второе деление мейоза:

- 5) профаза II;
- 6) метафаза II;
- 7) анафаза II;
- 8) телофаза II.

Таким образом, весь мейоз делят на *мейоз I* и *мейоз II*.

Мейоз I имеет ряд серьезных отличий. Так, в профазе первого мейоза происходит конъюгация. *Гомологичные хромосомы* (одна из которых достается от отца, другая – от матери) одинаковы по размеру, форме и составу генов. Значит, если в первой хромосоме отца первый ген будет отвечать за цвет кожи, то и в первой хромосоме матери это тоже будет ген цвета кожи. При этом ген отца может кодировать белок меланин, определяющий смуглый цвет кожи, а ген матери – меланин, определяющий светлый цвет кожи. В каждом из нас есть пары всех генов (исключая гены в Y-хромосоме, которой нет у женщин). Какой именно ген будет «работать» в организме, а какой – «отдыхать», можно выяснить. Пока же важно понять, что все мы имеем 23 пары хромосом, и первая хромосома отца гомологична первой хромосоме матери.

Конъюгация – это процесс сближения и переплетения гомологичных хромосом. Во время конъюгации между многими гомологичными хромосомами происходит *кроссинговер* – процесс обмена участками гомологичных

хромосом. В результате этого ребенок может получить хромосому, в которой часть фрагментов будут принадлежать отцу, а остальные – матери. Благодаря кроссинговеру потомки очень разнообразны. Даже у плодовых организмов, имеющих много потомков, не рождается двух совершенно одинаковых особей. Исключение составляют однояйцовые близнецы.

Конъюгация и кроссинговер настолько важные процессы, что без них половые клетки вообще не образуются. В природе бывают ситуации, когда разные виды образуют гибриды, например, лигр (лигра) – гибрид льва и тигрицы, встречающийся в зоопарках, или мул – гибрид осла и лошади. Такие межвидовые гибриды чаще всего бесплодны. Ведь хромосомы осла и лошади негомологичны. Это значит, что они не могут обмениваться фрагментами. А если нет конъюгации и кроссинговера, нет и половых клеток, нет гамет – нет потомства. Важность процесса кроссинговера доказывается еще и тем, что он происходит в самой первой фазе мейоза – в профазе I. Эта фаза самая продолжительная по времени. У некоторых организмов она длится так долго, что ДНК начинает транскрибироваться, и с отдельных генов снимаются копии РНК. Поэтому эту фазу делят еще на пять стадий. (С этими процессами вы познакомитесь в следующих классах.)

Еще одно существенное отличие мейоза I – образование гаплоидных клеток. Во время первого мейоза разрыва центромеры не происходит. Дочерние клетки получают целые хромосомы, состоящие из 2 хроматид.



Двойные хромосомы расходятся как будто в шахматном порядке. Как если бы дети, стоящие в строю парами, взявшись за руки, получили приказ: «Парами на первый-второй рассчитайся! Все первые пары – 2 шага вперед, все вторые пары – 2 шага назад». В результате того, что в анафазе I разрыва центромеры не происходит, образуются 2 дочерние клетки, в которых содержится гаплоидный набор хромосом **1n**. И каждая хромосома по-прежнему состоит из 2 хроматид, т. е. 2 полноценных молекул ДНК.

После интерфазы клетка, содержащая 10 хромосом, содержит 20 хроматид. После первого деления образуются 2 клетки по 5 хромосом в каждой, но содержащие 10 хроматид – молекул ДНК.

Второе деление мейоза точно копирует митоз. В первом делении мейоза происходит уменьшение числа хромосом в два раза. Поэтому именно мейоз I называют *редукционным делением*. При втором делении число хромосом не изменяется. Поэтому мейоз II называют *эквационным делением* (лат. *айкватио* – «уравнивание»). Фактически при мейозе репликация происходит один раз в интерфазе, а за ней следуют два деления подряд.



Половые клетки многоклеточных животных и человека образуются только мейозом. Но на нашей планете есть организмы, у которых клетки тела во взрослом состоянии гаплоидны. Например, малярийный плазмодий, мхи, некоторые грибы, одноклеточная водоросль хламидомонада и т. д. У таких существ половые клетки

образуются митозом, так как одинарный набор хромосом уменьшать уже некуда. Растительные организмы всю свою жизнь пребывают в двух стадиях: спорофит (диплоидный) и гаметофит (гаплоидный). На спорофите мейозом образуются гаплоидные споры, из них прорастает гаплоидный гаметофит, на котором митозом образуются гаметы. Правда, гаметофит виден только у мхов. У папоротников эта маленькая зеленая пластиночка (1 мм) образуется из проросшей споры. У семенных растений гаметофит спрятан внутри шишки или цветка и представлен только небольшой группой клеток. Тем не менее говорить о том, что все гаметы образуются мейозом, неверно. Зато все клетки тела образуются только митозом.

Биологическая роль мейоза заключается в уменьшении числа хромосом в дочерних клетках по сравнению с материнской. Чаще всего мейозом формируются гаметы (гаплоидные клетки, способные к оплодотворению).

Сравнительная характеристика митоза и мейоза. Напомним, что второе деление мейоза ничем принципиально не отличается от митоза. Выше были не только перечислены, но и подробно описаны различия мейоза. Однако обобщим всю полученную информацию в виде табл. 7.

Таблица 7

Сравнительная таблица процессов мейоза

Процесс	Для каких клеток характерен	Количество делений и фаз	Набор хромосом в дочерних клетках относительно материнской	Конъюгация и кроссинговер	Биологическая роль	Набор хромосом в дочерних клетках
Митоз	Соматические (гаметы на гаплоидном организме – <i>гаметофите</i>)	Одно деление, четыре фазы	Такой же, как в материнской	Нет	Основа роста и регенерации многоклеточных организмов. Основа бесполого размножения	Диплоидный
Мейоз	Половые гаплоидные клетки – гаметы из диплоидных клеток взрослого организма (гаплоидные споры на диплоидном <i>спорофите</i>)	Два деления, восемь фаз	В два раза меньше, чем в материнской	Есть	Основа полового размножения (и повышения изменчивости за счет слияния ДНК гамет)	Гаплоидный



Гаметы, зиготы, гаплоидность, диплоидность, мейоз I и мейоз II, гомологичные хромосомы, конъюгация, кроссинговер, редукционное и эквационное деление.



Знание и понимание

1. Объясните, почему изменяется набор хромосом в клетках, образовавшихся мейозом. Сколько дочерних клеток образуется?
2. Каков порядок фаз мейоза? Какая из фаз самая продолжительная?

Применение

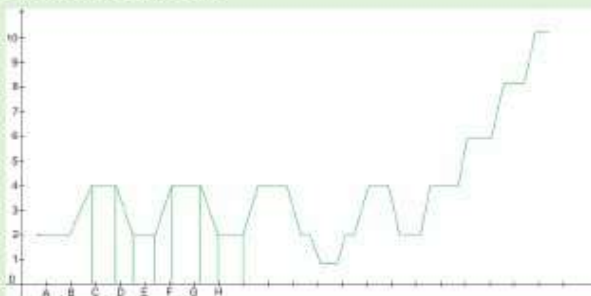
1. Определите связь между гомологичностью хромосом и процессами конъюгации и кроссинговера.
2. Сравните анафазу I и II.

Анализ

1. Проанализируйте фазы мейоза I. В чем его принципиальное отличие?
2. Нарисуйте схему «Фазы мейоза».

Синтез

1. Порассуждайте, почему чаще всего межвидовые гибриды бесплодны. Как это связано с процессами кроссинговера?
2. Оцените представленный график количества ДНК в одной исследуемой клетке. Какие процессы вы предполагаете на его разных отрезках? Ответ аргументируйте.



Оценка

1. Напишите реферат, используя дополнительные источники информации, выясните, что такое хромосомы типа «ламповых щеток». Когда и при каких обстоятельствах они образуются?
2. Дискуссия: «Без мейоза половое размножение невозможно». Противоположная позиция «Без мейоза половое размножение возможно». Можно ли выделить только одну верную точку зрения? Своё мнение аргументируйте.

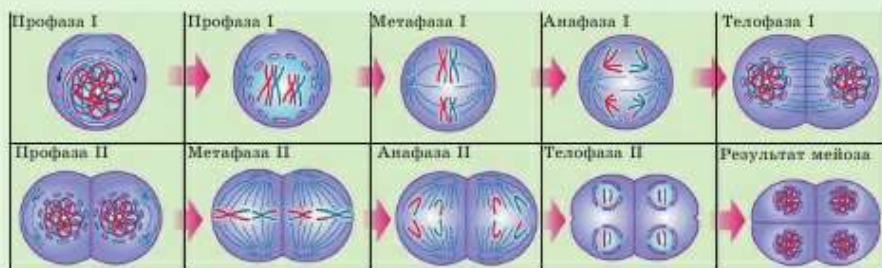


Моделирование № 5. Изучение фаз мейоза.

1. Рассмотрите фазы мейоза на рисунке.
2. Обратите внимание на различия между профазой, метафазой, анафазой и телофазой I и II деления мейоза.
3. Что происходит с хромосомами и хроматидами?

4. В каких фазах наблюдается:

- а) конъюгация и кроссинговер;
- б) образование двух гаплоидных клеток;
- в) образование четырех гаплоидных клеток;
- г) разрыв центромеры и расхождение к полюсам клетки сестринских хроматид;
- д) расхождение к полюсам клетки целых хромосом, состоящих из двух хроматид, без разрыва центромеры?



Глава 12. ЗАКОНОМЕРНОСТИ НАСЛЕДСТВЕННОСТИ И ИЗМЕНЧИВОСТИ

§ 33. Закономерности наследования признаков, выявленные Г. Менделем

Цель изучения этой темы: оценивать роль исследований Г. Менделя в становлении и развитии генетики.

*Как попадают хромосомы в клетки организмов, размножающихся половым путем? Каково процентное соотношение наследственных признаков, получаемых организмом от отца и матери в ходе оплодотворения? Что такое **самоопыление**? Происходит ли оплодотворение у самоопыляемых видов? Что такое **партеногенез**? Каково процентное соотношение наследственных признаков, получаемых организмом от отца и матери в ходе партеногенеза?*



Что нужно повторить для успешного изучения темы? § 54 – учебник для 7 класса; § 46 и 48 – учебник для 8 класса.

Возникновение генетики. *Генетика* – наука, изучающая закономерности наследования признаков и их изменчивости. Основателем генетики как науки считается чешский естествоиспытатель **Грегор (Иоганн) Мендель**. В 1866 г. вышла его статья «Опыты над растительными гибридами», которая заложила основы генетики как самостоятельной науки.

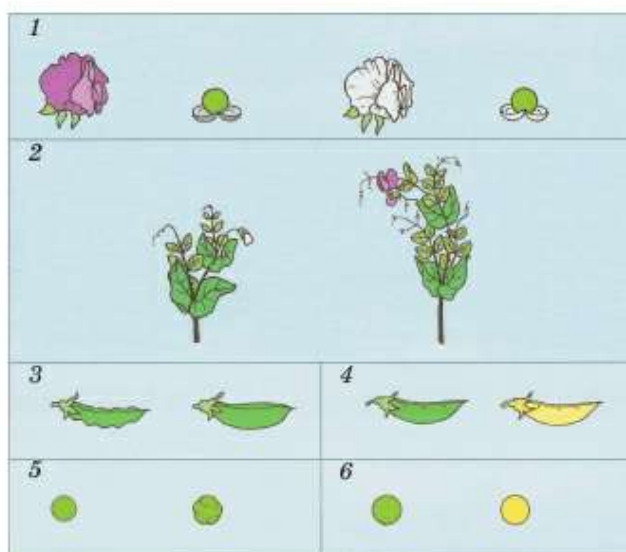


Рис. 52. Признаки гороха: 1 – окраска венчика; 2 – карликовость – нормальный рост; 3 – форма боба; 4 – цвет боба; 5 – форма семян; 6 – цвет семян

Особенности гороха как объекта исследования (рис. 52). Г. Мендель выбрал горох неслучайно, на то были причины. До Г. Менделя многие ученые занимались гибридизацией. Но никому из них не удалось установить четких закономерностей. Как математик, Г. Мендель понимал, что, для того чтобы найти десять неизвестных, нужно решить 10 уравнений. Нельзя одним действием решить все 10 задач. Поэтому он решил исследовать, как передается по наследству только один признак. А горох посевной – это такое растение, у семян которого есть только два цвета: желтый и зеленый, в отличие от окраски, например, лошадей: у них насчитывается до 200 терминов масти. И все противоположные (альтернативные) признаки гороха представлены всего в двух экземплярах (табл. 8).

Таблица 8

Альтернативные признаки гороха

№	Признак	Альтернативность признака	
1	2	3	
1	Цвет семян	Желтый	Зеленый
2	Форма семян	Гладкая	Морщинистая

1	2	3	
3	Цвет лепестков	Пурпурный	Белый
4	Развитие листьев и усиков	Сильное	Слабое
5	Рост	Нормальный	Карликовый
6	Цвет горохового стручка	Желтый	Зеленый
7	Форма горохового стручка	Гладкая	Морщинистая

Горох размножается путем самоопыления (вспомните названия частей цветка) (рис. 53). То есть еще до того, как бутон гороха распустится, в нем уже произойдут и опыление, и оплодотворение. Следовательно, у гороха, выросшего из желтой горошины, не может быть зеленых предков, так как это растение опыляет само себя. А у выросшего из зеленой горошины, соответственно, не могло быть желтых предков. За это Г. Мендель назвал родительские растения *чистыми линиями*. Если организмы не самооплодотворяются, нельзя с уверенностью сказать, какими были их предки много поколений назад. Поэтому если бы Г. Мендель решил поставить свои опыты на любых других объектах, например на лошадях, они не имели бы успеха. Ведь нельзя с уверенностью сказать, что у черной лошади нет гена светлой масти, доставшегося от «пра-пра-прабабушки».

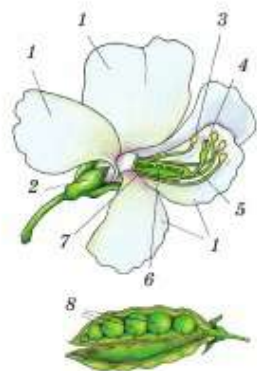


Рис. 53. Самоопыление у гороха

Итак, у гороха, как объекта исследования, есть три преимущества:

- 1) всего по два альтернативных признака;
- 2) небольшое число признаков (семь);
- 3) самоопыляемость, исключая наличие генов зеленой окраски

у растений с желтыми горошинами, и наоборот.

Опыты Менделя. В качестве родителей Г. Мендель взял чистые линии – растения, отличающиеся по одной паре признаков: с желтым и зеленым цветом семян. Он устроил им перекрестное опыление (рис. 54). Пыльцой растений, имевших желтые горошины, он опылял цветки растений с зеле-

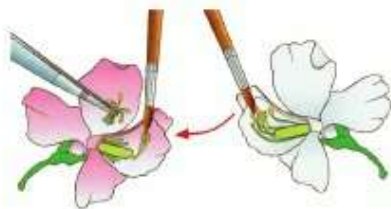


Рис. 54. Перекрестное опыление

ными горошинами, и наоборот. Эксперименты проводились с большой тщательностью. В некоторых опытах для дополнительной подстраховки Г. Мендель даже закрывал пестики миниатюрными бумажными колпачками. Полученных потомков он назвал *гибридами 1-го поколения*. По итогам переопыления «желтых» и «зеленых» растений все потомки – гибриды в 1-м поколении – оказались с желтыми семенами.

Так была открыта одна из основных генетических закономерностей, которая получила название *закона единообразия гибридов 1-го поколения*. Позднее, уже после смерти естествоиспытателя, его назвали *первым законом Менделя*, или *законом доминирования*. Если при скрещивании растений с желтыми и зелеными горошинами все потомки имеют желтый цвет семян, значит, он стал господствовать над зеленым, т. е. подавил зеленый.

Мендель назвал желтый цвет *доминантным* (лат. *доминантис* – «господствующий, преобладающий») и обозначил его большой (прописной) буквой – *А*. Зеленый цвет он назвал *рецессивным* (лат. *рецессус* – «отступающий, подавляемый») и обозначил его маленькой (строчной) буквой *а*.

Ученый понимал, что, имея двух родителей, целый организм должен обозначаться двумя буквами – символами наследственных факторов. А в гаметы должна попасть только одна буква, чтобы при оплодотворении их снова стало две. В связи с этим схема его первых опытов выглядела так:

Родители – *чистые линии*.

♀ желтая *АА* × (перекрестное опыление) ♂ зеленый *аа*.

Гибриды 1-го поколения – *единообразие*, все 100% – желтые *Аа*.

Затем Мендель приступил ко второй фазе опытов. Собрав гибридные желтые семена 1-го поколения, он вырастил из них следующее поколение, которому позволил самоопылиться. Таким образом ученый получил *гибриды 2-го поколения* – потомков гибридов 1-го поколения. У гибридов 2-го поколения был только один родитель – желтая гибридная горошина 1-го поколения, из которой вырастили самоопыляющееся растение. Но один из предков этого желтого гибрида 1-го поколения был зеленым. Во 2-м поколении появляются и желтые, и зеленые горошины. Произошло то, что Г. Мендель назвал *расщеплением*, т. е. гибриды 2-го поколения разделились на растения с желтыми и зелеными семенами. Причем ученый собрал все семена гибридов 2-го поколения и тщательно пересчитал их. Горошин оказалось более 7000. Соотношение желтых и зеленых горошин составило 3:1, т. е. 3 части желтых и 1 часть зеленых потомков. Признак зеленой окраски, исчезнувший в 1-м поколении, вновь проявился у внуков. Явление возникновения из желтых гибридов 1-го поколения желтых и зеленых потомков в соотношении 3:1 было названо *вторым законом Менделя*, или *законом расщепления*. Схему этого опыта можно записать так:

Родители – гибриды 1-го поколения.

♀ желтая $Aa \times$ (самоопыление) ♂ желтый Aa .

Гибриды 2-го поколения – расщепление 3:1, а именно 3 части желтых (75%) и 1 часть зеленых (25%).

Гибридологический метод впервые применил Г. Мендель. Впоследствии этот метод на долгие десятилетия стал в генетике основным. Но это было не все. Менделя считают основателем *метода генетического (гибридологического) анализа*, так как он использовал и математические методы, а именно – метод статистического анализа результатов (выявление числовых соотношений в потомстве). *Генетический анализ* – основной и специфический метод генетики, применяемый вместе с гибридологическим.

На основании своих экспериментов Г. Мендель сделал выводы, которые позднее вошли в историю как *генетические закономерности*, или *законы Менделя*:

– закон единообразия гибридов 1-го поколения, закон доминирования, или *первый закон Менделя*: в 1-м поколении гибридов все потомки одинаковы и имеют признаки одного родителя, называемого *доминантным*, независимо от того, отец это или мать;

– закон расщепления признаков, или *второй закон Менделя*: при самоопылении у гибридов 2-го поколения наблюдается *расщепление внешних признаков* в соотношении 3:1;

– закон чистоты гамет: гаметы несут только один наследственный фактор в чистом виде.



Генетика, гены (наследственные факторы), гибридизация, чистые линии, гибриды, рецессивный и доминантный признаки, гибридологический метод, закон единообразия, закон расщепления, гипотеза чистоты гамет.



Знание и понимание

1. Как вы понимаете, какой признак называется доминантным, а какой – рецессивным? Почему?
2. Определите связь между преимуществами гороха как объекта исследования и успехами опытов Менделя.
3. Сравните и поясните закон единообразия и закон расщепления.

Анализ

1. Проанализируйте этапы опытов Менделя и их результаты.
2. Изобразите в виде схемы, какие организмы использовал Г. Мендель в качестве родителей для получения гибридов 1-го и 2-го поколений.

Синтез

1. Систематизируйте по критериям понятия *гамета* и *зигота*; *диплоидность* и *гаплоидность*; *гомозигота* и *гетерозигота*. Как на основе этих понятий, используя понятия *доминантный* и *рецессивный*, можно объяснить гипотезу чистоты гамет?
2. Составьте схему скрещивания. Используя символы, обозначьте гаметы, образовавшиеся у гибридов 1-го поколения, и процесс их оплодотворения. Все ли особи из 75% желтых получились с одинаковыми буквенными обозначениями *АА*?

Оценка

1. Объясните значение природного явления *чистота гамет*.
2. Оцените значение опытов и выводов, сделанных Менделем для дальнейшего развития биологии.

§ 34. Цитологические основы генетических законов наследования. Моногибридное скрещивание

Цель изучения этой темы: обосновать цитологические основы моногибридного скрещивания и решать задачи на моногибридное скрещивание.

*Как соотносятся понятия «ген» и «хромосома»? Что такое **гомологичные хромосомы**? Что такое **диплоидный** и **гаплоидный** наборы хромосом? Какие из них находятся в зиготе, а какие – в гаметах? Что вы помните о таких понятиях, как «гомозигота», «гетерозигота», «аллельные гены», «генотип», «фенотип»?*



Что нужно повторить для успешного изучения темы? § 33 данного учебника.

Цитологические основы генетических законов наследования. Материальными носителями наследственной информации являются хромосомы и их фрагменты – гены, состоящие из химического вещества ДНК.

Каждый диплоидный организм от момента своего появления в виде зиготы и до смерти имеет любой ген в двух экземплярах. Один получен от отца, другой – от матери. Такие гены будут находиться в одинаковых участках *гомологичных хромосом*. Напомним, что гомологичными называются парные хромосомы, одинаковые по размеру, форме и составу генов. Эти гомологичные хромосомы обмениваются фрагментами во время кроссинговера при мейозе. Но в каждую половую клетку попадает только одна из двух гомологичных хромосом. Гены, расположенные в одинаковых участках гомологичных хромосом и отвечающие за синтез одного и того же белка, но определяющие разную аминокислотную последовательность, называются *аллельными генами*, или *аллелями*. Значит,

ген желтой окраски семян является *аллелью* гена зеленой окраски семян гороха.

Моногибридное скрещивание – это процесс, в ходе которого исследуется только один признак. В первых своих опытах Мендель исследовал один признак – цвет горошин. То, что аллелей, отвечающих за цвет (желтый и зеленый), было всего две, не делает это скрещивание каким-то иным. Оно все равно остается *моногибридным*.

Закон доминирования. У гороха существуют всего две аллели по окраске семян. Это *доминантная аллель* желтого цвета **A**, проявляющаяся у гибридов в 1-м поколении, и *рецессивная аллель* зеленого цвета **a**, которая не проявляется внешне в гибридах 1-го поколения.

Цитологически в каждой клетке гибридного гетерозиготного организма **Aa**, образовавшегося от перекрестного опыления желтого и зеленого гороха, есть обе аллели. Ведь у каждого живого существа, появившегося в результате оплодотворения, есть два родителя. Следовательно, целый организм должен обозначаться *двумя буквами* – символами аллельных генов. Ведь *зигота* и развивающийся из нее организм *диплоидны*. Суть закона доминирования заключается в том, что в клетках, содержащих ген желтого и зеленого цвета, ген желтого «работает», т. е. проявляется, а ген зеленого «отдыхает», т. е. не проявляется.

Гаметы же (яйцеклетки и сперматозоиды) *обозначаются только одной буквой*, так как они *гаплоидны*.

Следовательно, возможны три варианта обозначения целого организма – зиготы. Рассмотрим их в соответствии с научной символикой и терминологией:

- 1) **AA** – доминантная гомозигота;
- 2) **aa** – рецессивная гомозигота;
- 3) **Aa** – гетерозигота.

Напомним, что зигота – оплодотворенная яйцеклетка. Буквальный перевод термина *гетерозигота* (греч. *гетерос* – «другой») означает «разнородная зигота», т. е. *зигота, имеющая в своем составе разные аллельные гены* (желтого и зеленого цветов). А *гомозигота* (греч. *гомос* – «равный, одинаковый») – это *организм, получивший от родителей одинаковые аллельные гены* – либо оба доминантных **AA**, либо оба рецессивных **aa**.

Значит, *рецессивная гомозигота* может давать гаметы, содержащие только рецессивный ген (аллель) зеленой окраски **a**. *Доминантная гомозигота AA* тоже дает гаметы, которые содержат только доминантный ген (аллель) желтой окраски **A**. А вот гетерозигота **Aa** дает два сорта гамет. Половина всех ее половых клеток будет содержать ген желтой окраски **A**, остальные 50% гамет содержат ген зеленой окраски **a**.



Рис. 55. Схема опытов Г. Менделя

Закон чистоты гамет показывает, что не важно, что гибрид был желтого цвета. Ген зеленого цвета хоть и не работал в организме гибрида, хоть и не был виден, он все равно попал в гаметы *в чистом виде и был передан потомкам*. Этот закон показывает, что гаметы несут один наследственный признак желтого цвета (A) или зеленого (a) цвета и в чистом виде передают его потомкам.

Кроме рассмотренных понятий, есть еще два генетических термина, без которых не обойтись в дальнейшем.

Генотип – это совокупность генов организма. Он может быть *гомозиготным* или *гетерозиготным*. Если речь идет об опытах Менделя, то генотип обозначается буквенными символами: AA, Aa или aa.

Фенотип – это внешнее проявление генетических признаков. Можно сказать, что *фенотип – видимое отражение генотипа*. Так, при генотипе AA или Aa фенотип будет желтым. Однако при генотипе aa фенотип будет зеленым.

Для записи хода опытов Г. Мендель использовал генетическую символику (рис. 55). С небольшими изменениями она применяется до сих пор при решении генетических задач.

P – родительские особи (первая буква от лат. *parento* – «родитель»).

♂ – мужской пол (щит и копье Марса).

♀ – женский пол (зеркало Венеры).

× – знак скрещивания.

F – потомки.

F₁ – дети, индекс обозначает номер поколения потомства.

F₂ – внуки (гибриды 2-го поколения).

F₃ – правнуки и т. д.

G – генотип.

A – доминантный признак, или ген. Одной заглавной буквой обозначают *доминантную аллель* в гаплоидной гамете.

a – рецессивный признак, или ген. Одной строчной буквой обозначают *рецессивную аллель* в гаплоидной гамете.

Цитологические основы опытов Г. Менделя. Чтобы понять, почему результаты опытов Менделя были именно такими, необходимо связать внешние проявления наследственных закономерностей (цвет потомков) с поведением гомологичных хромосом и находящихся в них аллельных генов при мейозе и оплодотворении.

В качестве родителей для гибридов F₁ Г. Мендель использовал *чистые линии* – самоопыляемые растения. Его термин «чистые линии» соот-

ветствует современному термину «гомозиготы» – особи, имевшие всех предков только по доминантным или рецессивным признакам и соответственно получившие одинаковые аллели. Желтое родительское растение – *доминантная гомозигота*, а зеленое – *рецессивная гомозигота*. При мейозе из диплоидной зиготы образуются четыре гаплоидные гаметы, и в каждую гамету попадает по одному аллельному гену. Гаметы рецессивной гомозиготы содержат только рецессивную аллель, а гаметы доминантной гомозиготы – только доминантную. Соответственно схему скрещивания можно записать так:

P – чистые линии:

♀ желтая **AA** × (перекрестное опыление) ♂ зеленый **aa**.

Их гаметы – результат мейоза: **A** и **a**.

Оплодотворение: **Aa**.

F₁ – единообразие, все 100% желтые **Aa**.

P – гибриды 1-го поколения:

♀ желтая **Aa** × (самоопыление) ♂ желтый **Aa**.

Их гаметы – результат мейоза: **A** и **a**.

Оплодотворение: **AA**; **2Aa**; **aa**.

F₂ – расщепление по фенотипу, 3:1, а именно – 3 части желтых (75%, из них 25% **AA** и 50% **Aa**) и 1 часть зеленых (25% **aa**).

Опыление – процесс стихийный. Любой из спермиев может попасть в любую из яйцеклеток. У животных в ходе оплодотворения любой из сперматозоидов также имеет равные шансы попасть в любую из яйцеклеток. Поэтому, если бы у гороха во 2-м поколении гибридов образовалась только одна горошина, она могла бы быть зеленой с вероятностью 25:100, или 1/4. Это важно помнить, если вы решаете задачи по генетике человека, когда в семье может быть только один ребенок.

В экспериментах Г. Менделя было задействовано большое количество особей. Чем больше потомков, тем результаты будут ближе к теоретически ожидаемым. Всего Г. Мендель собрал 7324 горошины. Из них желтых было 5474, а зеленых – 1850. Это равно соотношению 2,96:1.

При решении генетических задач важно просчитать все возможные варианты формирования зигот – потомков, т. е. вероятность попадания любого из сперматозоидов в любую из яйцеклеток. Чтобы легче было представить все возможные комбинации, генетик Р. Пеннет составил соответствующую решетку. Она и сейчас с успехом применяется при решении генетических задач и называется *решеткой*





	♂ A	a
♀ A	AA 	Aa 
a	Aa 	aa 

Рис. 56. Решетка Пеннета

Пеннета (рис. 56). В ее верхней части пишутся гаметы отца, сбоку – гаметы матери. А в клетках самой решетки изображаются генотипы зигот их потомков.



Аллельные гены, рецессивная аллель, доминантная аллель, доминантная гомозигота, гетерозигота, рецессивная гомозигота, генотип, фенотип.



Знание и понимание

1. Дайте определение терминам *аллельные гены, рецессивная аллель, доминантная аллель, доминантная гомозигота, гетерозигота, рецессивная гомозигота, генотип, фенотип.*
2. Объясните, почему от гибридов 1-го поколения – желтых гетерозигот в потомстве вновь появляются зеленые особи.

Применение

1. Определите связь между законом доминирования и «работой» аллельных генов внутри клетки и организма.
2. Сравните цитологические основы закона единообразия и закона расщепления.

Анализ

1. Изобразите в виде схемы поведение аллельных генов внутри гибридного организма, их попадание в гаметы, дальнейшее участие в формировании зиготы в процессе оплодотворения и дальнейшее функционирование в образовавшихся организмах.
2. Докажите на примерах, что закон расщепления имеет свои цитологические основы.

Синтез

1. Порассуждайте, какое потомство можно ожидать в нижеприведенных скрещиваниях при условии, что серый цвет у мышей доминирует над белым:
 - 1) гетерозиготный серый самец и гомозиготная белая самка;
 - 2) белые родители;
 - 3) серые родители, один из них – гомозигота, а другой – гетерозигота.
2. Могут ли от белых родителей рождаться серые потомки? Могут ли от серых родителей рождаться белые потомки? Ответ обоснуйте и попытайтесь оформить как решение генетической задачи.

Оценка

Объясните значение явления единообразия в природе. Как вы считаете, могла ли сложиться другая ситуация? Как бы мог выглядеть фенотип гибридов 1-го поколения (гетерозиготных особей), если бы оба гена в клетке «работали»? Можно ли в этом случае говорить о «доминировании» одного цвета (аллели) над другим?

§ 35. Дигибридное скрещивание

Цель изучения этой темы: обосновать цитологические основы дигибридного скрещивания и решать задачи на дигибридное скрещивание.

Какие законы Г. Менделя вам известны? Где расположены аллельные гены при моногибридном скрещивании? Почему в 1-м поколении возникло единообразие, а во 2-м произошло расщепление в соотношении 3:1?



Что нужно повторить для успешного изучения темы? § 34 данного учебника.

После получения результатов опытов по моногибридному скрещиванию Г. Мендель решил проследить изменения горошин, отличающихся не по одному, а по двум парам альтернативных признаков. В качестве объектов были взяты растения с желтыми гладкими семенами (оба признака доминируют), а также с зелеными морщинистыми (оба признака рецессивны). Тип скрещивания, когда родительские формы отличаются друг от друга по двум парам признаков, называется *дигибридным*. При дигибридном скрещивании у особей рассматривают две пары аллельных генов. Как и при моногибридном скрещивании, Г. Мендель взял *дигомозиготные* растения – *чистые линии* – и провел перекрестное опыление. Результаты у гибридов F_1 были такими же, как и при моногибридном скрещивании. Наблюдалось единообразие. Все горошины имели только доминантные признаки, т. е. были желтыми и гладкими. Эти потомки были названы *дигетерозиготами*, так как имели по два аллельных гена цвета (желтые и зеленые) и по два аллельных гена формы (гладкие и морщинистые). Используя символику, обозначим их генотип: $AaBb$, где A – желтая окраска, a – зеленая окраска, B – гладкая форма, b – морщинистая форма. Приводим запись скрещивания в целом:

$P = AABV \times$ перекрестное опыление $aabb = F_1 AaBb - 100\%$.

Для получения гибридов F_2 Г. Мендель, как и в первом опыте, устроил самоопыление. Он предполагал получить расщепление в соотношении 3 части желтых гладких и 1 часть зеленых морщинистых. В действительности результат был следующим. В потомстве гибридов F_1 присутствовали все 4 признака, причем как в старых, так и в совершенно новых комбинациях. *Всего было 556 потомков. Из них 315 были желтыми и гладкими, 101 – желтыми и морщинистыми, 108 – зелеными и гладкими, 32 – зелеными и морщинистыми.* Этот результат примерно соответствует соотношению 9:3:3:1. Внуки дали новое сочетание признаков, которое отсутствовало не только у родителей, но и у дедушек и бабушек. Ведь хромосомы, содержащие гены формы, не гомологичны хромосомам, содержащим гены цвета. В результате мейоза у дигетерозиготы

($AaBb$) в гаметах образовались все возможные комбинации. Эта особь дала четыре разных сорта гамет: 1) AB ; 2) Ab ; 3) aB ; 4) ab . Осталось только просчитать все возможные варианты оплодотворения.

Число возможных комбинаций гамет составляет 16, т. е. образуется 16 типов зигот. Они представлены четырьмя фенотипическими классами: 1) желтые гладкие, 2) желтые морщинистые, 3) зеленые гладкие, 4) зеленые морщинистые. Генотипических классов девять:

- 1) 4 шт. $AaBb$;
- 2) 2 шт. $AABb$;
- 3) 2 шт. $AaBB$;
- 4) 2 шт. $Aabb$;
- 5) 2 шт. $aaBb$;
- 6) 1 шт. $AABB$;
- 7) 1 шт. $AAbb$;
- 8) 1 шт. $aaBB$;
- 9) 1 шт. $aabb$.

Внимательно посмотрев на рис. 57 и проанализировав числовые соотношения, вы заметите, что второй закон Г. Менделя по-прежнему действует, если принимать во внимание только один признак. Так, желтых особей получается $9+3=12$, а зеленых $3+1=4$. 12 относится к 4, как 3:1. То же самое происходит и с генами формы.

После анализа полученных данных Мендель сформулировал свой **третий закон**, который вошел в историю биологии как **закон независимого наследования**. Упрощенно можно сказать, что *наследование генов цвета не зависит от наследования генов формы*. Более полно закон звучит следующим образом:

Гены, находящиеся в разных негомологичных хромосомах, наследуются независимо друг от друга. В потомстве гибридов возникает генетическая рекомбинация – новое сочетание признаков, нехарактерное ни для одного из родителей.

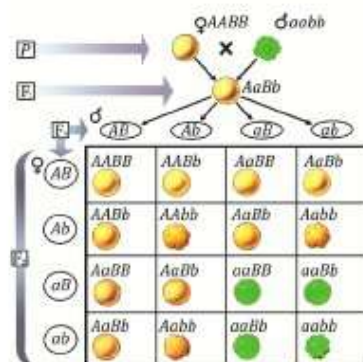


Рис. 57. Схема дигибридного скрещивания



Дигибридное скрещивание, моногибридное скрещивание, чистые линии, доминантный ген (признак), рецессивный ген (признак), дигетерозигота, дигомозигота, независимое наследование.



Знание и понимание

1. Дайте определение, что такое *дигибридное скрещивание*. Сколько генов (букв) содержится в гаметах при дигибридном скрещивании?
2. Объясните, почему именно столько букв обозначает аллели в клетках организма при дигибридном скрещивании.

Применение

1. Назовите причины, почему у дигибридного организма не может образоваться гамета, несущая два аллельных гена только одного из признаков, в частности, только цвета или только формы, например *АА* или *ВВ*.
2. Предположите, сколько генотипических и фенотипических групп организмов возможно при дигибридном скрещивании.

Анализ

1. Проанализируйте, почему говорят, что распределение хромосом при мейозе – одна из причин комбинативной изменчивости (разнообразия потомков).
2. Подумайте, какая особенность поведения гомологичных хромосом во время мейоза лежит в основе закона независимого наследования признаков.

Синтез и оценка

Порассуждайте и попытайтесь решить предложенные задачи:

Если у человека волнистые волосы доминируют над прямыми, а черный цвет волос – над светлым, какое потомство можно ожидать в следующих поколениях:

- 1) отец – дигетерозиготный с темными волнистыми волосами, а мать – рецессивная дигомозигота;
- 2) отец – светловолосый и гетерозиготен по гену волнистости, а мать – темноволосая гомозигота с прямыми волосами;
- 3) отец гомозиготен по обоим генам, при этом у него светлые и волнистые волосы, а мать – дигетерозигота;
- 4) отец – рецессивная дигомозигота, а мать – дигетерозигота.

§ 36. Взаимодействие аллельных генов: полное и неполное доминирование признаков. Анализирующее скрещивание и его практическое значение

Цель изучения этой темы: сравнить полное и неполное доминирование; оценить значение анализирующего скрещивания.

Можно ли определить генотип желтого растения гороха? Какие варианты возможны? Вспомните вопрос из блока «Оценка» к § 34. Подумайте над ответом еще раз.



Что нужно повторить для успешного изучения темы? § 34 данного учебника.

После того как законы Менделя были переоткрыты в 1901 г., нашлось немало последователей ученого. Многие естествоиспытатели стали повторять работы Менделя, используя для этого разные объекты, как растительные, так и животные. Результаты этих опытов далеко не всегда совпадали с результатами Г. Менделя. Тогда в генетике появился даже термин *менделирующие признаки*, т. е. те, которые подчиняются законам Менделя. Предполагалось, что параллельно существуют «неменделирующие признаки». Более тщательный анализ показал, что ни одно из утверждений Г. Менделя не было ошибочным.

Почему же соотношение 3:1 проявлялось не всегда? Оказывается, существуют три типа доминирования. Мы рассмотрим два из них (рис. 58).

Полное доминирование. При полном доминировании ген желтой окраски полностью доминирует над зеленым, т. е. гетерозиготы Aa желтого цвета. Ген зеленой окраски в них полностью не функционирует, хотя и сохраняется неизменным и переходит в следующие поколения на тех же правах и с той же вероятностью что и ген желтой окраски.

Взаимодействие аллельных генов, доминантного и рецессивного, в данном случае при полном доминировании проявляется в том, что доминантный ген полностью блокирует работу рецессивного гена.

Неполное доминирование. При неполном, или частичном, доминировании доминантный ген частично подавляет рецессивный. У гетерозиготных особей при неполном доминировании проявляется промежуточный фенотип. Так, при скрещивании растений ночной красавицы с красными и белыми цветками в 1-м поколении все цветки получились розовые. Во

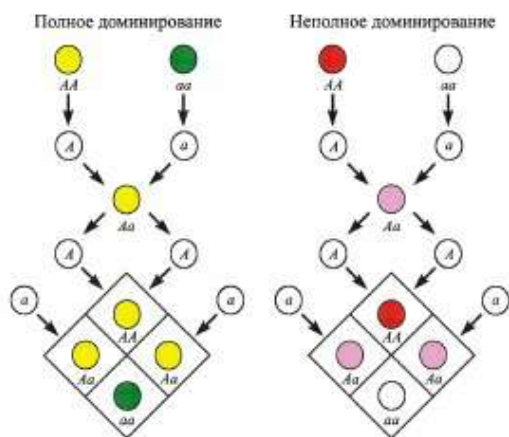


Рис. 58. Различные типы доминирования

2-м поколении проявляется расщепление **1:2:1**, т. е. 25% красных цветков, 50% розовых и 25% белых.

При неполном доминировании сохраняется единообразие гибридов 1-го поколения. Однако они не выглядят как их доминантный родитель, а как нечто среднее. **Соотношение фенотипов в F_2 соответствует генотипам и составляет 1:2:1.** Соотношение генотипических классов соответствует фенотипическим. Явление неполного доминирования широко распространено в природе. Оно, в частности, проявляется при наследовании окраски у цветка львиного зева, оперения андалузских кур, шерсти у коров и овец.

Еще одно интересное явление – при неполном доминировании наблюдается соотношение **2:1**. Оно имеет место только тогда, когда доминантная или рецессивная аллель в гомозиготном состоянии приводит к летальному исходу. Все особи с одним из гомозиготных фенотипов погибают. Примером может служить наследование окраски у мышей. Серые мыши имеют генотип **aa**, желтые **Aa**, а вот гомозиготы по доминанту **AA** летальны (умирают). Поэтому при скрещивании желтых мышей между собой появляется потомство, состоящее из одной части серых и двух частей желтых мышей.

Анализирующее скрещивание. Важные признаки часто контролируются рецессивными аллелями. Причем это могут быть как вредные признаки (например, генетические дефекты), так и полезные. Учитывая, что рецессивные признаки внешне не проявляются у гетерозигот, ученые не всегда могут определить, есть ли они в генотипе особей, имеющих доминантный фенотип. Для того чтобы точно убедиться в наличии или отсутствии рецессивных аллелей, проводят скрещивание с рецессивной гомозиготой и называют его *анализирующим*. Предположим, найдена желтая горошина неизвестного происхождения. Селекционеры хотят определить, чистая это линия или гетерозиготный потомок, появившийся в результате искусственного перекрестного опыления. Для этого они скрещивают эту горошину с зеленой особью с генотипом **aa**. В результате возможны два варианта:

♀ \ ♂	a	a
A	Aa	Aa
A	Aa	Aa

1. Особь оказалась доминантной гомозиготой. Тогда все потомки будут желтыми гетерозиготами, как было в первом опыте Менделя. $AA \times aa = Aa$

♀ \ ♂	a	a
A	Aa	Aa
a	aa	aa

2. Желтая горошина оказалась гетерозиготой, тогда потомство даст расщепление 1:1, или 50%:50%.

Таким образом, анализирующее скрещивание позволяет выявить наличие не проявляющейся внешне рецессивной аллели.



Полное и неполное доминирование, скрещивание, гомозиготы доминантные и рецессивные, гетерозиготы, анализирующее скрещивание.



Знание и понимание

1. Объясните, почему и при полном, и при неполном доминировании в 1-м поколении гибриды единообразные, но по их фенотипу сразу можно сделать вывод о типе доминирования.
2. Что такое *анализирующее скрещивание*, почему его так называют и для чего его нужно проводить?

Применение

1. Определите связь между типом доминирования и числовыми соотношениями в F_2 , как по фенотипу, так и по генотипу.
2. Объясните значение анализирующего скрещивания в практике сельского хозяйства.

Анализ

1. Проанализируйте, возможно ли иное числовое соотношение, чем 3:1 или 1:2:1.
2. Выскажите ваше мнение, от чего легче избавиться в стаде коров, от рецессивного признака комолости (безрогости) или от доминантного признака деформации копыта.

Синтез

1. Напишите эссе о типах аллельного взаимодействия.
2. Оцените роль того, что в начале XX в. ученые делили все признаки на «менделирующие» и «неменделирующие». Правомочно ли такое подразделение с точки зрения современной науки?

Оценка

1. Напишите реферат об истории формирования генетических представлений.
2. Считаете ли вы, что полное и неполное доминирование – единственные способы аллельного взаимодействия генов? Ответ аргументируйте.

§ 37. Решение генетических задач на моногибридное и дигибридное скрещивание

Цели изучения этой темы: решать задачи на моногибридное скрещивание; решать задачи на дигибридное скрещивание.



Что нужно повторить для успешного изучения темы? § 34 данного учебника.

Типовые задачи на знание терминологии. К такому типу задач относятся те, в условиях которых уже указано, какой признак доминирует. Как правило, это задачи первого уровня сложности. Успех в их решении зависит от знания генетической символики и терминологии и умения ими пользоваться. Приведем некоторые из них.

Задача 1. У томатов красный цвет доминирует над желтым. Какое потомство можно ожидать от красной гетерозиготы и желтой особи? Описать все генотипы и фенотипы.

Ход решения и оформление задачи по генетике начинаются с обозначения известных величин. В данном случае – с доминантного и рецессивного признаков и аллели.

Дано:

A – красный;

a – желтый.

Далее обозначается схема скрещивания так, как она дается в условии задачи:

P – красная гетерозигота \times желтая особь

и ставится вопрос согласно условию:

F_1 – ?

Все генотипы и фенотипы?

Соответственно, условие данной задачи целиком должно быть записано так:

Дано:

A – красный;

a – желтый;

P – красная гетерозигота \times желтая особь.

F_1 – ?

Все генотипы и фенотипы?

По условию задачи красная родительская особь – гетерозигота. Следовательно, ее генотип обозначается Aa . Второй родитель – желтого цвета. Следовательно, его генотип может быть только aa , так как при наличии доминантной аллели A цвет был бы красным. Выяснив генотип родителей: красная гетерозигота $Aa \times$ желтая особь aa , заполняем решетку Пеннета:

	$\frac{\text{♂}}{a}$	a	a
$\frac{\text{♀}}{A}$		Aa	Aa
	a	aa	aa

Ответ: в F_1 – расщепление 1:1 (50% – красные гетерозиготы Aa , 50% – желтые рецессивные гомозиготы aa).

Так как в ходе решения мы уже указали генотипы родителей, а их фенотипы есть в условии, в ответе ограничимся описанием генотипов и фенотипов потомков F_1 .

Задача 2. У человека леворукость – рецессивный признак, лучшее владение правой рукой – доминантный. Каким будет потомство у праворукой гомозиготной женщины и мужчины-левши? Описать все генотипы и фенотипы.

Ход решения и оформление

Дано:

A – владение правой рукой;

a – леворукость;

P – праворукая гомозигота \times левша.

F_1 – ?

Прежде всего, исходя из известных данных, обозначим генотипы родителей. Мать, по условию задачи, – гомозигота. Следовательно, в ее генотипе обе аллели одинаковы. При этом она обладает доминантным признаком (праворукость). Значит, ее генотип AA . Отец, по условию задачи, – левша (рецессивный признак). Значит, его генотип aa . Искомые генотипы: $AA \times aa$. Решетка скрещивания будет выглядеть так же, как и в опытах Менделя при получении гибридов F_1 .

♀ \ ♂	a	a
A	Aa	Aa
A	Aa	Aa

По фенотипу все потомки F_1 будут правши, а по генотипу – гетерозиготы Aa .

При решении типовых задач на моногибридное скрещивание нужно помнить, что существует всего шесть вариантов решетки Пеннета.

♀ \ ♂	a	a
a	aa	aa
a	aa	aa

♀ \ ♂	A	a
A	AA	Aa
a	Aa	aa

♀ \ ♂	A	A
A	AA	AA
A	AA	AA

♀ \ ♂	a	a
A	Aa	Aa
a	aa	aa

♀ \ ♂	a	a
A	Aa	Aa
A	Aa	Aa

♀ \ ♂	A	A
A	AA	AA
a	Aa	Aa

Попытайтесь решить одну из предложенных далее задач.

**Типовые задачи на моногибридное скрещивание,
полное доминирование**

1. У морских свинок черный цвет доминирует над белым. Какое потомство можно ожидать от черной и белой гомозигот? Описать генотипы и фенотипы всех особей.

2. У кур гладкое оперение доминирует над шелковистым. Какое возможно потомство от скрещивания гладкой гомозиготы и гетерозиготы? Описать генотипы и фенотипы всех особей.

3. У гороха нормальный рост растения доминирует над карликовостью. Какое возможно потомство от переопыления гетерозиготы и карликовой гомозиготы? Описать генотипы и фенотипы всех особей.

4. У дурмана колючие коробочки доминируют над гладкими. Какое можно ожидать потомство от колючей гетерозиготы и гомозиготы? Описать все генотипы и фенотипы.

5. У банкивских кур черный цвет доминирует над белым. Какое потомство можно ожидать от черной и белой гомозигот? Описать генотипы и фенотипы всех особей.

6. У собак нормальная длина ног доминирует над карликовостью. Какое возможно потомство от гетерозиготы и карликовой гомозиготы? Описать генотипы и фенотипы всех особей.

7. Желтое растение гороха скрещено с зеленым. В первом поколении все потомки желтые. Какой цвет доминирует? Какое возможно потомство от самоопыления гибридов первого поколения? Описать все генотипы и фенотипы.

8. Черные овцы скрещены с серыми. В первом поколении все ягнята черные. Какой цвет доминирует? Какое возможно потомство от скрещивания черных гибридов между собой? Описать все генотипы и фенотипы.

9. Скрещивается гладкошерстная морская свинка с особью, имеющей курчавую шерсть. Все потомки гладкошерстные. Какой признак доминирует? Какое возможно потомство от скрещивания гибридов первого поколения? Описать все генотипы и фенотипы.

10. У человека голубоглазость – рецессивный признак, кареглазость – доминантный. Каким будет потомство у кареглазой гетерозиготной женщины и голубоглазого мужчины? Описать все генотипы и фенотипы.

11. У человека тонкие губы – рецессивный признак, нормальные – доминантный. Каким будет потомство у тонкогубой женщины и такого же мужчины? Описать все генотипы и фенотипы.

12. У человека прямые волосы – рецессивный ген, а волнистые – доминантный. Каким можно ожидать потомство от гомозиготы по доминанту и по рецессиву? Описать все генотипы и фенотипы.

13. У мышей белая окраска шерсти доминирует над черной. Какое возможно потомство от гетерозиготной самки и черного самца? Описать все генотипы и фенотипы.

Решение генетических задач на дигибридное скрещивание.

Решетка Пеннета для дигибридного скрещивания.

Полигибридное наследование признаков

При решении задач на дигибридное скрещивание не всегда обязательно чертить решетку Пеннета, содержащую 16 ячеек. Ее можно сокращать. Если в скрещивании участвуют дигомозиготные особи, они будут образовывать только один сорт гамет. Если же особи гомозиготны по одному признаку, а гетерозиготны – по другому, то будет два сорта гамет. Поэтому решетка в этих скрещиваниях может быть сокращена. Продемонстрируем это на простом примере.

Пример.

$P - \text{♀} AaBB \times \text{♂} AaBb$ – женская особь образует 2 сорта гамет, а мужская – 4:

♀ \ ♂	AB	Ab	aB	ab
AB	$AA BB$	$AA Bb$	$Aa BB$	$Aa Bb$
aB	$Aa BB$	$Aa Bb$	$aa BB$	$aa Bb$

Такие сокращенные варианты решеток Пеннета для дигибридного скрещивания отнюдь не отменяют закономерностей формирования гамет при мейозе. Схемы этих же скрещиваний можно представить в виде классических решеток, состоящих из 16 ячеек. Но часть ячеек будет дублироваться.

♀ \ ♂	AB	Ab	aB	ab
AB	$AA BB$	$AA Bb$	$Aa BB$	$Aa Bb$
aB	$Aa BB$	$Aa Bb$	$aa BB$	$aa Bb$
AB	$AA BB$	$AA Bb$	$Aa BB$	$Aa Bb$
aB	$Aa BB$	$Aa Bb$	$aa BB$	$aa Bb$

Чем больше ячеек в решетке, тем сложнее не ошибиться, выписывая генотипы и фенотипы потомков. Поэтому мы настоятельно рекомендуем: прежде чем чертить решетку Пеннета для дигибридного скрещивания,

сначала выясните количество типов возможных гамет, а уже потом начинайте заполнять подходящую решетку.

Дигибридное скрещивание

Задача 1. Цвет арбузов зеленый или полосатый, форма круглая или овальная. Гомозиготное растение с овальными зелеными плодами скрещено с гомозиготным круглым полосатым растением. В F_1 все плоды круглые и зеленые. Какие признаки доминируют? Описать все генотипы. Каким будет потомство в F_2 ?

Ход решения и оформление задачи на дигибридное скрещивание также начинается с обозначения известных величин. В данном случае доминантные и рецессивные признаки и аллели неизвестны, но это можно выяснить по единообразию гибридов. Какие признаки проявились в F_1 , те и доминируют.

Дано:

P – ♀ овальный зеленый (гомозигота) × ♂ круглый полосатый (гомозигота).

F_1 – 100% круглые зеленые.

Следовательно:

A – круглый;

a – овальный;

B – зеленый;

b – полосатый.

Схема скрещивания выглядит следующим образом:

P – ♀ $aaBB$ × ♂ $AAbb$.

Гаметы: ♀ aB × ♂ Ab .

F_1 – 100% $AaBb$.

При скрещивании ♀ $AaBb$ × ♂ $AaBb$:

F_2 – 9:3:3:1 – 9 круглых зеленых, 3 круглых полосатых, 3 овальных зеленых и 1 овальный полосатый.

Задача 2. Посеяна желтая морщинистая горошина неизвестного происхождения. Какие могут быть потомки от самоопыления этой особи? Предположите все возможные варианты и обозначьте их генотипы.

Задача 3. У морских свинок курчавая шерсть – A , гладкая – a ; короткая шерсть – B , длинная – b . Каким будет F_1 от скрещивания дигетерозиготы и доминантной дигомозиготы? Какое потомство можно ожидать от дигетерозиготы и гладкой длинношерстной свинки?

Задача 4. У кур черная окраска – A , бурая – a ; наличие хохолка – B , отсутствие – b . Бурый хохлатый петух скрещен с черной курицей без хо-

хохла. В F_1 50% цыплят черные хохлатые, 50% бурые хохлатые. Каковы генотипы родителей?

Задача 5. У кур черная окраска – A , бурая – a ; наличие хохолка – B , отсутствие – b . Курица и петух черные и хохлатые. В F_1 всего получено 13 цыплят, из них 7 черных хохлатых, 3 бурых хохлатых, 2 черных без хохолка и 1 бурый без хохолка. Описать все генотипы.

Задача 6. У дурмана пурпурная окраска цветков доминирует над белой, колючие коробочки – над гладкими. Растение с пурпурными цветками и гладкой коробочкой скрещено с белым колючим. Получено 320 пурпурных колючих и 312 пурпурных гладких потомков. Каковы будут генотипы родителей и потомков?

Задача 7. От скрещивания сортов земляники, один из которых имеет красные ягоды и усы, а у второго белые ягоды и отсутствуют усы, получено F_1 с розовыми ягодами и усам. Каковы все генотипы? Как наследуются признаки? Можно ли вывести безусый сорт с розовыми ягодами?

Задача 8. Курица и петух черные и хохлатые. В F_1 всего получено 26 цыплят, из них 15 черных хохлатых, 6 бурых хохлатых, 4 черных без хохолка и 1 бурый без хохолка. Описать все генотипы.

§ 38. Генетика пола, механизмы его предопределения

Цель изучения этой темы: описать теорию определения пола.

Какие два пола существуют? Есть ли пол у организмов растений в цветках которых находится и пестик и тычинка? Приведите примеры бесполой организмов, обоеполюх – гермафродитных организмов и раздельнополюх организмов. Сколько хромосом у человека?



Что нужно повторить для успешного изучения темы? § 54 – учебник для 7 класса; § 53 – учебник для 8 класса.

Механизм определения пола. Существуют два способа предопределения пола. Более распространенный – *генотипический*. Пол потомков определяется генетическим материалом гамет в момент зачатия – оплодотворения яйцеклетки и формирования зиготы. На последующих стадиях развития пол особи уже не меняется.

При *фенотипическом* способе пол определяется не хромосомным набором зиготы, а условиями окружающей среды, в которой находится организм. Так, пол некоторых пресмыкающихся, например крокодилов, зависит от температуры, в которой развиваются яйца.

Генетический механизм определения пола. У большинства видов пол предопределяется генотипически.

Половые хромосомы и аутосомы.

Г. Мендель утверждал, что на наследование признаков совершенно не влияет пол родителей. Проводя опыты на горохе и желая убедиться в этом, Мендель поочередно опылял «желтой» пыльцой пестики «зеленых» растений и, наоборот, пыльцой «зеленых» – пестики «желтых». От перемены мест слагаемых результаты не менялись. Вспомните решетку Пеннета для моногибридного скрещивания: нет никакой разницы, где расположить гаметы материнского, а где отцовского растения: сверху или сбоку. Все равно зиготы получатся с одинаковым генотипом.

Существует ряд признаков, которые не подчиняются этому правилу. Как выяснил в своих исследованиях американский ученый Т. Морган, это признаки, гены которых находятся в *половых хромосомах*. Даже наблюдая хромосомы в микроскоп, легко выяснить, что из 46 хромосом человека только 44 одинаковы по размеру, форме и набору генов у мужчин и у женщин. Это так называемые *аутосомы*. Законам Менделя подчиняются признаки, гены которых находятся в аутосомах. Такой тип наследования называется *аутосомным*. Каждая из 44 аутосом имеет свою пару – гомологичную хромосому, т. е. у человека 22 пары гомологичных хромосом. Оставшиеся 2 хромосомы (половые) отличаются у мужчин и у женщин. Они сходны по строению, т. е. гомологичны, у женщин – XX. У мужчин эти хромосомы разные, негомологичные – XY. Поэтому расхожее выражение «у человека 23 пары гомологичных хромосом» верно только в отношении женщин (рис. 59).

Генотипическое предопределение пола происходит в момент оплодотворения. Клетки женщины содержат 44 аутосомы и 2 половые хромосомы XX. Поэтому в ее организме образуются яйцеклетки, содержащие по 22 аутосомы и 1 X-хромосому. Пол у женщин называется *гомогаметным*, так как все образующиеся гаметы одинаковы. Хромосомы, находящиеся в одной яйцеклетке, не отличаются по размеру и форме от хромосом других яйцеклеток или полярных телец.

У мужчин каждый сперматозоид содержит 22 аутосомы и 1 половую хромосому. При этом 50% сперматозоидов несут половую X-хромосому,

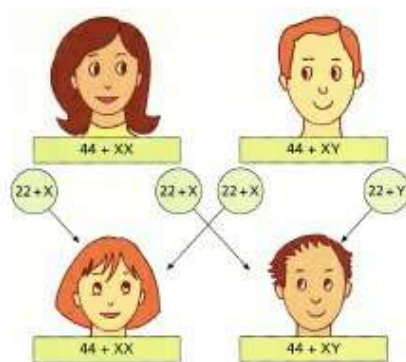


Рис. 59. Генотипическое предопределение пола

а еще 50% – Y-хромосому. Такой пол, при котором образующиеся гаметы отличаются по размерам и форме хромосом, называется *гетерогаметным*.

У человека, как и всех млекопитающих, наблюдается *женская гомогаметность* и *мужская гетерогаметность*. Большинство видов животных имеет мужскую гетерогаметность. Но есть виды, у которых половые хромосомы отличаются у самок, а у самцов одинаковы. Это явление *женской гетерогаметности*. Наконец, есть виды, у которых гомогаметный пол несет четное число хромосом, а гетерогаметный – нечетное. И гаметы отличаются не по размеру и форме хромосом, а по количеству (табл. 9).

Таблица 9

Примеры генотипического предопределения пола

Тип организма	Половые хромосомы		Тип гетерогаметности
	самки	самцы	
Человек и млекопитающие	XX	XY	Мужская гетерогаметность
Дрозофилы	XX	XY	Мужская гетерогаметность
Птицы	XY	XX	Женская гетерогаметность
Бабочки (большинство)	XY	XX	Женская гетерогаметность
Моли (семейства самых древних бабочек)	X0 только одна половая хромосома	XX	Женская гетерогаметность
Кузнечики и клопы	XX	X0	Мужская гетерогаметность

Если сперматозоид, содержащий X-хромосому, попадает в яйцеклетку, то в зиготе восстанавливается диплоидный набор, содержащий 2 половые хромосомы XX и 44 аутосомы. Из такой зиготы родится девочка. В случае, если в оплодотворении участвует сперматозоид, содержащий Y-хромосому, образуется зигота с набором XY + 44 аутосомы. Из нее разовьется мужской организм. Таким образом, пол будущего ребенка определяется половой хромосомой отца, содержащейся в сперматозоиде. Во всех случаях при генотипическом предопределении пола ведущая роль принадлежит гетерогаметным особям (мужским у млекопитающих, клопов и кузнечиков, женским – у птиц и бабочек).

При генотипическом предопределении пола соотношение полов в среднем составляет 50:50, т. е. 1:1. Справедливости ради нужно отметить, что сперматозоиды, содержащие Y-хромосому, несколько легче

и, соответственно, подвижнее. Поэтому у человека число новорожденных мальчиков несколько выше.



Фенотипическое и генотипическое предопределение пола, аутосомы, половые хромосомы, гомогаметность и гетерогаметность мужская и (или) женская.



Знание и понимание

1. Что такое *аутосомы* и *половые хромосомы*? Сколько их у человека?
2. Как вы понимаете *фенотипическое* и *генотипическое предопределение пола*?

Применение

1. Определите связь между хромосомным набором и полом человека.
2. Опишите, каким образом происходит формирование разных полов у человечества в примерном соотношении 1:1.

Анализ

1. Изобразите в виде схемы процесс генотипического предопределения пола у разных организмов: человека, дрозофилы, клопов, бабочек, птиц и крокодилов и бонелии.
2. Докажите на примерах, что генетически в организме человека пол определяется отцом.

Синтез

1. Порассуждайте, может ли пол измениться после зачатия, но до рождения.
2. Оцените роль аутосом и половых хромосом.

Оценка

1. Оцените эволюционный смысл фенотипического и генотипического предопределения пола. Какие преимущества имеет каждая из этих систем?
2. Обсудите, возможно ли, что гибель динозавров произошла не из-за смертельного похолодания, длившегося несколько десятков лет, а из-за вероятности фенотипического переопределения пола у этих крупных рептилий. Ответ аргументируйте.

§ 39. Гемофилия и дальтонизм как примеры наследования, сцепленного с полом

Цель изучения этой темы: составить схему, объясняющую роль хромосом в определении пола.

Какие два вида половых хромосом существуют? Какая хромосома достается от отцов сыновьям? От кого получают свою X-хромосому мальчики? От кого получают свою X-хромосому девочки?



Что нужно повторить для успешного изучения темы? § 38 данного учебника.

Сцепленными с полом называют те признаки, гены которых находятся в половых хромосомах. У человека Y-хромосома практически не содержит жизненно важных генов, но ее наличие определяет мужской пол как таковой. У многих видов, в частности рыб, Y-хромосома содержит гены с фенотипически выраженными признаками. Поэтому для человека и большинства млекопитающих справедливо утверждение: «Генами, сцепленными с полом, являются гены, находящиеся в X-хромосоме».

Следовательно, признаки, сцепленные с полом, передаются от матерей сыновьям и дочерям, а от отцов – только дочерям. Хорошо изученными сцепленными с полом признаками являются дальтонизм и гемофилия. Оба эти заболевания контролируются рецессивными аллелями генов, находящимися в X-хромосомах. Доминантные аллели отвечают за отсутствие болезней. Гетерозиготные женщины фенотипически здоровы, но их называют *носительницами* за то, что они несут в своем генотипе непроявившийся ген болезни и могут передать его своим сыновьям.

Еще одним примером признака, сцепленного с полом, может служить наследование окраски у кошек. Черная окраска рецессивна по отношению к доминантной рыжей окраске. Гены находятся в X-хромосомах. Другой неаллельный ген контролирует, будет ли окраска сплошной или

останутся белые пятна (неокрашенные участки). В результате коты могут быть черными X^aY или рыжими X^AY (сплошь окрашенными или с белыми пятнышками). Но они никогда не бывают гетерозиготными, т. е. черепаховыми (сочетание трех цветов: черного, рыжего и белого). А кошки могут быть любыми: черными X^aX^a , рыжими X^AX^A или черепаховыми X^AX^a (рис. 60).

Есть признаки, находящиеся *под контролем пола*. Например, ген возрастного облысения находится в аутосоме. Он проявляет себя как доминантный по отношению к наличию волос у мужчин и, наоборот, как рецессивный – у жен-

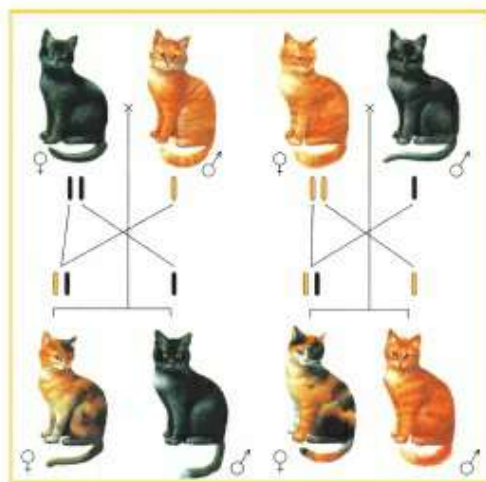


Рис. 60. Наследование окраски у кошек

щин. Также под контролем пола часто находится окраска оперения у некоторых видов птиц и плавников и чешуи аквариумных рыбок.



Гены (признаки), сцепленные с полом; гены (признаки), находящиеся под контролем пола; носительницы.



Знание и понимание

1. Объясните, почему генетически заболевания, гены которых находятся в X-хромосоме не передаются от отцов к сыновьям.
2. Как вы понимаете термин «женщина-носительница»?

Применение

1. Определите связь между наследованием признаков, сцепленных с полом, и поведением X-хромосом во время мейоза и оплодотворения.
2. Сравните признаки, находящиеся под контролем пола. Что такое *признаки, сцепленные с полом*?

Анализ

1. Изобразите в виде схемы передачу рецессивных признаков, находящихся в X-хромосоме гетерозиготной женщины к сыновьям и к дочерям.
2. Докажите на примерах, что сын не может получить признак, находящийся в X-хромосоме от отца.

Синтез

1. Дайте общее описание закономерностей передачи признаков (доминантных и рецессивных), находящихся в X-хромосоме.
2. Приведите примеры признаков, находящихся под контролем (под влиянием) пола.

Оценка

1. Напишите реферат о процентном соотношении дальтоников и гемофиликов среди мужчин и женщин. Почему реальное положение вещей отличается от теоретически ожидаемого?
2. Выскажите свое мнение, почему гемофилия не исчезла из генофонда человечества, несмотря на то, что гемофилики-мужчины до середины XX в. почти не доживали до половой зрелости.

§ 40. Закономерности наследования групп крови и резус-фактора у человека

Цель изучения этой темы: объяснить механизм определения и наследования групп крови человека.

*Сколько групп крови выделяют у человека? Какие группы крови и почему называются универсальный донор и универсальный реципиент? Что такое **агглютинация, резус-фактор, резус-конфликт, гемолитическая желтуха**?*



Что нужно повторить для успешного изучения темы? § 21 – учебник для 8 класса.

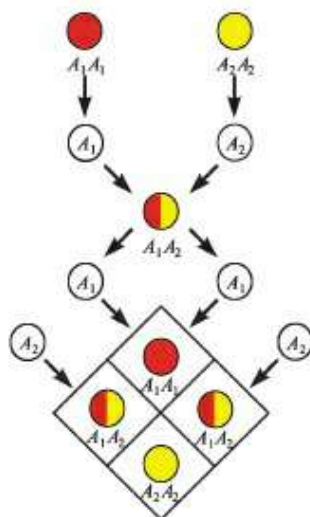


Рис. 61.
Кодоминирование

Кодоминирование. Существуют три типа доминирования. С двумя из них мы уже познакомились. Полное доминирование – наследование цвета семян у гороха и неполное доминирование – цветков ночной красавицы. Еще один тип доминирования – *кодоминирование*, или *кодоминантность* (лат. *ко* – «вместе, совместно»). Буквальный перевод этого термина – «совместное доминирование двух независимых пар неаллельных генов», т. е. два доминантных неаллельных гена дают при взаимодействии новый признак (рис. 61). Так наследуются группы крови у человека.

Группы крови определяются специфическими веществами изоантигенами, или агглютиногенами, находящимися в эритроцитах и других клетках крови, а также в плазме крови, слюне, сперме и некоторых других жидкостях. По химической природе эти вещества представляют собой гликопротеиды, гликолипиды, полисахариды и т. д. Они синтезируются на ранних

стадиях эмбрионального развития и сохраняются на всю жизнь. Так что группа крови у человека не меняется, она закодирована в ДНК и передается от родителей потомству. Группы крови обнаружены у всех видов млекопитающих.

Как вы помните, у человека существуют **четыре группы крови** (табл. 10). Люди с I группой крови могут являться *универсальными донорами*, т. е. отдавать свою кровь людям с любой из групп. Люди с IV группой крови – *универсальные реципиенты*, т. е. могут принимать кровь любой группы. Люди с III и II группами крови могут быть донорами для своих групп (в исключительных случаях и для IV группы).

При переливании крови без соблюдения группы происходит процесс *агглютинации* – склеивание эритроцитов по несколько сотен штук. Такие «стопки» из эритроцитов не способны переносить кислород, и организм погибает. До открытия групп крови в 1900 г. опыты по ее переливанию часто заканчивались смертью пациента. Почему же эритроциты склеиваются? Агглютинацию вызывает взаимодействие двух классов специфических веществ: находящихся в эритроцитах *антигенов* (агглютиногенов) и *антител* плазмы крови (агглютининов).

Таблица 10

Полные данные по группам крови системы АВО

Группа крови	Название по системе АВО	Гены белков эритроцитов (агглютиногены, или изоантигены)	Гены белков плазмы (агглютинины, или антитела)	Возможные генотипы и их гаметы			
				гомозиготы	гаметы гомозигот: только 1 сорт гамет	гетерозиготы	гаметы гетерозигот: 2 сорта гамет
I	0	–	α и β	00	только 0	–	
II	A	A	β	AA	только A	A0	
III	B	B	α	BB	только B	B0	
IV	AB	AB	–	–	–	AB	

Система деления крови человека на четыре группы основана на комбинации двух доминантных агглютиногенов: **A** и **B** и двух антител плазмы крови α и β . Гены **A** и **B** не являются аллельными, каждый из них кодирует свой специфический белок. При этом рецессивное состояние обозначается как отсутствие обеих доминантных аллелей, т. е. **0**. Если при переливании соединяется кровь, содержащая антиген **A** и антитело α , произойдет агглютинация – слипание эритроцитов. Та же ситуация будет, если в крови «встретятся» антиген **B** и антитело β .

Люди с I группой имеют только рецессивную аллель антигена (агглютиногена), обозначаемую **00**. Соответственно, в их плазме есть оба антитела α и β .

Обладатели II группы имеют доминантную аллель **A**. В гомозиготном состоянии их генотип **AA**, а в гетерозиготном **A0**. А их плазма содержит только антитело β .

Люди с III группой крови имеют доминантную аллель **B**, следовательно, их генотип в гомозиготном состоянии будет обозначаться как **BB**, а в гетерозиготном – **B0**. А их плазма содержит только антитело α .

При IV группе крови генотип включает в себя обе доминантные аллели и обозначается **AB**. Именно у IV группы крови проявляется эффект *кодминирования* – формирование нового признака при сочетании двух неаллельных доминантных генов **A** и **B**. В плазме крови IV группы антитела (агглютинины) вообще отсутствуют, поэтому кровь не агглютинирует при переливании любой группы.

Учтите, что у I группы крови нет гетерозиготного состояния, а у IV – гомозиготного.

Интересно выглядит наследование групп крови, если один из родителей имеет I группу, а другой – IV.

P – I×IV

♂ \ ♀	A	B
0	A0	B0
0	A0	B0

Как вы видите из решетки Пеннета, никто из детей не наследует группы крови родителей. Дети будут со второй **A0** и третьей **B0** гетерозиготными группами крови.

Соотношение людей с определенными группами крови отличается внутри наций и народностей (табл. 11).

Таблица 11

Преобладание групп крови у разных народов

Исследуемые представители	Соотношение разных групп крови, %			
	I	II	III	IV
Китайцы	28,6	26,2	32	12,8
Японцы	30,1	38,4	21,9	9,7
Французы	41,6	47	8	3,3
Русские	33,3	37,4	22,8	6,5
Австралийцы (аборигены)	60,7	39,3	0	0
Индийцы племени бороро	100	0	0	0

Резус-фактор – особый белок, находящийся на поверхности эритроцитов. Как вы помните, людей, у которых данный белок имеется, называют резус-положительными, а у кого он отсутствует – резус-отрицательными. Наличие этого белка характерно в среднем для 85% населения Земли. В разных популяциях людей количество резус-отрицательных представителей неодинаково. Так, например, среди азиатской части населения Казахстана этот показатель менее 1%.

Как вы, наверное, догадались, исходя из процента носителей резус-отрицательного фактора, он кодируется отрицательной аллелью. То есть люди с резус-положительной кровью являются обладателями как минимум одной доминантной аллели **A**, отвечающей за наличие этого белка. Следовательно, все резус-положительные люди могут иметь гетерозиготный генотип – **Aa** либо быть доминантными гомозиготами – **AA**. В свою очередь резус-отрицательные люди по генотипу будут рецессивными гомозиготами – **aa**.

Соответственно возможно рождение резус-отрицательных потомков даже от положительных родителей при условии, что они гетерозиготны – **Aa**×**Aa** с вероятностью 25% от общего числа возможных потомков. Но, учитывая, что в семьях не всегда бывает даже четыре ребенка, процент

реально (практически) родившихся детей в семьях гетерозигот еще меньше, чем теоретически ожидаемый. Кроме того, в браках от гетерозигот Aa и доминантных гомозигот AA детей с отрицательным резусом не может быть вовсе. В браке с резус-отрицательным партнером принципиальное значение имеет, кто будет рецессивной гомозиготой – супруг или супруга. Ведь резус-конфликт развивается между организмом матери и плода. А организм отца в развитии иммунного ответа не участвует.

Рассмотрим это на простом примере. Предположим, что у организма матери резус отрицательный, а у отца – резус положительный (гомозиготен). В этом случае все дети будут иметь положительный резус отца, и у всех детей вероятно развитие резус-конфликта с организмом матери. Эритроциты плода слабо заметны для иммунных систем матери во время беременности. На ранних сроках резус-конфликта еще не возникает, так как кровь у эмбриона формируется не сразу. Постепенно «опознавание» эритроцитов ребенка, как чужеродных, растет. Пик опасности наступает во время родов, когда при разрыве сосудов плаценты происходит смешение крови матери и плода. У организма матери формируются антитела (иммунный ответ), нацеленные на уничтожение эритроцитов ребенка. Гибель эритроцитов плода у новорожденного называется *гемолитической желтухой*. Это опасное состояние, при котором ребенок может даже погибнуть. Если во время первой беременности количество антител еще недостаточно и редко приводит к серьезным последствиям, то с каждой следующей беременностью вероятность негативного влияния повышается. Особенно если между беременностями прошло не много времени, и организм еще «не разобрался» синтезировать данные антитела.

Есть несколько современных способов снизить риск резус-конфликта:

1) планировать перерыв между первой и второй беременностью не менее 5–6 лет;

2) в течение 72 часов после родов ввести в организм матери резус-антитела, чтобы они «подменили» собой иммунный ответ материнского организма;

3) учет групп крови супругов, если у жены резус отрицательный, а у супруга положительный. Оказывается, если у жены I (00) группа крови, а у ее плода любая другая, резус-конфликт вообще не развивается! Это происходит потому, что эритроциты плода, попавшие в организм матери, разрушаются агглютинами α и β так быстро, что антитела против резус-фактора не успевают сформироваться.

Теперь рассмотрим ситуацию, когда генотипы родители такие же, но они поменялись местами: у организма отца резус отрицательный (aa), а у матери резус положительный (гомозиготен AA). В этом случае все дети будут иметь положительный резус матери, и у всех у них вероят-

ность развития резус-конфликта с организмом матери равна 0, т. е. резус-конфликт вообще не разовьется.



Кодоминирование, или кодоминантность; универсальный донор и универсальный реципиент, антигены – агглютиногены, антитела – агглютинины, резус-фактор, резус-конфликт.



Знание и понимание

1. Что такое кодоминирование?
2. Объясните, почему может развиваться резус-конфликт.

Применение

1. Определите связь между полом родителей с разным резусом и перспективами развития резус-конфликта.
2. Назовите причины, почему люди с I группой крови являются универсальными донорами. Почему их кровь в остальных группах не агглютинирует, а в крови I группы агглютинируют все остальные?

Анализ

Изобразите в виде схемы любой из шести процессов наследования различных групп крови:

- 1) P – I×III гетерозиготная;
- 2) P – IV×II гомозиготная;
- 3) P – IV×III гомозиготная;
- 4) P – I×II гетерозиготная;
- 5) P – IV×III гетерозиготная;
- 6) P – I×III гомозиготная.

Синтез

1. Докажите, что не у любой супружеской пары с разным резусом может возникнуть проблема резус-конфликта.
2. Оцените реальную ситуацию: «У двух родных братьев IV группа крови. Они женаты на женщинах с III и с I группой крови. В обеих семьях примерно в одно время родилось по двое сыновей-погодков. Проходя медкомиссию в военкомате, сыновья у первой пары выяснили, что у одного из них IV, а у другого III группа крови (как и у родителей). Сыновья второй супружеской пары выяснили, что у одного из них II, а у другого III группа крови (которых нет ни у одного из родителей)». Используя схему скрещивания, докажите, что в данной ситуации генетические закономерности полностью соблюдаются.

Оценка

1. Считаете ли вы, что резус-отрицательные и резус-положительные люди являются эволюционно не равнозначными? Можно ли утверждать, что кто-то из носителей одного из признаков является более эволюционно «продвинутым»? Ответ аргументируйте.
2. Оцените, от каких факторов зависит наличие только I группы крови в племени бороро. Почему у коренного населения Австралии нет представителей III и IV групп крови? Могла ли подобная ситуация сформироваться в Японии?

§ 41. Генетика человека и ее методы

Цель изучения этой темы: охарактеризовать основные методы изучения генетики человека

Можно ли применить гибридологический метод к генетике человека? Почему?



Что нужно повторить для успешного изучения темы? § 38 данного учебника.

Основные закономерности наследственности живых организмов универсальны. Они в полной мере подходят и к человеку. Однако, исследуя наследственность человека, нельзя пользоваться основным генетическим методом гибридологического анализа. Основатель школы российских генетиков Н. К. Кольцов приводил такой пример, касающийся двух знаменитых оперных певцов: «Мы не можем ставить опыты, не можем заставить Нежданову выйти замуж за Шаляпина только для того, чтобы посмотреть, какие у них будут дети». Тем не менее для человека тоже установлен принцип наследования большинства признаков, что достигается специфическими методами генетики (табл. 12).

Таблица 12

Сравнительная характеристика генетических методов

Метод	Особенности	Что выявляет	Недостатки
1	2	3	4
Генеалогический	Основан на анализе родословных	Тип наследования признака (доминантный или рецессивный, сцепленный с полом или аутосомный)	Неточности возникают из-за малочисленности потомства и разной пенетрантности признаков
Близнецовый	Основан на проявлении признаков у однояйцовых близнецов	Влияние окружающей среды на проявление генетически заложенного признака в фенотипе	Выявляет только условия формирования модификационной изменчивости
Цитогенетический	Окрашивание и микроскопирование хромосом	Генетические изменения, обусловленные изменением числа, размеров или формы хромосом	Не выявляет изменений, связанных с функционированием генов или изменением внутри одного гена
Иммуногенетический	Анализируется степень генетической совместимости	Интенсивность иммунной реакции организма донора и реципиента или матери и плода при резус-конфликте	Не выявляет ничего, кроме «работы» белков-антител

1	2	3	4
Биохимический	Биохимический анализ работы ферментов организма	Позволяет выявить поврежденные белки-ферменты и устранить симптомы заболевания их введением	Не выявляет ничего, кроме «работы» белков-ферментов
Популяционно-статистический	Математическое вычисление количества гетерозигот – носителей вредных рецессивных признаков	Позволяет прогнозировать количество генетических заболеваний в следующих поколениях	Рассчитан на идеальную популяцию – без миграций, мутаций, степени жизнеспособности

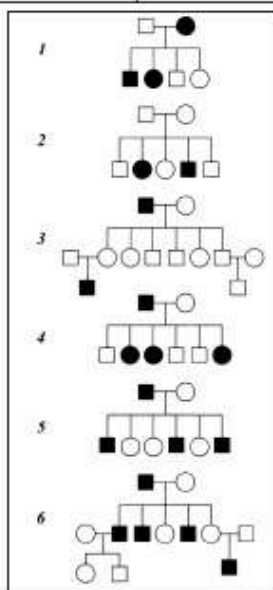


Рис. 62. Родословные, демонстрирующие различные типы наследования признаков у человека (Тихомирова, 1990. С. 55);

1 – аутосомно-доминантный; 2 – аутосомно-рецессивный; 3 – сцепленный с полом рецессивный; 4 – сцепленный с полом доминантный; 5 – голандрический; 6 – зависимый от пола (аутосомный)

1. Генеалогический метод называют методом анализа родословных. Это один из основных методов генетики человека. Основан он на сборе всех имеющихся данных о предках и других кровных родственниках. Позволяет выявить тип наследования признака, т. е. установить, доминантной или рецессивной аллелью он контролируется, сцеплен с полом или нет и т. д. Этот метод является обязательным для медико-генетического консультирования. Вначале метод разрабатывался только для диагностики генетических болезней, но вскоре был использован для установления типов наследования и других признаков. Сама работа включает в себя два этапа: составление родословных и их анализ. При составлении родословных используется устоявшаяся система обозначений. Поколения записываются в одной строке и обозначаются римскими цифрами. Все потомки одной пары указываются в порядке рождения и нумеруются арабскими цифрами. После составления родословные анализируются врачами-генетиками, и делается прогноз относительно будущих поколений (рис. 62).

Недостатками генеалогического метода можно считать ограниченность в сборе информации (часто родословные бывают неполными). Понижение эффективности этого метода связано с небольшим числом потомков в современных семьях

(1–2 ребенка). Сильное затруднение в анализе родословных возникает из-за *пенетрантности* (процент проявления данного гена в фенотипе особи). Теоретически особи с генотипом *aa* должны иметь рецессивный фенотип, а особи с генотипом *Aa* или *AA* – доминантный фенотип. На практике это бывает не всегда. Пенетрантность генов некоторых признаков может составлять у человека от 0 до 100%. Так, пенетрантность отосклероза составляет 40%, синдрома Марфана – 30%, рениобластомы – 80%.

2. Цитогенетический метод (окрашивание и изучение хромосом с помощью микроскопа) стал широко использоваться с 20-х годов XX в. Развитие цитогенетики включает в себя несколько значимых этапов.

1956 г. – Д. Тию и А. Леван установили, что у человека 46 хромосом (а не 48, как считалось ранее).

1959 г. – французские ученые Ж. Лежен, Р. Тюрпен и М. Готье установили хромосомную природу болезни Дауна (47 хромосом, «лишняя» в 21-й паре).

1960 г. – в Денвере (США) была разработана первая международная классификация хромосом человека (рис. 63). Они были поделены на семь групп в зависимости от размеров и местоположения первичной перетяжки (*равноплечие, разноплечие, субметацентрические* и т. д.) Каждая пара хромосом была обозначена порядковым номером от 1 до 23.

В 70-е годы XX в. стали активно применяться различные методы дифференцированного окрашивания хромосом. Благодаря этому удалось увидеть структурную неоднородность хромосом. Оказывается, они состоят из различного рода хроматина, окрашивающегося в светлые и темные полосы.

В 1971 г. на Парижской конференции генетиков к Денверской классификации хромосом, кроме размеров и формы, добавились еще и характеристики их окраски.

Цитогенетический метод позволяет выявлять заболевания, связанные с изменением размеров, строения, количества или формы хромосом. Так, проводя цитогенетический анализ, можно продиагностировать трисомию (47 хромосом) на ранних стадиях беременности. Недостатком метода является то, что он не пригоден для выявления точечных мутаций. Часто он не пригоден и для выявления наследования признака.

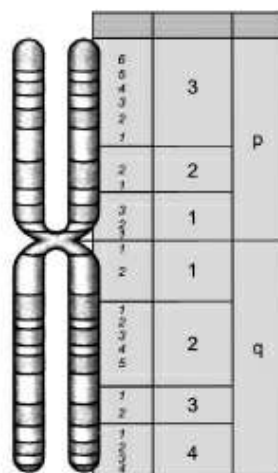


Рис. 63. Различные участки хромосомы человека, принятые в международной классификации для картирования

3. Близнецовый метод позволяет установить вклад генетических (наследственных) и средовых факторов (климат, питание, обучение и воспитание) в формирование фенотипа, развитие конкретных признаков или заболеваний. Для того чтобы выводы по итогам наблюдений были достоверны, сравнивают однояйцовых и разнояйцовых близнецов. Однояйцовые близнецы монозиготны и имеют одинаковый набор хромосом, так как являются результатом развития одной зиготы, разделившейся на ранней стадии на две клетки, из которых развились два зародыша. Разнояйцовые близнецы, или дизиготы, являются результатом развития двух независимых яйцеклеток, которые были оплодотворены разными сперматозоидами в одно время. То есть дизиготные близнецы не более родственны генетически, чем просто братья и сестры, так как имеют около 50% идентичных генов. Общая частота рождения близнецов составляет примерно 1%, из них около 1/3 – монозиготы. Существуют точные методы диагностики отличий монозиготных и дизиготных близнецов. Они не ограничиваются внешним сходством и включают в себя биохимические и иммунологические методы. Так, например, у однояйцовых близнецов происходит 100%-ное приживление пересаженных кусочков кожи, что свидетельствует о полной генетической совместимости. У дизиготных близнецов приживления «сестринской» кожи никогда не происходит – всегда заканчивается отторжением. В группах разных близнецов изучают степень их сходства (*конкордантность*) и степень различия (*дискордантность*).

Близнецовый метод, якобы, применил еще король Франции Людовик XIV. Чтобы выяснить, что более вредно для организма – чай или кофе, он приказал поить одного из братьев-близнецов только чаем, а другого – только кофе. Оба брата были приговорены к смертной казни за разбойные нападения. Король заменил смертную казнь на пожизненное заключение. При этом братьям не давали никакого другого питья, кроме чая и кофе. В результате оба дожили до преклонного возраста (более 70 лет), пережив короля. Первым умер брат, который пил чай. Но смерть наступила из-за несчастного случая. Выходя на прогулку, узник поскользнулся и сломал ногу, после чего началось заражение и наступила смерть.

Недостатками близнецового метода является его «узость». Он позволяет установить только роль генотипа в степени проявления признака.

4. Иммуногенетический метод – один из современных. Он возник на основе изучения наследования групп крови и резус-фактора (рис. 64). Сейчас применяется при изучении типов наследования иммунных реакций организма. Благодаря этим исследованиям удастся вести планирова-

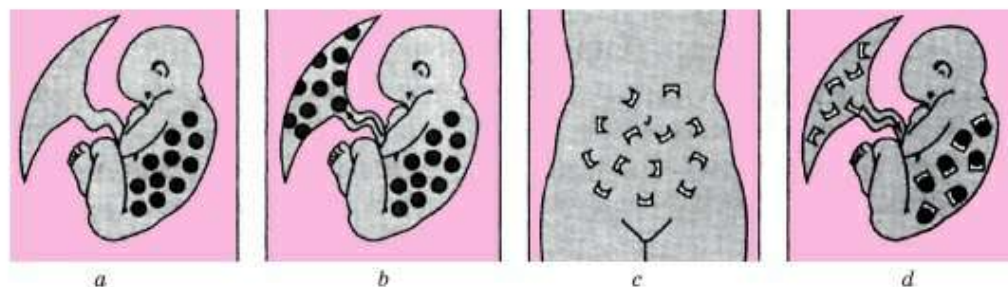


Рис. 64. Формирование резус-конфликта: *a* – формирование эритроцитов ребенка; *b* – белок резуса поступает в организм матери; *c* – выработка антител в организме матери; *d* – развитие резус-конфликта

ние семьи и избегать гибели плода при возникновении резус-конфликта. Эта же методика применяется при генетическом подборе доноров для трансплантации органов и тканей.

5. Биохимический метод позволяет на основе биохимических анализов установить генетические изменения, которые приводят к отклонению в обмене веществ. Этот метод применим только к заболеваниям, в результате которых нарушается работа ферментов, возникают патологические изменения биохимических процессов. Метод используют при диагностике сахарного диабета (недостаток в организме инсулина) и фенилкетонурии (неспособность превращать аминокислоту фенилаланин в тирозин), врожденной непереносимости фруктозы и многих других болезней. Достоинство этого метода – позволяет распознать, какой именно белок-фермент поврежден.

6. Популяционно-статистический метод – один из важнейших в современной генетике. Выявляется количество носителей той или иной аллели (а не генотип отдельного человека) и процентное соотношение различных генотипов в популяции, т. е. структуру генофонда.

В 1908 г. английский математик **Г. Харди** и немецкий антропогенетик **В. Вайнберг** смогли разработать формулу, которая сейчас называется **законом Харди – Вайнберга**. Согласно данному закону, можно рассчитать соотношение генотипов в популяции. Так, зная количество представителей одного генотипа (например, рецессивных гомозигот aa), легко вычислить количество других представителей (например, гетерозигот – носителей рецессивной аллели Aa). Этот метод сегодня широко используется не только в генетике человека. С его помощью удастся определить генетическую структуру популяции, т. е. рассчитать соотношение нормальных генов и генов с патологией. Это уравнение разрабатывалось для

идеальной популяции, поэтому отклонения от его значений позволяют отслеживать направление мутационного процесса, выживаемость тех или иных групп, прогнозировать генетическое будущее популяций.



Генеалогический, близнецовый, цитогенетический, иммуногенетический, биохимический, популяционно-статистический методы; генофонд, пенетрантность, закон Харди – Вайнберга.



Знание и понимание

1. Что такое *генеалогия*, *генеалогическое древо*?
2. Объясните, почему гибридологический метод не применим к генетике человека, а основным является генеалогический метод.

Применение

1. Сравните биохимический и иммунологический методы.
2. Назовите причины, почему некоторые из методов являются «узкими».

Анализ

1. Докажите на гипотетических примерах, что близнецовым методом можно выявить эффективность аналогичных лекарственных препаратов.
2. Рассмотрите рисунок. Какие выводы вы смогли бы сделать по данному рисунку, если бы это были результаты исследования цитогенетическим методом?



Синтез

1. Напишите эссе о практическом значении методов генетики человека.
2. Смоделируйте ситуацию. У супружеской пары длительное время нет потомства. Если не брать в расчет их консультации у других специалистов, какой из методов генетических исследований вы посоветовали бы к ним применить и что предполагали бы выявить с его помощью?

Оценка

1. Устройте дебаты на тему: «Описанные методы генетики человека способны устранять генетические дефекты». Выскажите обоснованные аргументы «за» и «против» этой точки зрения.
2. Оцените перспективы практического применения популяционно-статистического метода в Казахстане.

§ 42. Предупреждение наследственных заболеваний человека. Составление генеалогического древа

Цель изучения этой темы: изучить методы предупреждения наследственных заболеваний человека.

Каково практическое применение генетики? Какое значение имеют генетические исследования в здравоохранении?



Что нужно повторить для успешного изучения темы? § 41 данного учебника.

Значение генетики как науки очень велико. Результаты ее исследований применяются во многих отраслях человеческих знаний. Принципы генетики являются общебиологическими закономерностями. Без генетического подхода невозможно достаточно полно понять процесс существования и развития живой материи.

Медицинская генетика – наиболее важный для человечества раздел. Количество вредных генетических изменений, накапливающихся в генофонде человечества, растет пропорционально загрязнению окружающей среды различными мутагенами и излучениями.

Надо отметить, что именно постоянное повышение радиоактивного фона является сегодня главным фактором повышения мутагенного воздействия. Наш организм подвергается мутагенезу при воздействии ультрафиолетового облучения, видимого солнечного света, повышенного электромагнитного фона, создаваемого телевизорами и компьютерами, даже сотовыми телефонами первых поколений.

Веществом-мутагеном, встречающимся в повседневной жизни, является кофеин. Он вызывает разрывы хромосом, которые могут привести к выкидышам. Опасные дозы кофеина очень высоки, поэтому просто любителям кофе нечего опасаться. Но кофеин может накапливаться в тканях, достигая максимальной концентрации через 30–40 мин после приема, и полностью выводится только через 6–10 ч. Его мутагенный эффект повышается под воздействием ультрафиолета. Так, были обследованы 550 беременных, употреблявших кофе. Всего 14 из них выпивали 6 чашек кофе в день, остальные – меньше. У 13 из этих 14 будущих мам беременность прервалась.

Алкоголь и никотин не считаются сильными мутагенами. Но точно известно, что они могут повлиять на качество половых клеток и вызвать если не генетические, то эмбриональные патологии. Среди них слабоумие, задержка умственного и физического развития, недоразвитие наружных и внутренних органов, ослабленный иммунитет. Чтобы быть хоть немно-

го уверенным в доброкачественности своих половых клеток, мужчине рекомендуют за два месяца до зачатия прекратить курить и употреблять алкоголь даже в малых концентрациях. Женщине необходимо сделать то же самое за шесть месяцев до зачатия и соблюдать эти нормы в период беременности и кормления грудью.

Также слабо изучен мутагенный эффект многих лекарственных средств.

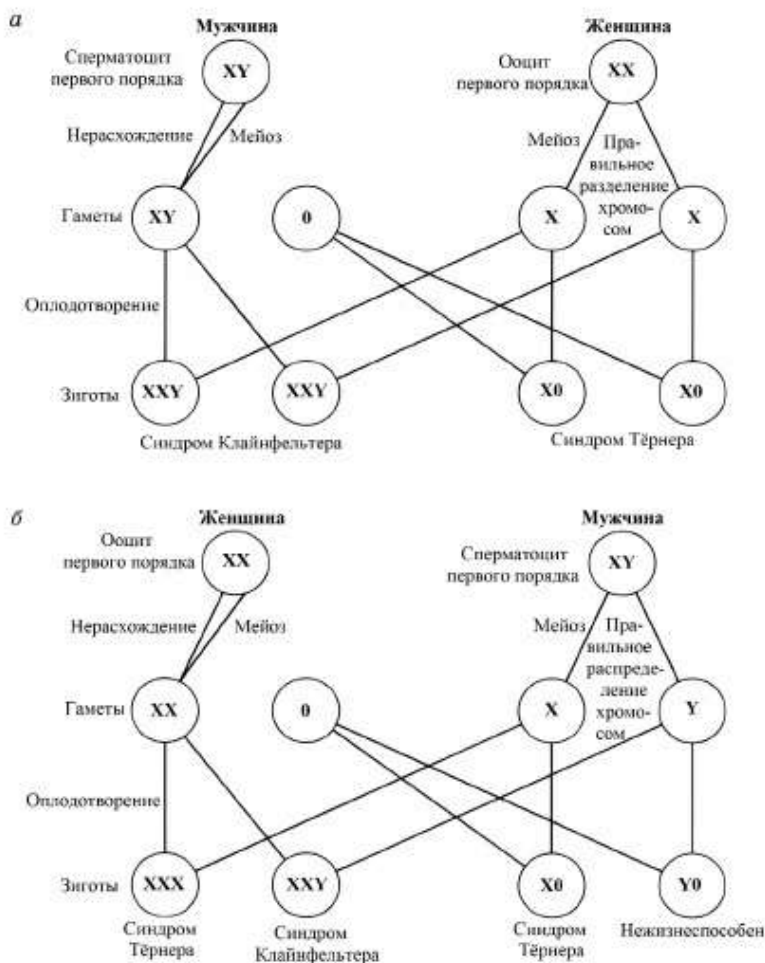


Рис. 65. Синдром Клайнфельтера и синдром Тёрнера как результат нерасхождения отцовских половых хромосом (а) и материнских половых хромосом (б)



Рис. 66. Число генов, вовлеченных в развитие и функционирование органов и тканей человека [Сойфер, 1998]

Мутации, приводящие к болезням, возникают и в силу естественных причин. Изменение числа хромосом приводит к болезни Дауна (47 хромосом) и другим нарушениям (рис. 65). Для гемофилии частота составляет 1:50 000, т. е. 1 из 50 тыс. гамет несет новую мутантную аллель гена гемофилии, которого не было у родителей и других предков. Но если отрицательные доминантные мутации, часто приводящие к нежизнеспособности особи, естественным образом удаляются из генофонда с гибелью носителя, то рецессивные мутации переходят по наследству в гетерозиготном состоянии под прикрытием доминантных генов. В этом случае очень важно не допускать близкородственных браков. Так, из 130 медицински изученных случаев слабоумия (рецессивная аутосомия) 15% родителей были двоюродными братом и сестрой, а еще 16% родителей находились в более дальнем родстве. Если бы браки между двоюродными братьями и сестрами были запрещены, число генетических болезней, наследуемых по рецессивному типу, значительно снизилось.

Задолго до появления генетических обоснований человечество предполагало недопустимость близкородственных браков. В католицизме су-

ществует прямой запрет на браки между двоюродными родственниками. В обычаях казахского народа было принято подбирать супругов с гарантией отсутствия родства до седьмого колена. Такие обычаи генетически защищали популяции. Как правило, генетическая разнородность способствует повышению жизнеспособности вида в целом.

Генетические аспекты здоровья. Наследуются не только наследственные заболевания, но и предрасположенность к тем или иным болезням, так как у человека за развитие определенного органа отвечает большое количество генов (рис. 66). По наследству передаются не только иммунные реакции, но и скорость регенерации при травмах и повреждениях, подверженность сердечно-сосудистым или другим заболеваниям. Отмечено, что почти у всех долгожителей нашей планеты, проживших более 100 лет, родители (из числа тех, кто не погиб в результате войн или несчастных случаев) доживали как минимум до 90-летнего возраста. Здесь очевидно и наследование такого показателя, как долголетие. Но не стоит забывать, что решающим фактором в сохранении здоровья человека без врожденных патологий служит не генетическая основа, а здоровый образ жизни.



Медицинская генетика, мутация, радиоактивный фон, болезнь Дауна, гемофилия.



Моделирование № 6. Составление родословной человека.

Чтобы понять важность составления генеалогического древа для использования в качестве метода медицинской генетики – генетики человека, приведем простой пример. В медико-генетическую консультацию обратились молодые люди – парень и девушка. Они были влюблены, но парень был слеп от рождения. Он считал, что не имеет права жениться. Не хотел обременять будущую супругу и обрекать на слепоту своих будущих детей. Но его девушка была решительна, она не хотела расставаться и настаивала, как минимум, на том, чтобы проконсультироваться с врачом-генетиком. После беседы врач выяснил все обстоятельства наследования слепоты у молодого человека, и смог составить для него *генеалогическое древо*.

Врач выяснил, что у пришедшего на консультацию юноши мать была слепой от рождения, а отец был зрячим. Его отец не знал своей родословной, так как был сиротой. Его жена (мать нашего героя) происходила из семьи, в которой было четверо детей: два сына и две дочери. Их мать (бабушка нашего героя по материнской линии) тоже была слепой от рождения, а ее супруг был зрячим. Все четверо детей в их браке были слепы. Но двое из них удачно создали семьи со зрячими партнерами, это мать нашего героя и ее родной младший брат. Старший брат и старшая сестра его матери не создали семей, не считая это для себя возможным. У нашего героя тоже было две старшие сестры, но не было братьев. Одна из сестер вышла за-

муж за здорового зрячего мужчину, у них родилось трое детей – два сына и дочь. Все они были слепыми. Дядя нашего героя имел в браке от зрячей женщины двух детей: сына и дочь, и оба ребенка были зрячими.

Сопоставив составленную родословную с известными генетическими закономерностями, врач-генетик посоветовал молодому человеку и его девушке обязательно жениться, создать семью и беспрепятственно стараться заводить детей, так как он был совершенно уверен, что дети от этого брака с очень высокой долей вероятности будут обладать нормальным зрением. Используя приведенные обозначения, постарайтесь выполнить четыре задания.

1. Составьте родословную (генеалогическое древо) описанного выше молодого человека.
2. Попытайтесь определить, на основе каких данных генетик-консультант сделал свои выводы. Хватает ли у вас школьных знаний, чтобы объяснить механизмы наследования, описанные в данном случае?
3. Выберите любой произвольный наследственный признак (цвет глаз, волос, их волнистость, лучшее владение правой рукой, ямочку на подбородке, наличие (отсутствие) веснушек, отсутствие (наличие) белой пряди волос или любой иной признак). Опишите, у кого из ваших кровных родственников он проявляется (полностью или частично).
4. На основе подготовленного вами описания составьте свою родословную (генеалогическое древо) по выбранному признаку.
5. Сравните составленное вами древо с представленными в учебнике образцами. Сделайте выводы, удалось ли вам установить тип наследования избранного признака. Если нет, то почему? Если да, то на каком основании вы сделали такие выводы?

Практическая работа. Составьте свою родословную, используя рис. 62 как образец.

Условные знаки:

- | | |
|---|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> – мужчина без искомого признака; | ■ – мужчина с признаком; |
| ○ – женщина без искомого признака; | ● – женщина с признаком. |

§ 43. Современные сельскохозяйственные технологии и альтернативные пути ведения высокопродуктивного сельского хозяйства

Цель изучения этой темы: изучать использование современных сельскохозяйственных технологий для повышения урожайности культурных растений на основе местного региона.

*Какие структуры отвечают за наследственность? Что такое **мутации**? Какие породы животных и сорта растений были выведены или адаптированы в Казахстане?*



Что нужно повторить для успешного изучения темы? § 50 – учебник для 7 класса; § 53 – учебник для 8 класса.

Гетерозис – это всплеск гибридной мощности: увеличение продуктивности, жизнеспособности, плодовитости и лучшей приспособляемости гибридов. Такое явление возникает у гибридов 1-го поколения при скрещивании неродственных форм (разные породы, сорта или даже виды). В следующих поколениях эффект гетерозиса снижается, и особи уже не отличаются хорошими качествами по сравнению с предшественниками. Поэтому гетерозисные гибриды, как правило, не используются при племенном разведении или получении семян. Таким методом удалось получить высокопродуктивные гибриды свиней. Шире, чем в животноводстве, гетерозис применяется в растениеводстве. Особенно интересны опыты по скрещиванию различных линий кукурузы, сорго, лука, свеклы, огурцов и др.

Мутагенез в селекции используют для получения перспективных мутантов микроорганизмов, растений и животных.

Направленный мутагенез – процесс сознательного повышения количества мутаций. Этот метод используется для последующего отбора мутантных особей, обладающих ценными признаками. Большинство мутаций вредны. В экспериментах по искусственному мутагенезу отбраковывается огромное количество особей. Но небольшая часть подвергшихся воздействию мутагенов особей обязательно приобретет мутации, приводящие к появлению ценных, полезных качеств.

Особь, имеющие в своем генотипе полезные мутации, скрещиваются. И все большее количество их потомков начинает обладать полезными мутантными признаками.

Если рассматривать **искусственный мутагенез** и его селекционную эффективность в зависимости от типа живых организмов, используемых в экспериментах, мы получим следующую картину.

1. Самым эффективным объектом для этого метода являются микроорганизмы и грибы. Именно благодаря направленному мутагенезу удалось получить эффективные штаммы пеницилла, некоторых винных дрожжей и многих бактерий.

2. Несколько меньшую, но все же высокую эффективность имеет этот метод и в селекции растений. Мутагенез применялся на разных этапах при создании более 1000 сортов.

3. В селекции животных этот метод применяется редко из-за больших сроков (несколько лет) ожидания потомства и большого количества отбракованных с отрицательными мутациями особей.

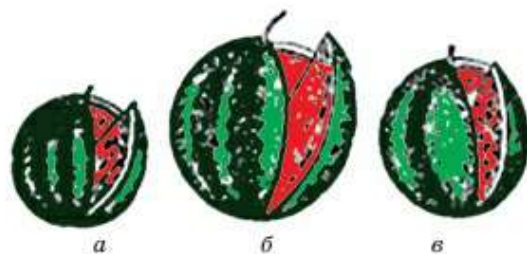
Полиплоидия – кратное увеличение числа хромосом у особей в результате направленного мутагенеза. В принципе полиплоидия является

результатом мутагенеза, но ее зачастую выделяют в отдельный метод из-за характерных отличий. Как правило, полиплоидные особи растений, у которых увеличено число хромосом, обладают *большой вегетативной массой*. Так были созданы очень многие сорта пшеницы, гречихи, кукурузы. У полиплоидов количество хромосом может увеличиваться по-разному. Может происходить увеличение на несколько штук. Чаще всего происходит кратное увеличение в два или три раза (рис. 67). Реже встречаются тетраплоиды – увеличение в четыре раза.

У животных полиплоидные особи редко жизнеспособны. Поэтому методы, вызывающие полиплоидию, успешно применяются, в основном, в селекции растений и микроорганизмов.

Преодоление межвидовых барьеров полиплоидизацией. В 1924–1925 гг. советский генетик Г. Д. Карпеченко смог преодолеть межвидовую нескрещиваемость, создав капустно-редечный гибрид на основе полиплоидизации. Провести опыление редьки и капусты довольно легко. Но эффект будет таким же, как и от скрещивания осла и лошади. Рождающиеся потомки (мулы) – гибриды – будут жизнеспособны, но бесплодны. Ведь хромосомы лошади не могут конъюгировать с хромосомами осла (как и хромосомы редьки с хромосомами капусты). Чтобы решить эту задачу, Г. Д. Карпеченко получил диплоидные гаметы редьки и капусты и тетраплоидную зиготу. Таким образом, мейоз у этого гибрида шел нормально. Такой путь сделал возможным и другие межвидовые скрещивания. Позднее этим же методом был получен гибрид ржи и пшеницы – тритикале, превосходящий по ценным хозяйственным свойствам обоих родителей.

Генная инженерия – новейшая область человеческих знаний, связанная с целенаправленным созданием *in vitro* (в пробирках) новых комбинаций генетического материала. В основу генной инженерии легли три фундаментальных исследования:



Диплоидные (а), триплоидные (б) и тетраплоидные (в) арбузы
[Гершензон, 1991. С. 101]

Рис. 67. Полиплодия у арбузов

1) открытие ферментов, разрезающих ДНК (эндонуклеазы и экзонуклеазы);

2) открытие ферментов, сшивающих ДНК (лигазы);

3) открытие ферментов вирусов, осуществляющих синтез ДНК и РНК.

Эти ферменты позволили манипулировать с ДНК, создавать «гибридные» молекулы и вводить их в клетки. Культура таких клеток, сочетающих ДНК разных организмов, продуцирует вещества, характерные для обоих геномов. Собственные белки используются бактерией и позволяют ей нормально жить, функционировать и размножаться. А гены, например инсулина человека, позволяют осуществлять его биосинтез.

Используя эти методы, можно также и удалять, т. е. *вырезать*, нежелательные гены. Технически это даже проще, чем *встраивать*.

В Австралии была предпринята попытка создать «безникотиновый» табак, вырезав гены, отвечавшие за биосинтез этой группы веществ.

В качестве эксперимента у аскарид «вырезали» так называемые гены старения. Это удлинит жизнь червей более чем в два раза.



Мутации, полиплоидия, гетерозис, направленный мутагенез, гибридизация, генная инженерия и модификация.



Знание и понимание

1. Что такое *генная инженерия*?
2. Объясните, почему направленный мутагенез чаще применяется в селекции микроорганизмов, реже у растений и крайне редко – у животных.

Применение

1. Определите связь между новыми методами селекции и перспективами их применения.
2. Опишите, каким образом Г. Д. Карпеченко преодолел межвидовую нескрещиваемость.

Анализ

Проанализируйте этапы, пройденные наукой, по созданию генно-модифицированных организмов.

Синтез

1. Оцените роль полиплоидии в получении высокоурожайных сортов растений.
2. Дайте общее описание процессу гетерозиса и его эффективности.

Оценка

1. Напишите реферат об использовании современных сельскохозяйственных технологий для повышения урожайности культурных растений вашего региона.
2. Оцените значение использования современных сельскохозяйственных технологий для повышения урожайности культурных растений вашего региона и не только.

Глава 13. МИКРОБИОЛОГИЯ И БИОТЕХНОЛОГИЯ

§ 44. Общая схема биотехнологического производства, ее значение

Цели изучения этой темы: описать общую схему биотехнологического процесса на примере производства инсулина; приводить примеры продуктов, получаемых в биотехнологии.

Что такое ДНК? Кто открыл ее структуру? Для чего нужна эта молекула? Как она выглядит?



Что нужно повторить для успешного изучения темы? § 29 данного учебника.

Использование биотехнологии в селекции животных. Дальнейшее совершенствование селекции животных возможно на основе широкого использования методов биотехнологии (рис. 68, 69). Применение метода трансплантации ранних эмбрионов позволило резко увеличить число потомков от особо ценных по продуктивности особей. Основное преимущество этого метода заключается в ускорении процесса селекции, составляющего 20–40%. В настоящее время в некоторых странах ежегодно получают более 100 тыс. телят-трансплантантов.

Важнейшей проблемой биотехнологии животных является разработка методов клонирования, генетического копирования животных. В 1997 г. в Шотландии под руководством доктора **И. Ушмута** впервые сумели произвести клон овцы по кличке Долли, точную копию ее генетической матери. В США наивысшего достижения добились в 1997 г., когда родился первый теленок по кличке Ген, полученный от клонирования особых эмбриональных клеток.

В целом проблема клонирования сельскохозяйственных животных – одно из важнейших направлений биологии, развитие которого позволит существенно активизировать процессы современной селекции.

Современная микробиологическая промышленность является фундаментом биотехнологии, имеющей практически необозримые перспективы использования процессов микробного



Рис. 68. Клонирование овец с применением биотехнологии

Овечка (слева), развившаяся из клетки молочной железы, взятой от овцы беломордой породы и трансплантированной в овцу черномордой породы (справа) [Wilmute et al., 1997]

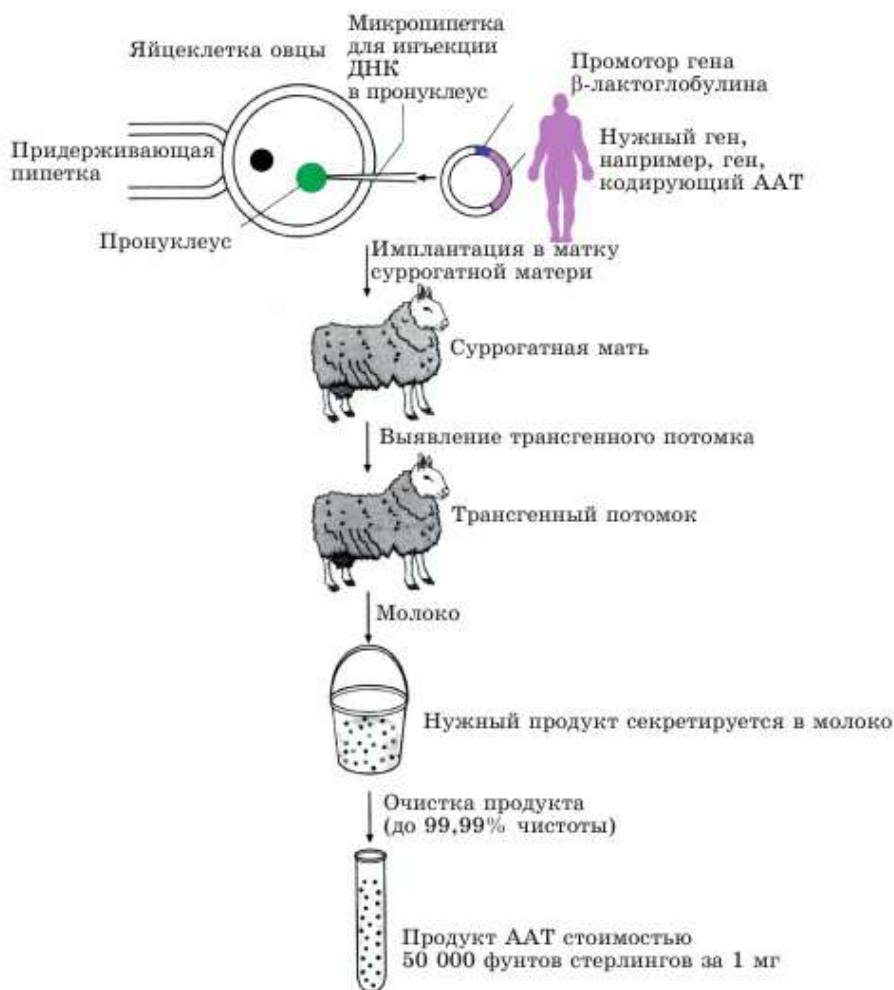


Рис. 69. Генная модификация овцы

синтеза для производства биологически активных веществ на индустриальной основе. Это подтверждают объемы и темпы ее развития. Около 70% от общего объема составляет продукция, необходимая для развития сельского хозяйства. Это кормовые добавки и препараты, повышающие продуктивность скота и птицы, бактериальные удобрения, бактериальные, вирусные и другие препараты для борьбы с вредителями и болезнями сельскохозяйственных растений.

Кроме сельского хозяйства, крупными потребителями продукции микробиологической промышленности являются другие отрасли агропромышленного комплекса, медицина, химическая и легкая промышленность.

Нашлось применение бактериям и в металлургии. Традиционная технология выплавки металлов не позволяет использовать бедные или сложные по составу руды. Биотехнология металлов основана на способности бактерий окислять металлы и переводить их из руды в раствор. При окислении сульфидных минералов в раствор переходит большинство цветных металлов. Таким способом человечество получает ежегодно сотни тысяч тонн меди. Подобным образом с помощью бактерий получают золото, серебро, уран. Себестоимость биотехнологической «плавки» в два-три раза ниже традиционной.

Объекты биотехнологии и их биотехнологические функции. Микроорганизмы как биотехнологические объекты находятся на разных ступенях организации:

- субклеточные структуры – вирусы, плазмиды (генетические элементы), ДНК митохондрий и хлоропластов, ядерная ДНК;
- бактерии и цианобактерии;
- грибы;
- водоросли;
- простейшие;
- культуры клеток растений и животных;
- растения – низшие (анабена, азолла) и высшие: яскоковые.

Некоторые уксуснокислые бактерии превращают этанол в уксусную кислоту, а уксусную кислоту – в углекислый газ и воду. Одни анаэробные бактерии, образующие споры, сбраживают сахара в ацетон, этанол, изопропанол и *n*-бутанол, другие виды могут также сбраживать крахмал, пектин и различные азотсодержащие соединения.

Представители некоторых родов молочнокислых бактерий превращают углеводы в молочную кислоту, этанол и углекислый газ. Молочнокислые бактерии рода *стрептококкус* продуцируют только молочную кислоту, а брожение, осуществляемое представителями рода *лактобациллус*, позволяет получить наряду с молочной кислотой ряд других продуктов.

Промышленное значение имеют и непатогенные почвенные виды: одни служат источником лизина, другие используются для микробного выщелачивания руд и утилизации горнорудных отходов.

Широко используется такое свойство некоторых бактерий, как *дiazотрофность*, т. е. способность к фиксации атмосферного азота.

Выделяют две большие группы *дiazотрофов*:

- симбионты: без корневых клубеньков (азотобактер – лишайники, азоспириллум – лишайники, анабена – лишайники, азолла), с корневыми клубеньками (бобовые – ризобии; ольха, лох, облепиха – актиномицеты);
- свободноживущие: гетеротрофы (азотобактер, клостридиум, метиловактер), автотрофы (хлоробиум, родоспириллум и амебобактер).

Микробные клетки используют для трансформации веществ.

Бактерии также широко используются в генно-инженерных манипуляциях при создании разных геномов, введении генов в растительные клетки (агробактерии).

Производство инсулина – одна из биотехнологических манипуляций, широко используемых во многих странах. Ее схема проста. В качестве исходного организма объекта был взят один из штаммов бактерии кишечной палочки человека. Предварительно выделенный ген человеческого инсулина многократно клонировали. Затем к этим копиям гена инсулина встроили нуклеотидную последовательность по типу вирусной. Модифицированный таким образом ген «вшили» в ДНК бактерий. Причем в одном случае для этих целей (экспериментальных) использовали ферменты, «разрезающие» и «сшивающие» ДНК. А впоследствии использовали в качестве «вектора» – системы, которая встроила ген инсулина человека в ДНК бактерии – определенный фрагмент вируса. Попавшая в ДНК бактерий конструкция заставляет клетку бактерии активно синтезировать инсулин человека. Самым замечательным является то, что все поколения этих генно-модифицированных бактерий также производят человеческий инсулин, как и самые первые лабораторные экземпляры. Учитывая, что в благоприятных условиях клетки бактерий размножаются каждые 20 мин, их можно получать в огромном количестве. Конечно биотехнологичное производство инсулина требует стерильности, создания оптимальных по цене и качеству питательных сред для бактерий. Но в целом такой инсулин в разы дешевле и неопределимо качественней произведенного из клеток поджелудочной железы забитых коров и свиней.

Производственные штаммы микроорганизмов должны соответствовать определенным требованиям: способность к росту на дешевых питательных средах, высокая скорость роста и образования целевого продукта, минимальное образование побочных продуктов, стабильность продуцента в отношении производственных свойств, безвредность продуцента и целевого продукта для человека и окружающей среды. В связи с этим все микроорганизмы, используемые в промышленности, проходят длительные испытания на безвредность для людей, животных и окружающей среды. Важным свойством продуцента является устойчивость

к инфекции, что существенно для поддержания стерильности, и фагоустойчивость.

Все цианобактерии обладают способностью к азотфиксации, что делает их весьма перспективными продуцентами белка. Анабена – нитчатая синезеленая водоросль. Нити из более или менее округлых клеток содержат гетероцисты и иногда – крупные споры. По всей длине нить одинаковой толщины. В цитоплазме клеток откладывается близкий к гликогену запасной продукт – анабенин.

Такие представители цианобактерий, как носток, спиролина, триходесмиум, съедобны и непосредственно употребляются в пищу. Носток образует на бесплодных землях корочки, которые разбухают при увлажнении. В Японии местное население использует в пищу пласти ностока, образующиеся на склонах вулкана, и называет их ячменным хлебом Тенгу (Тенгу – добрый горный дух).



Свое шествие спиролина начала из Африки. Население района озера Чад давно употребляет ее в пищу, называя этот продукт «дихе». Другое место, где широко распространена спиролина (иного вида), – воды озера Тескоко в Мексике. Еще ацтеки собирали с поверхности озер и употребляли в пищу слизистую массу этой синезеленой водоросли. Впервые галеты «текуитлатл» упомянуты испанцем Кастильо в 1521 г. Эти галеты продавались на базаре в Мехико и состояли из высушенных слоев водоросли.

В 1964 г. бельгийский ботаник Ж. Леонар обратил внимание на галеты синезеленого цвета, которые местное население изготавливало из водорослей, растущих в щелочных прудах вокруг озера Чад. Эти галеты представляли собой высушенную массу спиролины. Анализ показал, что в ней содержится 65% белков (больше, чем в соевых бобах), 19% углеводов, 6% пигментов, 4% липидов, 3% волокон и 3% золы. Для белков этой водоросли характерно сбалансированное содержание аминокислот. Ее клеточная стенка хорошо переваривается.

Как озеро Тескоко, так и водоемы района озера Чад имеют очень высокое содержание щелочей. Характерно, что в таких озерах спиролина полностью доминирует и растет почти как монокультура – составляет в отдельных озерах до 99% общего количества водорослей. Растет спиролина в щелочной среде при pH вплоть до 11. Ее собирают также из озер около г. Мехико, получая до 2 т сухого веса биомассы в сутки. Эта продукция поставляется в США, Японию, Канаду.

В других странах спиролину культивируют обычно в искусственных водоемах или специальных емкостях. Ее можно культивировать в открытых прудах или, как в Италии, в замкнутой системе из полиэтиленовых труб. Урожайность очень высокая – до 20 г сухой массы с 1 м² в день. Расчеты на год показали, что она превысит выход пшеницы примерно в 10 раз.

Преимущества спиролины по сравнению с другими съедобными водорослями не только в простоте культивирования, но и в простоте сбора биомассы, ее высушивания, например под солнцем. Недавно было показано, что в клетках спиролины, помимо ценного белка, углеводов, липидов и витаминов, в значительных ко-

личества запасается, например, такое ценное вещество, как поли- β -оксибутират. На основе этой цианобактерии фармацевтическая промышленность выпускает препарат «Сплат». Он содержит комплекс витаминов и микроэлементов и применяется как общеукрепляющее и иммуностимулирующее средство.

Использование грибов в биотехнологии. Биотехнологические функции грибов разнообразны. Их используют для получения таких продуктов, как:

- антибиотики (пенициллы, цефалоспорины);
- гиббереллины и цитокинины (фузариум и ботритис);
- каротиноиды (астаксантин, придающий мякоти лососевых рыб красно-оранжевый оттенок, добавляют в корм на рыбозаводах);
- белок;
- сыры типа рокфор и камамбер (пенициллы);
- соевый соус.

К грибам относятся дрожжи и плесени. Из 500 известных видов дрожжей первыми люди научились использовать сахаромицеты. Этот вид наиболее интенсивно культивируется. Дрожжи, сбраживающие лактозу, используют для получения спирта из сыворотки.

Плесени вызывают многочисленные превращения в твердых средах, которые происходят перед брожением. Их наличием объясняется гидролиз рисового крахмала при производстве sake и гидролиз соевых бобов, риса и солода при получении пицци, употребляемой преимущественно в странах Азии. Пищевые продукты на основе сброженных плесневыми грибами соевых бобов или пшеницы содержат в 5–7 раз больше таких витаминов, как рибофлавин, никотиновая кислота, и отличаются повышенным в несколько раз содержанием белка. Плесени также продуцируют ферменты, используемые в промышленности, органические кислоты и антибиотики. Их применяют также в производстве сыров, например камамбера и рокфора.

Искусственное разведение разрушающих древесину и целлюлозу грибов получило довольно широкое распространение. Мицелий съедобных грибов выращивают на жидких средах, например на молочной сыворотке и др., в специальных ферментерах.

Простейшие относятся к числу нетрадиционных объектов биотехнологии. До недавнего времени они использовались лишь как компонент активного ила при биологической очистке сточных вод. В настоящее время они привлекли внимание исследователей как продуценты биологически активных веществ. В этом качестве рациональнее использовать свободноживущих простейших, обладающих разнообразными биосинтетическими возможностями и потому широко распространенных в природе.

Особую экологическую нишу занимают простейшие, обитающие в рубце жвачных животных. Они обладают ферментом целлюлазой, способствующей разложению клетчатки в желудках жвачных. Простейшие рубца могут быть источником этого ценного фермента. Возбудитель южноамериканского трипаносомоза – трипаносома стала первым продуцентом противоопухолевого препарата круцина (СССР) и его аналога трипанозы (Франция). Изучая механизм действия этих препаратов, советские ученые (Г. И. Роскин, Н. Г. Клюева и др.), а также их французские коллеги (Ж. Кудер, Ж. Мишель-Брэн и др.) пришли к выводу, что эти препараты оказывают цитотоксический эффект при прямом контакте с опухолью и тормозят ее рост.



Бактерии, грибы, плазмиды, яйценоскость, биотехнологии.



Знание и понимание

1. Дайте определения. Какое растение в Японии получило название «ячменный хлеб Тенгу»? Укажите, где оно произрастает.
2. Опишите манипуляции биотехнологий, отвечающих за повышение плодовитости скота.

Применение

1. Опишите функции клонирования. Какова его основная цель?
2. Назовите организмы, которые в сухой массе могут содержать 65% белков и произрастать в концентрации щелочи, равной 11 рН.

Анализ

1. Выскажите ваше мнение о причинах использования бактерий в обработке руд металлов. Объясните, чем этот процесс обработки металла наиболее выгоден.
2. Покажите разницу между продуктами, прошедшими процесс брожения типичным и нетипичным способом.

Синтез

1. Дайте общее описание особенностей всех цианобактерий. Объясните, какую роль в биотехнологиях играют цианобактерии.
2. Приведите пример, какой вид дрожжей первым стал использоваться в биотехнологии. Объясните, почему.

Оценка

1. Как вы считаете, является ли спиролина экономически выгодной культурой? Ответ аргументируйте.
2. Оцените роль биотехнологических исследований.

Глава 14. РАЗМНОЖЕНИЕ

§ 45. Строение и функции половой системы человека

Цель изучения этой темы: описать строение половой системы человека.

*Что такое **пол**? Какие факторы определяют пол человека? Чем отличаются мужские и женские организмы у разных групп позвоночных животных? Какова роль половых органов в историческом сохранении различных групп организмов?*



Что нужно повторить для успешного изучения темы? § 37 данного учебника.

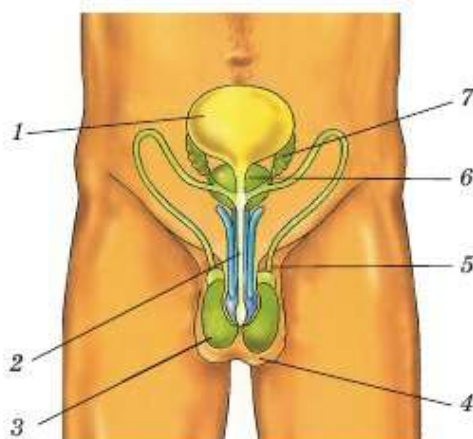
Размножение присуще всем живым организмам. Это совокупность физиологических процессов, способствующих воспроизведению, сохранению и продолжению существования определенного вида. Человек, как и другие высшие организмы, размножается половым путем. Появление половых клеток (гамет) – процесс физиологический. Они образуются в половых железах. В результате слияния мужских и женских половых клеток на свет появляется потомство.

Мужская половая система (рис. 70). Половые органы делятся на наружные и внутренние. К *наружным* мужским половым органам относятся мошонка и половой член. К *внутренним* – семенники (семенные железы, или яички), семявыносящие протоки с семенными пузырьками, предстательная железа (простата), а также мелкие железы.

Семенники парные. Расположены они в кожном мешочке – *мошонке*. В эмбриональном периоде семенники находятся в брюшной полости. По

Рис. 70. Строение мужской половой системы:

- 1 – мочевого пузыря;
- 2 – мочеиспускательный канал;
- 3 – семенники;
- 4 – мошонка;
- 5 – семявыносящий проток;
- 6 – предстательная железа;
- 7 – семенной пузырек



мере развития организма железы попадают в полость мошонки, после чего и срастаются с соединительной тканью.

Мужские половые железы выполняют две важные функции. Во-первых, в них созревают мужские половые клетки – *сперматозоиды*. Это внешнесекреторная функция желез. Во-вторых, в них секретируются мужские половые гормоны *андрогены* (в основном *тестостерон*). Это внутрисекреторная функция желез. Поэтому-то эти железы относятся к смешанным.

Мужские половые железы состоят из большого количества мелких семенных канальцев. Развитие половых клеток в этих железах начинается в период полового созревания. В это же время под влиянием гормонов у подростков начинают формироваться вторичные половые признаки: появляются усы, грубеет голос и изменяется фигура.

Созревшие в половых железах сперматозоиды по семявыводящим протокам вначале собираются в *семенных пузырьках*. Жидкость, образующаяся в семенных пузырьках и предстательной железе, называется *спермой*. В составе спермы очень много сперматозоидов. В норме в 1 см³ спермы их количество достигает 60 млн. Как и другие клетки, сперматозоиды имеют цитоплазму, ядро и органоиды, однако форма их очень специфична. Они состоят из головки, шейки и хвоста. С помощью хвоста, или жгутика, они движутся со скоростью 2–3 мм в минуту. В головке находится ядро, в шейке – митохондрии и запас АТФ, обеспечивающие жгутик энергией. Врача, лечащего заболевания половых органов у мужчин, называют *урологом-андрологом*.

Женская половая система (рис. 71), как и мужская, представлена наружными и внутренними половыми органами. К *наружным* относятся

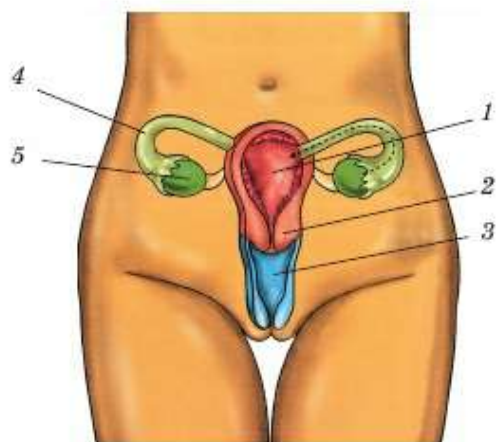


Рис. 71. Строение женской половой системы:

- 1 – шейка матки;
- 2 – матка;
- 3 – влагалище;
- 4 – маточная труба;
- 5 – яичник

большие и малые половые губы в виде кожных складок. Они защищают вход во влагалище. К *внутренним женским половым органам* относятся яичники (парные половые железы), две маточные трубы, матка и влагалище. Все они расположены в области таза.

Яичники имеют овальную форму. Они также относятся к железам смешанной секреции, так как вырабатывают женские половые клетки (яйцеклетки), выделяемые в протоки и в матку, и женские половые гормоны *эстрогены* (*эстрадиол* и *прогестерон*), выделяемые в кровь. Яичники состоят из большого количества пузырьков (фолликулов). В них постоянно образуются яйцеклетки. Сверху яичники прикрыты наружным ворсистым краем маточных труб.

После полового созревания у девушек каждый месяц созревает один из пузырьков (фолликул). Созревание происходит попеременно то в правом, то в левом яичнике. Очередность у каждой девушки может быть любой. Созревший *фолликул* лопается, и из него выходит яйцеклетка. Этот процесс называется *овуляцией*. Лопнувший фолликул заполняется изнутри жироподобным веществом, так называемым *желтым телом*. Оно временно выделяет гормоны.

Яйцеклетка по маточным трубам попадает в матку. При оплодотворении яйцеклетки наступает беременность, и *менструации* прекращаются. Желтое тело сохраняется до шести месяцев беременности. Если яйцеклетка не оплодотворяется и беременность не наступает, то желтое тело рассасывается, менструации возобновляются. Менструальный цикл повторяется примерно через каждые 28 дней.

Маточные трубы, так же как яичники, – парные образования. Через них созревшие оплодотворенные или неоплодотворенные яйцеклетки поступают в полость матки. Так и сперматозоиды, попавшие в женский организм, достигают созревающую яйцеклетку проходя по маточным трубам.

Матка – мышечный орган. Она имеет форму груши, расположена в области таза за мочевым пузырем. Плод до рождения развивается именно в матке. Ее стенки, как и стенки всех других полых внутренних органов, состоят из трех слоев. Наружный – соединительнотканый – придает ей форму. Внутренний – эпителиальный, или слизистый, богат сетью кровеносных сосудов. Он участвует в закреплении эмбриона в стенке матки и формировании плаценты и оболочек эмбриона. Мышечный слой сильно развит, состоит из гладких мышц. Без работы этого слоя был бы невозможен акт рождения – продвижения новорожденного по родовым путям.

В нижней части матки имеется открывающаяся наружу мышечная трубка – *влагалище*. Через него ребенок появляется на свет во время

естественных родов (без хирургического вмешательства). Также через влагалище в женский организм попадают сперматозоиды. Место соединения матки с влагалищем называется *шейкой матки*. У девушек, не имевших половых контактов, вход во влагалище наполовину закрыт соединительнотканной пленкой (девственной плевой). Отверстие мочеиспускательного канала расположено рядом, спереди от влагалища.

Врача, лечащего заболевания женских половых органов, называют *гинекологом*.



Семенники, мошонка, сперматозоиды, тестостерон, семенные пузырьки, сперма, яичники, фолликулы, эстрадиол, прогестерон, маточные трубы, овуляция, менструация, желтое тело, матка, гинеколог, андролог.



Знание и понимание

1. Объясните, почему мужская и женская половые системы человека имеют разные органы.
2. Возможно ли воспроизведение без половых органов у высших организмов и человека?

Применение

1. Опишите функции органов женской половой системы.
2. Определите связь между строением и функциями мужской половой системы.

Анализ

1. Выскажите ваше мнение о причинах формирования трех типов половых желез у мужчин и только одного у женщин.
2. Докажите на примерах, что каждый орган половой системы необходим.

Синтез

1. Как взаимосвязаны слои матки и выполняемые ею функции? Систематизируйте полученные знания.
2. В чем эволюционный смысл формирования такой сложной половой системы у человека и других высших млекопитающих? Какие преимущества дает внутреннее оплодотворение и внутриутробное развитие?

Оценка

1. Напишите реферат об эволюции половых органов у многоклеточных животных.
2. Считаете ли вы, что внутриутробное развитие, характерное только для млекопитающих животных, можно считать сходным с развитием плода у высших растений – цветковых? Ответ аргументируйте.

§ 46. Вторичные половые признаки, половое созревание. Биологическая и социальная зрелость

Цель изучения этой темы: описать развитие вторичных половых признаков в период полового созревания.

Чем внешне мужчины отличаются от женщин? Какие внешние различия появляются между мужчинами и женщинами в возрасте 30 лет, по сравнению с детьми 3–5 лет?



Что нужно повторить для успешного изучения темы? § 45 данного учебника.

Роль половых желез и их гормонов. Внешнесекреторная функция половых желез – образование женских (яйцеклетки) и мужских (сперматозоиды) половых клеток. Функция внутренней секреции – выработка женских и мужских половых гормонов, поступающих в кровь.

Мужские половые гормоны – тестостерон и другие *андрогены* – влияют на формирование *вторичных половых признаков* (первичные половые признаки – это различия в строении наружных половых органов, они видны первыми, т. е. с момента рождения). Благодаря их работе мужчина внешне выглядит как мужчина. А именно имеет более низкий (грубый) голос и даже бас. Это происходит потому, что под действием этих гормонов происходит активное развитие скелета, хрящей и мышц, в частности, хрящей гортани. У мужчин гортань больше (44 мм), голосовые связки длиннее, поэтому и голос грубый. Выпуклость на передней поверхности шеи, образованная щитовидным хрящом, называется *адамовым яблоком* (кадык). Так же у мужчин под действием гормонов интенсивнее происходит развитие зубов (более крупные по сравнению с женскими), всех костей скелета и скелетных мышц.

Мужские гормоны не только изменяют строение органов, но и влияют на физиологические процессы – изменяют обмен веществ. Они усиливают синтез белка в печени, почках и мышцах. Кроме того, синтез определенных белков приводит и к появлению усов и бороды. Гормоны влияют также на центральную нервную систему, делают мужчин неутомимыми и бесстрашными, стимулируют быстрое принятие решений и их быстрое исполнение.

Женские половые гормоны – эстрадиол, прогестерон и др. – влияют на отсутствие волос на лице. У женщин гортань меньше (36 мм), голосовые связки короче, частота их колебаний больше, и поэтому звук тоньше, голос выше. Особенности развития скелета и мышц заключаются в том, что тазовые кости становятся шире, чем у мужчин, а грудная клетка

и плечи, наоборот, перестают интенсивно развиваться (при одинаковых физических нагрузках и упражнениях).

Влияние гормонов отражается и на особенностях строения скелета и мышц, жировоголожения по женскому типу, развития молочных желез. Фигура приобретает характерные женские формы.



Так как организм женщины потенциально в любой момент готовится к материнству, ему необходимо иметь определенный запас питательных веществ, чтобы обеспечить ими внутриутробное развитие потомства. По статистике физиологов, количество успешных беременностей, завершившихся родами, находится в прямой зависимости от веса женщины. Видимо, представители первых цивилизаций тоже заметили это, поскольку во многих культурах неолита найдены грубые статуи, названные археологами «каменной Евой». Они изображали пышных женщин, вероятно наиболее успешных в плане материнства, возможно и непосредственно в период беременности.

Женские половые гормоны также влияют на центральную нервную систему. Они делают женщин нежными, заботливыми, осторожными, призванными заботиться о сохранении потомства.

При недостаточном выделении половых гормонов замедляется рост костей, приостанавливаются развитие организма и половое созревание. Если соотношение половых гормонов в организме нарушается, фигура мужчины начинает принимать женоподобные формы, а у женщины могут появиться усы и борода.

В каждом организме в надпочечниках всегда вырабатывается небольшое количество и мужских, и женских половых гормонов. Их соотношение одинаково у детей до наступления полового созревания. Но после того как в работу вступают половые железы, их количество становится большим у организмов соответствующего пола. Когда же в ходе старения половые железы перестают функционировать, количество половых гормонов снова становится одинаковым.

Половое созревание юношей и девушек. В *подростковый период* (11–15 лет – девочки, 12–16 лет – мальчики) происходит глубокая перестройка всех физиологических систем, начинается половое созревание организма.

Следует помнить, что в этом возрасте сердечная мышца зачастую не успевает расти относительно мускулатуры тела, а сосуды – относительно сердца. Поэтому для предотвращения перегрузок сердца подросткам рекомендуется дневной отдых 1–1,5 ч.

В этот период могут увеличиваться возбудимость, наблюдаться расстройства сна, частые смены настроения, повышается раздражительность. Чтобы ваш *переходный период* проходил без осложнений и расстройств,

старайтесь быть тактичными и доброжелательными друг к другу, учителям, родителям. Старайтесь все успеть, многому научиться, проявить себя творчески в разных сферах. *Повзрелеть* – это значит стать сильным, уравновешенным, спокойным, уверенным в себе человеком, верным данному слову и добивающимся намеченной цели.

Биологическая зрелость наступает с того момента, когда организм физиологически может приступить к размножению. *Социальная зрелость* – это не физиологическое, а психологическое понятие. Оно подразумевает самостоятельность и самодостаточность – способность осуществлять деятельность, позволяющую самореализоваться, т. е. самостоятельно, без помощи взрослых обеспечить свои потребности, как биологические (сон, еда), так и социальные: профессиональные, родительские, общественные, творческие и др.

Обычно время социальной зрелости наступает в юности: для *девушек* это возраст 15–20 лет, и для *юношей* – 16–21 год. Это время наступления не только физиологической, но и социальной зрелости. Молодые люди завершают школьное образование, получают аттестат, определяются с выбором профессии, учатся защищать Родину в рядах вооруженных сил. В этом возрасте продолжается формирование скелета, окончательно устанавливаются все физиологические процессы. Продолжает формироваться сердечно-сосудистая система. Психические процессы – память и мышление – достигают максимального развития.



Одна из особенностей современного человека – *акселерация*. Это процесс ускорения темпов развития и увеличения массы и размеров тела. Так, в 20-х годах XX в. рост 14-летних мальчиков в среднем составлял 145,4 см, а в 70-х годах он стал 162,6 см. Масса тела в среднем выросла на 13,5–17 кг. Взрослые люди за последние 100 лет в среднем стали на 10 см выше. Изменилась также средняя масса новорожденных. Так, например, в 1900 г. она составляла по Москве 2800–2900 г, в 1999 г. – 3200–3500 г (для девочек и мальчиков соответственно).

Среди причин акселерации называют самые разнообразные: улучшение питания, получение концентрированных витаминных препаратов, повышение общего радиоактивного фона и увеличение CO_2 в атмосфере, применение гормональных препаратов при производстве мяса животных и птиц.

До сих пор психологи и физиологи спорят, повлекла ли за собой акселерация ускорение психосоциального развития личности. На этот счет нет единого мнения. Но бесспорно, что раннее созревание требует от современных подростков большей психологической зрелости, нравственной устойчивости и самоконтроля.

Физиологическая зрелость – этап полового созревания. Ошибочно думать, что ее наступление свидетельствует о готовности организма производить потомство. Только к 20 годам организм девушек готов к тому, что-

бы нормально выносить и родить ребенка. Раннее начало половой жизни приводит к задержке роста, физических и психических функций, ранней половой слабости.



Вторичные половые признаки, биологическая зрелость, социальная зрелость, физиологическая зрелость, акселерация.



Знание и понимание

1. Объясните, почему мужское и женское тело приобретает характерные черты только после 11–15 лет.
2. Дайте определение терминам *биологическая зрелость, социальная зрелость*.

Применение

1. Опишите функции мужских половых гормонов в формировании мужских вторичных половых признаков.
2. Определите связь между выработкой женских половых гормонов и формированием женских вторичных половых признаков.

Анализ

1. Изобразите в виде схемы сроки выработки половых гормонов в надпочечниках и половых железах, их влияние на развитие вторичных половых признаков, расположив на левой и правой стороне схемы мужские и женские признаки.
2. Проанализируйте факты: петухи с удаленными семенниками постепенно теряли длинные перья хвостового оперения, у них уменьшался гребень и шпоры, и они переставали петать по утрам.

Синтез

1. Порассуждайте, как взаимосвязаны процессы начала интенсивного синтеза половых гормонов и периоды наступления биологической и социальной зрелости.
2. Приведите примеры из истории и литературы, когда время наступления биологической и социальной зрелости серьезно расходилось. Какие обстоятельства этому способствовали?

Оценка

1. Объясните значение в природе стереотипного «мужского» и «женского поведения» для сохранения человечества как биологического вида. К каким негативным последствиям могут привести его нарушения?
2. Считаете ли вы, что акселерация требует пересмотра времени наступления правовой ответственности, получение водительских прав и т. д.? Ответ аргументируйте.

§ 47. Менструальный цикл. Роль гормонов эстрогена и прогестерона

Цель изучения этой темы: описать менструальный цикл и роль эстрогена и прогестерона.

Назовите мужские и женские половые железы. К какому типу секреции они относятся, какова роль их гормонов?



Что нужно повторить для успешного изучения темы? § 41, 42 – учебник для 8 класса.

Менструальный цикл – это период времени, в ходе которого происходит созревание одной яйцеклетки, ее овуляция (выход из фолликула), старение и гибель (если не наступает беременность) и подготовка половой системы к созреванию следующей яйцеклетки. В течение всего этого времени в организме женщины половые гормоны вырабатываются в разных концентрациях. Именно количество двух основных половых гормонов определяет время и продолжительность той или иной фазы цикла.

В среднем менструальный цикл длится 28 дней. Но бывают индивидуальные особенности у организмов, в связи с которыми время менструального цикла может варьировать от 23 до 35 дней. Принципиального значения для наступления беременности эти особенности не имеют, но приводимые ниже сроки касаются среднего времени цикла, т. е. 28 дней.

Фаз менструального цикла выделяют всего четыре (шесть).

Первая фаза начинается с выделения отслаивающейся слизистой оболочки матки – *эндометрия* вместе с состарившейся неоплодотворенной яйцеклеткой. Продолжительность фазы – 3–7 дней, называется непосредственно *менструацией*, или периодом *отторжения*. В это время гладкая мускулатура матки находится в повышенном мышечном тоне и периодически сокращается. В результате выделяются от 50 до 150 см³ крови, разрушающиеся клетки эндометрия и сопутствующие белки.

Вторая фаза называется *предовуляционной*, или *фолликулярной*. Она включает в себя процесс восстановления слизистой оболочки матки, длится 7–8 дней и называется *фазой покоя*. Именно в этот период организм готовится к созреванию следующей яйцеклетки. Происходит процесс интенсивного деления клеток эпителия матки – эндометрия и образование новых мельчайших кровеносных капилляров в нем. В яичниках в этот момент происходит выбор – какая из клеток станет следующей созревающей яйцеклеткой.

Третья фаза – *овуляция*. Этот период также называют *секреторным*, так как в этот момент клетки слизистой оболочки матки, находящиеся в области ее *шейки*, выделяют питательную жидкость. Это плотная,

полупрозрачная, беловатая жидкость или слизь. Она богата гликогеном и создает благоприятную среду для сохранения сперматозоидов. В ней они могут сохранять жизнеспособность до 5 дней. Сама овуляция – выход яйцеклетки, готовой к оплодотворению, происходит в строго определенный момент. В самом общем виде овуляция должна наступать на 14-й день 28-дневного менструального цикла. Но это не всегда так, и зависит от состояния организма женщины и ее индивидуальных особенностей. Время овуляции можно четко определить, измеряя температуру внутри организма (рис. 72). В момент выхода яйцеклетки из фолликула температура резко возрастет. Самое благоприятное время для оплодотворения – 24 часа с момента овуляции.

Четвертая фаза называется *послеовуляционным* периодом. Эта фаза будет реализована только в том случае, если зачатия *не произошло*, и беременность *не наступила*. (Процесс беременности мы рассмотрим в следую-

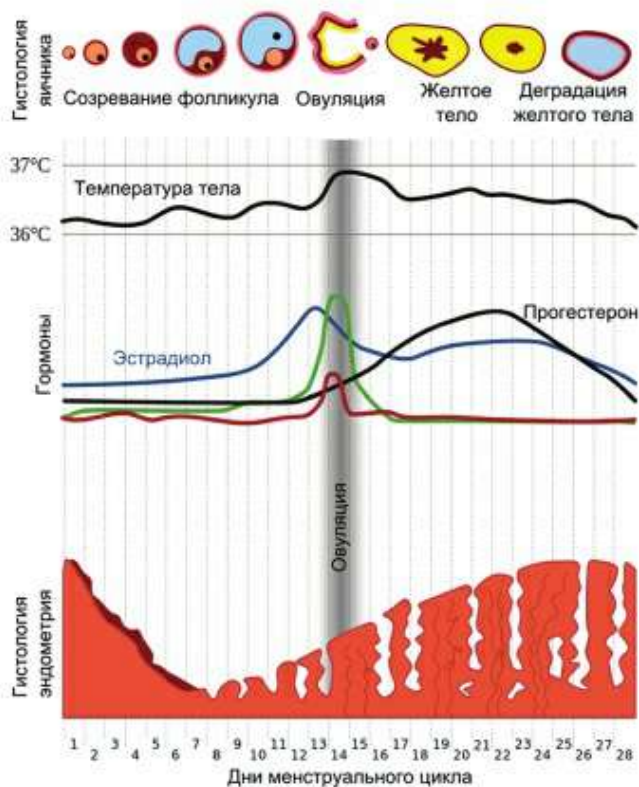


Рис. 72. Период овуляции в менструальном цикле

щем параграфе.) Нужно понимать, что организм какое-то время находится как бы *в ожидании возможной беременности*. Пока молодая яйцеклетка путешествует по маточным трубам и проникает в полость матки, у нее еще есть шансы на оплодотворение. В этот момент место в фолликуле, которое освободилось от яйцеклетки заполняется жироподобным образованием – *желтым телом*. Это временная железа внутренней секреции, синтезирующая *гормон беременности* – *прогестерон*, или *гормон желтого тела*. Его роль – *препятствовать созреванию следующего фолликула*, не позволить выйти следующей яйцеклетке. Если же беременность не наступает, желтое тело деградирует и исчезает. Гормон прогестерон перестает вырабатываться, и организм готовится к обновлению эндометрия матки*. Организм избавляется от отслоившихся клеток – их выделение и есть начало следующей менструации, т. е. следующего цикла.

Роль гормонов в смене фаз менструального цикла. *Эстрадиол (эстроген)* – женский гормон, обеспечивает развитие вторичных половых признаков и разрастание слизистой оболочки матки. *Прогестерон*, или *гормон желтого тела* (гормон беременности), синтезируется в больших количествах в тот момент, когда вероятность зачатия максимальна. Он не дает запустить процесс созревания следующей яйцеклетки. Количество прогестерона начнет падать, если беременность не наступила.



Эстроген, прогестерон, желтое тело, овуляция, фолликул.



Знание и понимание

1. Как вы понимаете смену фаз менструального цикла?
2. Объясните, для чего нужен гормон прогестерон. Как еще его называют?

Применение

1. Опишите функции эстрогена и прогестерона.
2. Определите связь между фазами менструального цикла и вероятностью наступления беременности.

Анализ

1. Изобразите в виде схемы менструальный цикл, указав, какой из видов гормонов воздействует на яичники и слизистую оболочку матки.

* Кроме двух основных половых гормонов, есть и другие. Под их действием (в отсутствие прогестерона) наростая в большом количестве слизистая матки может отслаиваться даже без образования и старения яйцеклетки.

2. Проанализируйте и установите зависимость чередования гормонов в ходе менструального цикла. Можно ли утверждать, что гормоны как бы «сменяют» друг друга?

Синтез

1. Систематизируйте по критериям фазы менструального цикла. Можно отразить критерии в виде таблицы.

Критерии – характеристика	Фазы менструального цикла			
	1-я	2-я	3-я	4-я
Все возможные названия				
События в матке				
События в яичниках				
Количество эстрогена				
Количество прогестерона				

2. Оцените роль каждого из гормонов, отразив их значение в таблице.

Гормон	Характеристика			
	Воздействие на яичник	Воздействие на матку (ее слизистую)	Максимальная концентрация гормона (фаза)	Минимальная концентрация гормона (фаза)
Эстроген				
Прогестерон				

Оценка

1. Напишите реферат о вероятности наступления беременности в разные фазы менструального цикла.
2. Оцените значение следующих явлений в природе:
- 1) У большинства высших приматов схема циклов размножения сходна с человеческой.
 - 2) Большинство крупных хищников и копытных размножаются только в определенные периоды (сезоны) года – весной или весной и осенью.
 - 3) Сходная с менструальным циклом схема размножения характерна для китообразных.
- Считаете ли вы способность приносить потомство в любое время года признаком эволюционной продвинутости или приспособления к особым экологическим условиям? Ответ аргументируйте.

§ 48. Виды контрацепции, их значение и применение

Цель изучения этой темы: объяснить значение и виды контрацепции.

Когда, в какие фазы менструального цикла вероятность беременности наибольшая, а в какие – наименьшая?



Что нужно повторить для успешного изучения темы? § 47 данного учебника.

Контрацепция – мероприятия, направленные на предупреждение процесса зачатия, т. е. наступления беременности. К контрацепции прибегают для регулирования рождаемости.

Очень важно, чтобы зачатие ребенка было осознанным выбором будущих родителей. Необходимо представлять себе всю полноту ответственности за воспитание и заботу о своем будущем ребенке. В некоторых странах и регионах, а также в отдельных семьях остро стоит проблема нежелательных беременностей и вытекающие из этого вопросы социально-демографического характера, такие как перенаселенность, тяжелое эколого-экономическое положение, недостаточные темпы развития экономики и медицины. В других же странах и регионах не менее напряженная демографическая ситуация вследствие спада рождаемости и старения населения, а многие отдельные семьи страдают из-за отсутствия желанной беременности.

В любом случае контрацепция является альтернативой аборту – прерыванию уже наступившей беременности. С этой точки зрения контрацепция выглядит предпочтительнее сразу по трем основным причинам: 1) мероприятия по контрацепции менее травматичны для организма женщины, у них меньше негативных последствий; 2) с этической и религиозной точки зрения контрацепция, в отличие от аборта, не рассматривается как лишение жизни будущего ребенка; 3) отдельные виды контрацепции не требуют никакого дополнительного обеспечения, медицинского или какого бы то ни было.

Виды контрацепции очень разнообразны, но в целом можно поделить их на несколько групп. Рассмотрим каждую из них подробнее.

Естественная, или физиологическая, контрацепция применяется с древнейших времен. Самым надежным, как говорится, на 100% эффективным методом контрацепции является *отсутствие половых актов*. За всю историю человечества известно всего четыре случая партеногенетического развития яйцеклетки в организме женщин. Но все они закончились спонтанной гибелью эмбриона на сроке 14–16 недель.

Вторым распространенным методом является *прерванный половой акт*, при котором проникновение сперматозоидов в женский организм не должно произойти.

Третья группа физиологических методов – это так называемый *календарный*, или *температурный*, метод. Он основан на выявлении наиболее благоприятных для зачатия дней менструального цикла и исключении половых контактов в этот период. Следует отметить, что все физиологические методы абсолютно безопасны для организма как мужчин, так и женщин, но вероятность зачатия у всех методов, кроме полного воздержания, составляет 20%.

Препятствующие, или *барьерные*, методы включают в себя средства, призванные не допустить проникновения сперматозоидов к яйцеклетке либо уничтожить их на пути к ней. Самым широко распространенным из них являются *презервативы*. Вероятность зачатия при их применении зависит от разных факторов и зачастую превышает 10%. Аналогичные презервативам различные «мембраны», «диафрагмы», тампоны и губки с химическими веществами и без них имеют разную эффективность. Часто их применяют комплексно. Есть новомодные средства, данные по эффективности которых пока отсутствуют. Но в среднем в большинстве случаев вероятность зачатия составляет от 3% до 25%.

Более эффективным средством являются *внутриматочные спирали*. Эффективность их считается доказанной на уровне 3%.

Гормональные методы предполагают прием гормональных препаратов как во время всего цикла, так и непосредственно после полового акта. Как и любое гормональное воздействие, влияние этих веществ на организм женщины не может быть абсолютно безопасным. Однако, если альтернативой является аборт, в этом случае применение противозачаточных гормональных препаратов будет иметь меньшие отрицательные последствия. Их эффективность и безопасность сильно варьируется. Более безопасными и эффективными являются препараты, которые применяются в течение длительного времени. Вероятность зачатия при их использовании составляет 1–3%. Препараты однократного применения, используемые непосредственно после полового акта или в течение первых двух-трех суток, считаются наиболее вредными для организма и менее эффективными.

Стерилизация – это радикальный хирургический метод с вероятностью беременности менее 1%. У мужчин перерезаются семявыносящие протоки яичек, а у женщин маточные трубы. У женщины данное вмешательство является полостной операцией, восстановление детородных функций после нее маловероятно. У мужчин операция проводится на

наружных половых органах и восстановление детородных функций впоследствии возможно.



Контрацепция, физиологическая, барьерная, гормональная, стерилизация, аборт.



Знание и понимание

1. Как вы понимаете необходимость контрацепции?
2. Дайте определение терминам *контрацепция, стерилизация, аборт.*

Применение

1. Определите связь между видами контрацепции и конкретными препаратами и манипуляциями.
2. Назовите причины, по которым контрацепция предпочтительнее аборта.

Анализ

1. Выскажите ваше мнение о предпочтениях в применении тех или иных видов контрацепции.
2. Проанализируйте и установите зависимость между уровнем эффективности и безопасности разных видов контрацепции.

Синтез

1. Порассуждайте, какие виды контрацепции кажутся вам наиболее предпочтительными и по каким критериям.
2. Оцените роль контрацепции в планировании как отдельной семьи, так и численности населения стран, регионов и Земли в целом.

Оценка

1. Напишите реферат о конкретных видах контрацепции.
2. Обсудите, правомочна ли насильственная стерилизация в следующих имевших место случаях:
 - 1) химическая кастрация педофилов (в некоторых странах);
 - 2) принудительная кастрация душевнобольных в фашистской Германии;
 - 3) добровольная, за денежное вознаграждение, в Индии в 50–60 годах XX в.;
 - 4) коренного населения Северной Америки (США) без ведома самих жителей во время обязательных медицинских обследований в резервациях в начале XX в.

§ 49. Заболевания, передающиеся половым путем.

Меры по их профилактике

Цель изучения этой темы: объяснить последствия заболеваний, передаваемых половым путем и меры по их профилактике.

Что такое СПИД, кто его возбудитель? Какие системы органов поражает СПИД, почему он смертельно опасен?



Что нужно повторить для успешного изучения темы? § 18 – учебник для 8 класса.

Заболевания, передающиеся половым путем, называются *венерическими*. Название дано по имени древнеримской богини любви – Венеры. Такие заболевания имеют разных возбудителей: бактерии и вирусы, простейшие (одноклеточные животные) и микроскопические грибы. Общим для всех этих инфекций является путь заражения – передача от больного человека к здоровому во время полового акта. Рассмотрим несколько наиболее распространенных и опасных заболеваний подробнее.

СПИД – наиболее опасная вирусная инфекция, официально неизлечимая и приводящая к смерти. Возбудитель – вирус иммунодефицита человека – ВИЧ. Он поражает клетки лейкоциты, постепенно лишая человека тканевого иммунитета. Как вы помните, это заболевание уже изучалось вами в 8 классе в теме «Иммунитет». Пути передачи такие же, как и у вирусных гепатитов С и В.

Сифилис – инфекционное заболевание, возбудителем которого является бактерия бледная спирохета. В окружающей среде эта бактерия нестойкая. Так при $+50^{\circ}\text{C}$ она погибает за 15 минут, при кипячении, в действии любыми дезинфицирующими средствами: щелочью, хлоркой или кислотой – мгновенно. Но может сохраняться по несколько часов и даже дней во влажной непроветриваемой среде при температуре около 37°C . Поэтому основной путь передачи сифилиса – половой. Возможность заразиться через общее, нечистое белье, посуду, при поцелуях хотя и минимальна, но полностью не исключается. Чаще всего такой «бытовой» путь заражения существует в семьях, где один из членов семьи уже болен сифилисом, лечение не осуществляется, гигиенические требования нарушаются. Передача возможна при контактах слизистых оболочек: половых органов, рта, глаз, носа. Особенно возрастает риск заражения, если слизистые повреждены – есть язвы, трещинки, царапины и т. д. Через кожу, воздушно-капельным путем сифилис не передается. Профилактическими мерами в такой ситуации являются соблюдение личной гигиены и избегание потенциально опасных половых связей.

Сифилис – очень тяжелая инфекция, комплексно поражающая весь организм. До изобретения антибиотиков он был не просто опасен, но и смертелен. Это заболевание уносило многие жизни еще и потому, что оно протекает медленно, и зараженный человек мог быть распространителем инфекции долгие годы и даже десятилетия.

Современная медицина успешно, быстро и без последствий вылечивает сифилис на ранних стадиях. Первым признаком этой болезни является язва на месте заражения – проникновения инфекции. Это язвочка, которая может совсем не беспокоить. Она может возникнуть как через несколько дней, так и через несколько недель. Многие заразившиеся не придают этому значения, не обследуются и не подозревают, что больны и уже являются инфекционно опасными. Поэтому при любом подозрении на возможность заражения необходимо сдать кровь на анализ.

Особую опасность представляет болезнь матери в период беременности. Патологии в развитии будущего ребенка часто приводят к тяжелейшим последствиям, от нарушений формирования кожных покровов до деформации сердечно-сосудистой системы, хрящевой ткани, включая наружные органы: нос, ушные раковины и т. д.

Гонорея – инфекция, возбудителем которой является шарообразная бактерия – гонококк. Пути заражения такие же, как и при сифилисе. Из 100 заболевших 99 заражаются при половом контакте, и только 1% заболевших заражается гонореей бытовым способом.

Кроме половых органов, могут поражаться слизистые оболочки прямой кишки, глаз и горла. Если женщина больна гонореей и беременна, то вероятность заражения ребенка во время беременности отсутствует. Но во время родов заражение обязательно произойдет.

Скрытый (инкубационный) период, когда человек не знает, что он болен, у гонореи гораздо короче по сравнению с сифилисом. Обычно его продолжительность составляет от одного дня до двух недель.

Первыми признаками гонореи являются гнойно-слизистые выделения из зараженных органов, зуд, жжение, боли, дискомфорт, язвы, кровотечения. Поэтому в отличие от сифилиса, который долгие годы может не беспокоить заболевшего, при гонорее зараженные быстрее и чаще обращаются к врачу и получают лечение. Хотя скрытые формы гонореи тоже существуют. Эпидемиологи заметили, что современные штаммы этой бактерии чаще имеют скрытые бессимптомные формы, чем, например, 50 лет назад. Это очень опасно, так как не поставленный своевременно диагноз может привести к серьезному воспалительному процессу во внутренних органах и очень часто к бесплодию.

Гепатиты В, С, как и все другие формы гепатитов, являются вирусной инфекцией. Путей заражения для этих двух форм гепатита три: 1) через половой контакт с зараженным человеком; 2) через кровь (при перелива-

нии, так как проверять донорскую кровь на наличие вирусных частиц гепатита С научились сравнительно недавно); реже заражения происходят при использовании нестерильных медицинских или косметологических инструментов; 3) редко во время родов от больной матери ребенку, обычно в тех случаях, когда у матери наблюдается обострение.

В 40% случаев источник заражения гепатитом С остается не выявленным. Это происходит из-за возможностей передачи инфекции при многих медицинских манипуляциях, при посещении маникюрных, тату-салонов и т. д.

Как и все формы гепатита, вирус форм В и С поражает клетки печени. Форма В менее опасна, чем форма С. Часто форма С переходит в хроническую стадию (70–80% случаев). Это происходит потому, что симптомы болезни могут не проявляться годами.

Симптомы гепатитов могут проявляться через несколько недель и даже после шести месяцев после заражения. Это могут быть повышение температуры, слабость, боли в суставах, печени, тошнота и т. д. Диагностировать именно гепатит формы В и С сложно, так как не возникает «желтухи», проявляющейся при гепатите А.

Профилактика заболеваний, передающихся половым путем, является общей для всех видов этих инфекций. Она включает в себя комплекс обязательных мероприятий:

- 1) соблюдать личную гигиену;
- 2) избегать случайных половых связей с партнерами, через которых возможно заражение, и (или) использовать презервативы;
- 3) проходить обязательные профилактические осмотры и сдавать анализы при подозрениях на возможную инфекцию;
- 4) соблюдать общие гигиенические нормы, требовать их соблюдения от окружающих – стерилизация медицинских и косметических инструментов, посещение только надежных в гигиеническом плане заведений и т. д.;
- 5) укреплять иммунитет и вести здоровый образ жизни.

Государство также проводит мероприятия, направленные на снижение риска распространения такого типа инфекций. Это организация обязательных медицинских осмотров и проведение анализов, предусмотренных для медиков, работников детских учреждений и сферы производства продуктов питания.



Знание и понимание

1. Объясните, почему периодически необходимо проходить медицинские обследования.
2. Как вы понимаете, что такое *пути передачи инфекций*?

Применение

1. Определите связь между возбудителями гепатита В, С и СПИДа и путями передачи этих инфекций.
2. Назовите причины, по которым необходимо избегать случайные половые контакты.

Анализ

1. Проанализируйте и сравните гонорею и сифилис. Какое заболевание, по вашему мнению, наиболее опасно и почему?
2. Изобразите в виде схемы меры по профилактике половых инфекций.

Синтез

1. Систематизируйте и сравните по критериям описанные выше инфекции:
 - 1) пути передачи;
 - 2) сроки проявления симптомов;
 - 3) скрытые формы;
 - 4) опасность заражения для детей;
 - 5) опасные последствия для организма.
2. Оцените роль личных и государственных мероприятий по снижению риска заражения описанными инфекциями.

Оценка

1. Считаете ли вы, что на территории Казахстана (всего мира, другой отдельно взятой страны) можно полностью избавиться от инфекций, передающихся половым путем? Ответ аргументируйте.
2. Обсудите, эффективно ли соблюдение правил личной гигиены для предотвращения заражения описанными выше инфекциями.

Глава 15. РОСТ И РАЗВИТИЕ

§ 50. Эмбриональное развитие

Цель изучения этой темы: объяснить роль плаценты в развитии эмбриона; сравнивать развитие эмбриона и плода.

Что вы знаете об онтогенезе человека? Какая первая стадия в развитии всех организмов, использующих оплодотворение? Какие последующие стадии, и что их отличает?



Что нужно повторить для успешного изучения темы? § 56 – учебник для 7 класса; § 49 – учебник для 8 класса.

В мужских половых железах в среднем образуется 3–5 мл спермы, в которой содержится около 300 млн. сперматозоидов. И только один сперматозоид сливается с яйцеклеткой (рис. 73), остальные гибнут. Слияние сперматозоида и яйцеклетки называют *оплодотворением*. Оплодотворенная яйцеклетка снаружи покрывается оболочкой, которая предохраняет ее от проникновения других сперматозоидов.

Оплодотворение происходит в маточных трубах. Неоплодотворенная яйцеклетка и сперматозоиды (под влиянием лейкоцитов) погибают в маточных трубах или матке. Способность сперматозоидов к оплодотворению сохраняется в течение 24–28 ч. Их повышенная чувствительность к температуре тела и отсутствие запасов питательных веществ в их цитоплазме не позволяют им сохраняться длительно.

Из двух слившихся гамет (половых клеток) образуется *зигота*. Она начинает дробиться и по маточным трубам попадает в матку (рис. 74). Здесь образуется *зародыш* и развиваются вспомогательные элементы,

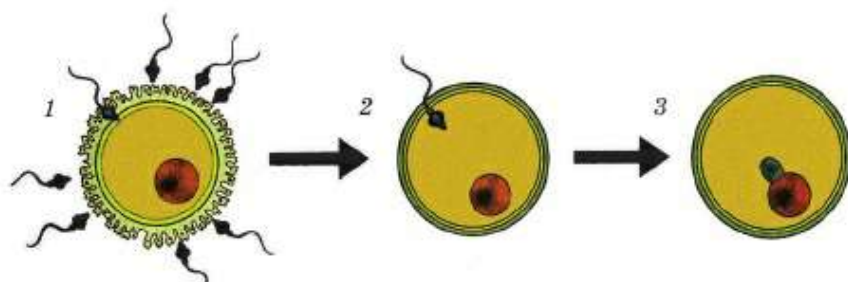


Рис. 73. Этапы оплодотворения:

1 – яйцеклетка и сперматозоиды; 2 – проникновение сперматозоида в яйцеклетку; 3 – яйцеклетка с двумя ядрами

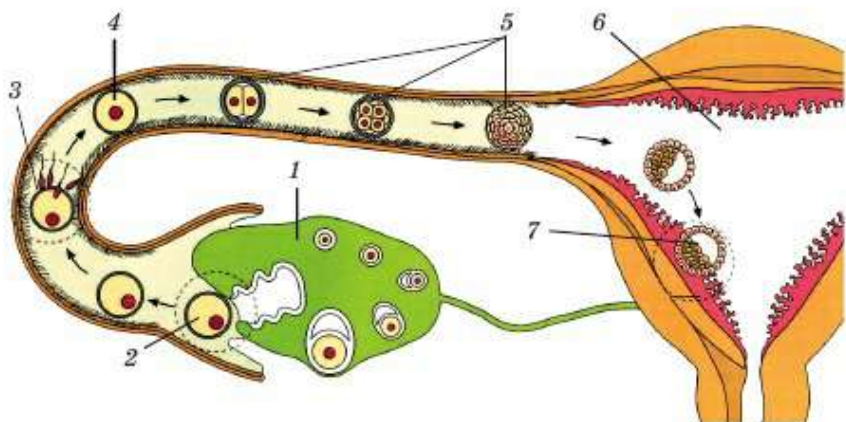


Рис. 74. Продвижение яйцеклетки в матку:

1 – яичник; 2 – выход яйцеклетки из яичника; 3 – проникновение сперматозоида; 4 – оплодотворенная яйцеклетка (зигота); 5 – деление яйцеклетки; 6 – полость матки; 7 – закрепление зародыша в стенке матки

обеспечивающие его существование в утробе матери. С момента оплодотворения идет счет *беременности*.

Первые стадии зародышевого развития. Зигота человека делится так же, как и зиготы других организмов. Образовавшаяся после дробления бластула имеет часть клеток наружного слоя, через которые будет осуществлять питание, образуя ворсинки.

Через ворсинки зародыш питается, пока не образуется полноценная, функционирующая *плацента*. Это происходит примерно к концу 12-й недели беременности. Речь об этом пойдет ниже.

Примерно на стадии шести недель у зародыша человека появляются характерные человеческие черты, развиваются конечности, становятся различимы пальцы. Многие акушеры с этого момента именуют зародыш *плодом*.

Формирование и развитие плода, роль плаценты. Время после двух месяцев (5–6 недель) составляет *эмбриональный период* (рис. 75, б). Последующие месяцы до рождения называются *плодным периодом*, так как на третьем месяце (12-я неделя) беременности из тканей плода и матери образуется *плацента*. С момента начала функционирования плаценты дальнейшее время развития организма человека называют также *плацентарным периодом*. Можно сказать, что плодный и плацентарный периоды – одно и то же. Они начинаются после *эмбрионального периода*, на третьем месяце (12 недель) после формирования и начала функционирования плаценты.

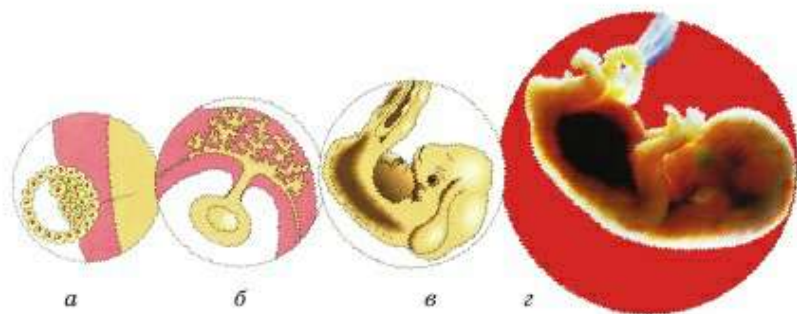


Рис. 75. Развитие плода:

а – деление яйцеклетки; *б* – прикрепление зародыша к стенке матки;
в – эмбриональный период; *г* – плацентарный период

Плацента – это орган, осуществляющий связь между организмом матери и плодом. Благодаря ей обеспечивается дыхание, питание и выделение продуктов обмена у плода. Питательные вещества и кислород проникают из крови матери в кровь плода с помощью многочисленных ворсинок на наружной стороне плаценты. Углекислый газ и продукты обмена выводятся также через ворсинки.

Плацента – единственный уникальный орган, который образуется из растающих друг в друга клеток двух разных организмов – матери и ее ребенка. Напомним, что в эволюции животного мира плацента стала «последним достижением», характерным только (!) для подкласса плацентарных млекопитающих. Благодаря плаценте новорожденные организмы появляются более сформированными и совершенными, процент их выживания в разы выше, чем при других формах размножения.

Прямого кровотока между матерью и плодом нет. Их кровь не смешивается. Мать и ее будущее дитя – два разных организма. Три кровеносных сосуда – пупочная вена (артериальная кровь) и две пупочных артерии, соединяющие плаценту с плодом, образуют *пупочный канатик* (пуповина). При рождении ребенка пупочный канатик (пуповина) перерезается. Пупок остается на всю жизнь.

Кроме того, плацента выделяет гормон прогестерон, так как желтое тело уже состарилось и не может больше поддерживать нужный уровень гормона беременности.



Гигиена беременных женщин. Период развития плода в матке называется *беременностью*. Она длится 270–280 сут. Начальным признаком беременности является прекращение менструального цикла. Беременность может сопровождаться головокружениями, тошнотой. Молочные железы увеличиваются, появляется сонливость.

Существуют правила, которые необходимо неукоснительно соблюдать при беременности: сильно не утомляться; не носить туфли на высоких каблуках; полноценно питаться; не принимать никаких медикаментов без ведома врача; не курить; не употреблять алкоголь; вести подвижный образ жизни, соблюдая при этом осторожность и т. д. Несоблюдение этих правил может вызвать различные нарушения. Так, например, даже у обычно непьющих родителей, которые в момент зачатия были в состоянии опьянения, может родиться ребенок с пороками. С различными нарушениями появляются дети и у заядлых курильщиков. Даже одна таблетка некоторых лекарственных препаратов может вызвать нарушения в развитии плода. Отрицательное воздействие могут оказывать и вирусы.



Оплодотворение, зигота, зародыш, беременность, эмбриональный, плодный период, плацента, пупочный канатик.



Знание и понимание

1. Объясните, почему в эмбриогенезе человека различают эмбриональный и плодный (плацентарный) периоды.
2. Что такое *плацента*?

Применение

1. Опишите, каким образом происходит имплантация зародыша.
2. Объясните значение плаценты.

Анализ

1. Изобразите в виде схемы, на какие стадии делится жизнь человека до рождения. Укажите их сроки, все названия и основные события.
2. Проанализируйте процесс формирования организма человека от момента, предшествующего оплодотворению, до момента имплантации. Какие важнейшие события в это время происходят?

Синтез

1. Дайте общее описание процессам, происходящим после оплодотворения в организме матери и ее ребенка до начала родов.
2. Перечислите, в чем заключается различие между эмбрионом и плодом.

Оценка

1. Напишите реферат о формировании органов и систем в период внутриутробного развития человека.
2. Оцените эволюционное значение формирования плаценты для класса млекопитающих.

§ 51. Влияние курения, наркотических веществ и алкоголя на развитие эмбриона человека

Цель изучения этой темы: объяснить последствия влияния курения, алкоголя и других наркотических веществ на развитие эмбриона человека.

Помните ли вы, что означают термины: онтогенез, эмбриогенез, прямое и непрямое развитие, неограниченный рост? Для каких организмов они характерны?



Что нужно повторить для успешного изучения темы? § 62 – учебник для 7 класса; § 58 – учебник для 8 класса.

Факторы эмбриогенеза. На развитие зародыша влияет множество как внешних, так и внутренних факторов. Отрицательные факторы называются *эмбриотоксичными*. Это могут быть физические агенты, такие как радиация, ионизирующее излучение, повышенное электромагнитное поле. Химическими эмбриотоксинами могут быть никотин, алкоголь, наркотики и многие медикаменты. К биологическим эмбриотоксинам относятся продукты жизнедеятельности вирусов и бактерий, гормоны самой женщины, вырабатываемые в условиях стресса. Воздействие эмбриотоксинов на организм беременной может вызвать развитие врожденных патологий у ребенка. Поэтому важнейшим фактором сохранения здоровья нации является соблюдение женщинами гигиенических правил и осуществление медицинского наблюдения за их состоянием.

Сейчас учеными точно установлено, когда и какие органы эмбриона бывают наиболее уязвимы для негативного воздействия. Удалось выделить два самых опасных периода, когда поражающее действие внешних факторов приводит к самым тяжелым последствиям. Первый период – *конец первой и начало второй недели* беременности. В это время многие женщины еще даже не подозревают, что они беременны. Второй период продолжается с *третьей по восьмую неделю* беременности. Но это не значит, что по прошествии критических периодов можно употреблять алкоголь и курить. При негативном влиянии в другие периоды органы сформируются с меньшими патологиями. Например, вместо отсутствия части головного мозга (неспособность ходить, ползать, жевать пищу) все его отделы будут сформированы, но функционально будет выражена задержка умственного и психического развития.

Чтобы не оказывать негативного влияния на своих будущих детей, родители должны планировать беременность и готовиться к ней. Мужчинам рекомендуется прекратить курить и употреблять алкоголь как минимум

за два месяца до зачатия. Будущей матери необходимо сделать то же самое как минимум за шесть месяцев и весь период беременности и кормления грудью. Чтобы не испытывать проблем с тем, как бы подгадать по срокам, как сохранить здоровье своих будущих детей – лучше вообще не употреблять алкоголь, наркотики, не курить. На ранних стадиях эмбриогенеза вредное воздействие алкоголя, никотина и наркотиков часто приводит к прерыванию беременности (выкидышам). Если воздействие на эмбрион не привело к смерти, возможны тяжелые нарушения сердечно-сосудистой системы, органов чувств, страдают нервная и мочеполовая системы. Даже если воздействие было минимальным, замечено, что у таких детей слабый иммунитет, склонность к аллергиям, задержка умственного и физического развития, недостаток роста и массы, неврастения. Единой медицинской статистики, охватывающей все страны и континенты, по этому вопросу нет. Кроме того, родители очень редко признают факты употребления спиртных напитков, наркотических средств или табака непосредственно перед зачатием или во время беременности.

В среднем врачи ВОЗ склоняются к мнению, что если матери употребляли алкоголь во время беременности, то возможность появления ребенка с *пороками развития* достигает 50%. Для 80% случаев характерно рождение малышей с *опасно низкой массой, гипоксией, легкой задержкой развития*.

Статистика показывает, что курение (независимо от количества выкуриваемых сигарет) во время беременности увеличивает риск ее неблагоприятного завершения почти в два раза.

У курящих женщин чаще, чем у некурящих, рождаются дети с пороками сердца. Курение неблагоприятно влияет на процесс закладки и развития нервной трубки у плода, ведет к рождению младенцев с врожденными аномалиями умственного развития, с волчьей пастью и заячьей губой, паховой грыжей, косоглазием.

У курящих матерей наблюдается недостаточное образование молока. Ни одного из недоношенных детей, родившихся от матерей, куривших более 20 сигарет в день, не кормили грудью.

Английские врачи пришли к выводу, что у детей, чьи матери курили во время беременности, на 40% повышается риск развития аутизма. Пытаясь объяснить полученный факт, ученые предположили, что во всем виновато недостаточное снабжение мозга зародыша кислородом. Кроме того, не исключено, что никотин влияет на особые гены, отвечающие за психомоторные функции.

Дети, родившиеся у курящих женщин, позднее начинают читать и считать. У них отмечено замедление физического и умственного раз-

вития. У матерей, выкуривавших в день 10 или более сигарет во время беременности, дети имели в среднем рост меньше на 1 см и несколько отставали по успеваемости в школе, в частности по чтению и математике.

Международная группа исследователей из университета Эмори в Атланта (штат Джорджия) обнаружила связь между курением беременных и последующей склонностью детей к преступности. Они обобщили сведения о 4000 мужчин, а также истории их арестов к 34 годам. Оказалось, что те мужчины, чьи матери курили во время беременности, в 1,6 раза чаще оказывались в тюрьме за ненасильственные преступления и в 2 раза чаще – за насильственные.

Если мать постоянно употребляет алкоголь во время беременности, то у детей может развиваться эмбриофетопатия: пороки развития мочеполовой системы, сердца и сосудов, нижних и верхних конечностей. Наблюдается у таких детей и дисплазия суставов, отсутствие пальцев. Особенно часто патологические изменения касаются лица: узкие глазницы, низкий лоб, широкая переносица. Бывают у таких малышей и косоглазие, большой рот, слишком высокое небо.

Эмбриология будущего нацелена на решение задач по исправлению врожденных дефектов развития на стадии эмбрионов, выращиванию органов из недифференцированных (стволовых) клеток организма, созданию банков тканей на основе клонирования эмбриональных стволовых клеток и др. Эти исследования ведутся и в Казахстане. Но только от личной ответственности каждого зависит, сможем ли мы уберечь будущие поколения от вредного влияния никотина, алкоголя и наркотиков.



Эмбриотоксичные факторы, первый и второй критические периоды эмбриогенеза, аутизм.



Знание и понимание

1. Что такое *эмбриотоксичные вещества*?
2. Опишите первый и второй критические периоды беременности. Почему они так называются и на какое время приходятся?

Применение

1. Опишите влияние никотина на развитие будущего ребенка.
2. Определите связь между влиянием алкоголя, употребляемого родителями до и во время беременности, и возможными патологиями в развитии ребенка.

Анализ

1. Изобразите в виде схемы влияние алкоголя, никотина и наркотиков на развитие эмбриона человека.
2. Докажите на примерах, что употребление алкоголя приведет к нарушениям во время развития эмбриона человека.

Синтез

1. Оцените роль социальных, просветительских, педагогических и юридических (не медицинских) мероприятий, направленных на снижение риска отрицательного воздействия курения, алкоголя и других наркотических веществ на развитие эмбриона человека.
2. При какой ситуации этично считать родителей ответственными за формирование врожденных патологий у детей, а при какой – нет? Ответ обоснуйте.

Оценка

1. Напишите реферат, используя дополнительные источники информации. Составьте свою «программу действий» для будущих пап и мам.
2. Обсудите, в чем вы видите личную ответственность граждан Казахстана в сохранении здоровья будущих поколений. В чем ответственность государства? Какие мероприятия по сохранению здоровья будущих поколений вы предложили бы как обязательные и на гражданском, и на государственном уровне?

Глава 16. ЭВОЛЮЦИОННОЕ РАЗВИТИЕ**§ 52. Этапы развития жизни на Земле**

Цель изучения этой темы: изучить основные этапы развития жизни на Земле.

Согласны ли вы с утверждением, что систематика есть «отражение эволюции»? Как вы считаете, какие организмы должны были появиться на Земле раньше: прокариоты или эукариоты; многоклеточные или одноклеточные; высшие растения или низшие растения; позвоночные или беспозвоночные? Вспомните самые общие отличительные особенности основных крупных таксонов животных и растений.



Что нужно повторить для успешного изучения темы? § 8 – учебник для 7 класса; § 6, 9 – учебник для 8 класса.

За все время существования планеты Земля жизнь на ней постоянно менялась под влиянием разнообразных условий. Эти изменения были постепенными и настолько медленными (миллионы и миллиарды лет), что оценить их можно только по геологическим «следам». Учеными была



Рис. 76. Архей – синтез органических веществ и появление первых прокариот

составлена *геохронологическая шкала*, учитывающая крупные климатические и геологические события и включающая в себя пять эр.

Самой древней была *архейская эра*, длившаяся около 1 млрд. лет. Ее живые организмы не слишком разнообразны и представлены в основном *одноклеточными прокариотами*. Главной особенностью этой эры является появление жизни и основных свойств живого (рост, размножение, наследственность и т. д.). В эту эру возник фотосинтез, гликолиз, брожение, дыхание и все иные способы получения энергии, которыми разные живые организмы пользуются и сейчас. Но живое еще не разделилось на царства, так как не было ни растений, ни животных, а только бактерии (рис. 76).

Второй и самой длительной эрой является *протерозой*, его продолжительность – более 2 млрд. лет. Преобладающими формами жизни сначала были одноклеточные (как бактерии, так и появившиеся *эукариоты*). В ходе дальнейшей эволюции возникли многоклеточные эукариоты – беспозвоночные и водоросли. Из *растений* существовали *только водоросли* (низшие), в царстве *животных* образовались представители *всех типов беспозвоночных*.

Фотосинтезирующие растения и цианобактерии наконец выделили столько кислорода, что сформировался *озоновый экран* и стал возможен «выход жизни на сушу» (рис. 77).

Палеозойская эра ознаменовалась *завоеванием суши живыми организмами*, формированием почвы, костных скелетов у животных, высших наземных растений, запасами каменного угля, нефти и природного газа (рис. 78). Климат в целом теплый и влажный. Из-за этих условий среды



Рис. 77. Протерозой, жизнь только в океане: из растений – водоросли, из животных – беспозвоночные

растений развиваются высшие: как споровые (мхи, хвощи, плауны, папоротники), так и их потомки – семенные – голосеменные. Гигантские папоротники формируют залежи каменного угля, а озерные экосистемы, погруженные в глубь земли, образуют залежи нефти.



Рис. 78. Палеозой – жизнь вышла на сушу и стала развиваться (каменноугольный лес)

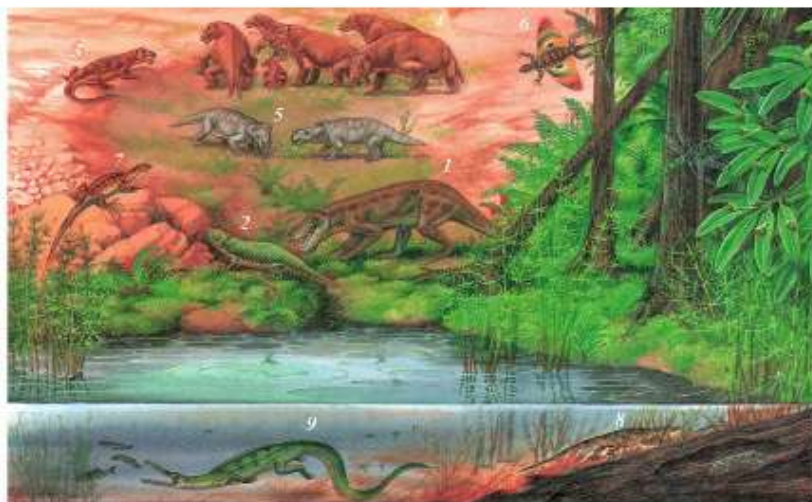


Рис. 79. Ландшафт в начале мезозоя:

1 – лиценос; 2 – пелтобатрахус; 3 – титанозух; 4 – мосхосы; 5 – авлакоцефалы; 6 – целурозавраус; 7 – тадеоазвр; 8 – клаудиозавр; 9 – мезозавр

Среди животных появляются паукообразные, насекомые и позвоночные: рыбы, земноводные и пресмыкающиеся, которые начинают господствовать.

Мезозойская эра. Названа *эрой динозавров*. Климат становится более сухим, но остается в основном теплым. Появляются последние представители классов позвоночных: птицы и млекопитающие, а у растений – покрытосеменные (цветковые) (рис. 79).

В *кайнозойской эре* жизнь приобретает *современный вид*. Происходят оледенения, климат в целом становится более суровым. Господствуют цветковые растения и насекомые; теплокровные позвоночные – птицы и млекопитающие.

В целом для конца кайнозоя характерны оледенения на севере. Из выживших животных того периода можно назвать северных оленей, овцебыков, песцов, леммингов, белых куропаток, из вымерших – мамонтов и шерстистых носорогов.

Параллельно существуют южные территории с теплым климатом, где обитают сайгаки, дикие лошади (тарпаны), бизоны и другие виды копытных. Флора постепенно меняется с севера на юг от тундры и тайги до пустынь и экваториальных лесов и почти полностью соответствует современной.

Из млекопитающих быстро эволюционируют появившиеся в этой эре приматы. Процесс завершается появлением человека.



Архей, протерозой, палеозой, мезозой, кайнозой, геохронологическая шкала.



Знание и понимание

1. Сколько эр выделяют в истории Земли?
2. Объясните, почему животные и растения изменялись с течением длительного времени.

Применение

1. Сравните между собой палеозой и мезозой.
2. Назовите причины смены эр.

Анализ

1. Проанализируйте этапы развития жизни на Земле по следующим пунктам:
 - 1) Появление новых жизненных форм.
 - 2) Особенности климата и (или) условий и среды обитания.
 - 3) Какие важнейшие, на ваш взгляд, события произошли?
 - 4) Как развитие жизни в этой эре повлияло на дальнейшую эволюцию живого?
2. Изобразите в виде схемы каждую эру и ее особенности.

Синтез

1. Оцените роль развития жизни в палеозое для современного существования человечества.
2. Перечислите, в чем заключается различие между археем и протерозоем. Можно ли утверждать, что одна из этих эр более важна для дальнейшего развития жизни?

Оценка

1. Напишите реферат о реликтах – «живых ископаемых» – организмах, существующих на Земле сотни и десятки миллионов лет почти в неизменном виде и живущих сегодня.
2. Обсудите факт: *Наибольшее количество древнейших живых существ, почти не изменившихся и существующих в наши дни, обнаружено на дне Мирового океана.*

§ 53. Возникновение и развитие эволюционных представлений

Цель изучения этой темы: изучить основные положения работ К. Линнея и Ж. Б. Ламарка.

Что такое эволюция? Что означают понятия «прогресс» и «регресс»?



Что нужно повторить для успешного изучения темы? § 9 – учебник для 7 класса; § 50 – учебник для 8 класса.

Понятие эволюции. Существует несколько определений эволюции:

1. Необратимый процесс исторического развития живых организмов.
2. Постепенный, более или менее направленный процесс совершенствования биологических систем.
3. Медленный процесс изменения живых организмов от простых (примитивных) форм к более сложным (совершенным).
4. Совершенствование живых объектов в течение длительного времени (рис. 80).



Можно сформулировать и другие определения. Главное – уяснить, что процесс эволюционного развития нельзя уподобить главному движению эскалатора, где все ступени движутся вверх одна за другой с одинаковой скоростью. Процесс эволюции сложный и разноплановый. Вам известно, что жизнь на планете не всегда была такой, как теперь. Вы знаете о существовании в прошлом мамонтов и динозавров, пещерных медведей и саблезубых тигров. Многие хорошо знакомые существа появились сравнительно недавно. Так, собаки, кошки или воробьи исторически во много раз моложе варанов, морских звезд или акул. Нужно понять, что эволюция, как исторический процесс, идет не всегда одинаково. Ведь скорость эволюционных преобразований в разных систематических группах организмов существенно отличается. На каком-то отрезке времени одна из групп может эволюционировать быстрее других, а на другом – она же полностью затормаживается в своем историческом развитии.



Рис. 80. Эволюция древних ящеров

На развитие, становление и совершенствование той или иной систематической группы живых организмов оказывают влияние сотни факторов. От этого зависит выживание и дальнейшее совершенствование – эволюционирование.

Мы не знаем, как будет выглядеть органический мир через 5–6 млн. лет и сохранится ли он вообще. Закономерности эволюционных процессов очень сложны и до сих пор до конца не изучены. Но сегодня нам точно известно, почему происходит эволюция. Основная заслуга в создании эволюционного учения принадлежит Ч. Дарвину. Его величайшему открытию предшествовали труды многих ученых.

Развитие биологии в додарвиновский период. Важным предшественником эволюционистов можно считать Карла Линнея, шведского естествоиспытателя. Этому ученому удалось, наконец, систематизировать живые организмы. Работа «Система природы» принесла ученому всемирную славу. В ней даны основные принципы классификации растений и животных и их деление на соподчиненные систематические категории: классы, отряды, роды и виды. Позднее он выпустил посвященную этим же проблемам «Философию ботаники». Линней использовал бинарную номенклатуру – двойные латинские названия организмов. Одно слово (существительное) обозначает род, другое (прилагательное) – вид. Так, виды *подорожник большой* и *подорожник ланцетовидный* относятся к одному роду – *подорожник*. Это позволило ученым всего мира легко понимать друг друга.

Заслугой Линнея можно считать и то, что он четко сформулировал понятие «вид» и разработал его определение на основе морфологического критерия, т. е. сходства во внешнем и внутреннем строении. Хотя ученый отнес человека к человекообразным обезьянам (руководствуясь сходством в строении), он и не предполагал возможности эволюции. Сам Линней говорил, что «близость в системе не говорит о кровном родстве».

Вопросами эволюции он не занимался, поскольку верил, что жизнь пребывает неизменной «со дня творения». Основанная только на внешнем сходстве система Линнея содержала массу ошибок, но была лучшей в то время и позволила ему войти в историю науки как основателю систематики.

Научные заслуги К. Линнея следующие:

- 1) составил лучшую для своего времени систематику растений и животных;
- 2) усовершенствовал существовавшую терминологию, используя бинарную номенклатуру: для обозначения вида – прилагательное, рода – существительное;

- 3) уточнил понятие *вид* как наименьшей систематической единицы;
- 4) впервые разработал и применил для создания систематики морфологический критерий вида, т. е. о систематическом положении судил по внешнему строению;
- 5) отнес человека к человекообразным обезьянам;
- 6) ввел пять соподчиненных таксонов, или систематических категорий (класс, порядок, род, вид, разновидность);
- 7) описал большое количество видов растений и животных.

Эволюционная теория Ж. Б. Ламарка. В XVII в. в биологии появилось направление, называемое *трансформизмом*. Трансформисты верили в изменимость живого, в его трансформацию. Самым выдающимся из трансформистов считается Жан Батист Ламарк. По его мнению, мир живой природы изменяется, совершенствуется. Ламарк сделал верное предположение, что все организмы изменяются под влиянием окружающей среды. Он создал также **первую целостную эволюционную теорию**. Его работа «Философия зоологии» (1809) стала важнейшей ступенью на пути к господству эволюционных представлений в биологии.

Ламарк, как и Линней, тоже занимался систематикой и значительно усовершенствовал линеевскую систему. Так, он впервые разделил всех животных на позвоночных и беспозвоночных, а беспозвоночных – на 10 классов. Он также выделил классы земноводных и пресмыкающихся. До Ламарка считалось, что все беспозвоночные подразделяются на насекомых и червей, а лягушки с тритонами и змеи с черепахами относятся к одному классу. За основу своей классификации Ламарк взял строение нервной и кровеносной систем. Это позволило ему избежать ошибок Линнея. Выстроив таким образом виды, он заметил, что живые организмы находятся как бы на ступенях лестницы, становясь все более сложными и совершенными. Так появилось понятие *градация*, т. е. постепенное повышение уровня организации живых организмов.

Однако и в концепции Ламарка есть серьезные ошибки. Одна из них – попытка объяснить причины эволюции с позиций религиозных убеждений. Ламарк был глубоко верующим человеком. По его мнению, создав однажды примитивные формы жизни, Бог вложил в душу каждого живого существа стремление к совершенству. И поэтому каждый организм прилежно выполняет это божественное предназначение и передает результаты своих усилий потомству. Так, например, цапля, вынужденная ходить по болоту, чтобы не намокнуть, постоянно вытягивает ноги. От ежедневных упражнений ноги самых прилежных цапель становятся несколько длиннее. И если две прилежные цапли образуют пару и дают

потомство, то ноги их птенцов будут изначально длиннее, чем у птенцов нетренировавшихся птиц этого вида. Если органы долго не упражняются, они могут уменьшиться в размерах или исчезнуть вовсе, например, глаза у кротов или конечности у змей. Сейчас подобные предположения кажутся абсурдными.

Сегодня точно известно, что результаты тренировок не передаются в следующие поколения, так как тренировками нельзя изменить ДНК, гены, хромосомы.

Теория Ламарка вызвала острые научные споры. Кроме того, служителям церкви она показалась богохульной. В результате в конце жизни ученый был уволен без права получения пенсии и умер в нищете. В целом его научная деятельность внесла большой вклад в развитие биологии. Он более точно и полно систематизировал животных. Показал принцип усложнения органов и систем (градация). Верно предположил зависимость приспособлений организмов от условий окружающей среды, но причины эволюции он трактовал неверно.

Работы, давшие верный ответ о причинах эволюции, принадлежат Ч. Дарвину.



Прогресс, регресс, историческое развитие, систематика, эволюция, бинарная номенклатура, градация.



Знание и понимание

1. Дайте определения понятию *эволюция*, которое вам кажется наиболее верным. Обоснуйте, почему.
2. Объясните, кто считается автором первой эволюционной теории.

Применение

1. Назовите причины, почему эволюцию нельзя представить в виде плавного, поступательного движения вперед.
2. Объясните значение трудов К. Линнея для дальнейшего развития биологии.

Анализ

1. Проанализируйте положительные стороны деятельности К. Линнея и Ж. Б. Ламарка.
2. Выскажите ваше мнение о причинах, благодаря которым работа Ламарка в области зоологии превзошла Линнея и натолкнула его на мысль о постепенном совершенствовании организмов.

Синтез

1. Порассуждайте, в чем достоинства и недостатки первой эволюционной теории.
2. Приведите примеры применения в современной науке положительных сторон научной деятельности К. Линнея.

Оценка

1. Выскажите мнение, почему работы Линнея не вызвали недовольства церкви, а работы Ламарка были восприняты как антирелигиозные.
2. Смоделируйте ситуацию. Как выглядела бы жизнь на Земле, если бы результаты тренировок передавались по наследству? Каким было бы человечество?

§ 54. Основные принципы эволюционной теории Ч. Дарвина

Цель изучения этой темы: объяснить роль трудов Ч. Дарвина в создании учения об эволюции.

*Как вы понимаете словосочетание «биологическая эволюция»? Кто из ученых впервые попытался обосновать представления об изменчивости живых организмов в течение длительного времени? Что вы знаете о Чарлзе Дарвине? Что такое **наследственность** и **изменчивость**?*



Что нужно повторить для успешного изучения темы? § 53 данного учебника.

Чарлз Дарвин ответил на вопрос, почему происходит эволюция, и сформулировал верную эволюционную теорию. С момента ее появления в биологии господствует эволюционный принцип, т. е. все последующие открытия рассматриваются с эволюционных позиций. Открытие Ч. Дарвина предопределило весь дальнейший ход развития биологической науки.

Основы своей теории Ч. Дарвин изложил в работе «Происхождение видов путем естественного отбора» (1859). До сих пор этот труд не утратил актуальности. Генетические открытия, сделанные в XX в., подтвердили, дополнили и развили теорию Ч. Дарвина. В 20-х годах XX в. в результате обобщения знаний генетики и классического дарвинизма сформировалась синтетическая эволюционная теория. Идея рассмотреть эволюционные закономерности, учитывая законы наследственности, принадлежит



Чарлз Дарвин
(1809–1882)

С. С. Четверикову. Основной заслугой Ч. Дарвина является то, что он четко назвал три главные причины (движущие силы) эволюции:

- 1) борьба за существование;
- 2) естественный отбор;
- 3) наследственная изменчивость.

Одним из общих свойств живых организмов является избыточная численность. Это общее свойство живых организмов производить потомства больше, чем способно выжить в данных конкретных условиях. Примеров неограниченности размножения существует множество.

В одной головке мака содержится 3000 семян. Если все они прорастут и дадут урожай, то на следующий год мы получим $3000 \times 3000 = 9\,000\,000$ семян. На третий год количество семян составит $9\,000\,000 \times 3000 = 27\,000\,000\,000$. Таким образом, если исключить гибель потомков только одного растения мака, через 5 лет на планете не осталось бы уголка суши, где росло бы хоть одно другое растение. Всю территорию заняли бы выжившие потомки одного мака. Для одуванчика, у которого 100–200 семян, такой финал наступил бы через 9 лет.

Аналогичный пример можно привести и с комнатной мухой. При благоприятных условиях она откладывает примерно 120 яиц каждые 20 дней. По статистике, из половины яиц должны появляться самки. Способность откладывать яйца у этих самок тоже появляется через 20 дней. Произведя несложные расчеты, можно убедиться, что при условии полного, 100%-ного, выживания всех поколений потомков одной мухи их число за 5,5 месяца (с апреля по сентябрь) составит 335 923 200 000 000. Если учесть, что длина тела одной мухи равна 5 мм, то, расположив это количество насекомых одно за другим, мы получим расстояние в 2500 млн. км. Это чуть ли не в 20 раз превышает расстояние от Земли до Солнца.

Явление избыточной численности ведет к конкуренции между особями. А конкуренция оформляется в борьбу за существование, где кто-то обязательно победит, т. е. выживет, а кто-то проиграет и погибнет. Часто говорят: «В борьбе за существование выживает сильнейший». Это не совсем верно. Например, белый медведь физически значительно сильнее тушканчика. Но если он попадет в пустыню, то вряд ли «победит» тушканчика и выживет. Более верна такая формулировка: «В борьбе за существование выживает тот, кто лучше приспособлен к условиям окружающей среды».

Борьба за существование приводит к естественному отбору. Дарвин считал отбор главным эволюционным фактором, т. е. главной причиной эволюции. Даже саму эволюционную теорию Дарвина, или дарвинизм, называют теорией естественного отбора. Благодаря отбору в историческое время не только выживают самые приспособленные особи, но сохраняются наиболее приспособленные виды и классы животных и растений.

Естественный отбор является результатом борьбы за существование. Он не ограничен данным местом и временем. Это не конкретные конкурентные взаимоотношения двух особей в данный момент. Ч. Дарвин писал: «Отбор действует ежесекундно и повсеместно». Он оказывает свое влияние на каждый организм в отдельности и на все живое вместе.

Представим себе, что жизнь, зародившись в виде бактерий, подверглась бы действию только борьбы за существование и естественного отбора. Лучшие из лучших бактерий выжили бы. И именно они, самые приспособленные из приспособленных, оставили бы потомство. От этого потомства осталось бы точно такое же потомство. Эволюция на этом закончилась бы, а жизнь осталась бы в виде самых лучших и наиболее приспособленных бактерий.



Предположим, что вы выступаете в роли естественного отбора. Из мешка фасоли вы выбрали самые лучшие, крупные и здоровые семена. Посадили их и получили таких же безупречных потомков, являющихся точной копией родителей. Других видов фасоли у вас больше нет. Ведь те, кто погиб в ходе отбора, не оставив потомства, потеряны для эволюции навсегда и не могут больше участвовать в размножении. Внуки ваших отборных семян были такими же отборными, как и их предки. И так все поколения до бесконечности. Так, благодаря отбору удалось создать лучшую фасоль. Но вы никогда не создадите что-то другое, например фасоль другого цвета, формы или размера.

Тем, кто хоть раз занимался разведением растений или животных, ясно, что в реальной жизни потомки никогда не будут точной копией родительских форм. Ведь существует такое общее свойство всех живых организмов, как наследственная изменчивость.

Если особь получила какие-либо новые полезные изменения (мутации или комбинации), она получает преимущества в борьбе за существование, сохраняется при естественном отборе и дает более многочисленное и жизнеспособное потомство, чем другие особи того же вида. Если же особь в ходе изменчивости приобрела вредные в данных условиях качества (наследственные изменения), она с большой долей вероятности либо погибнет, либо не будет участвовать в размножении. В конечном итоге эволюционный успех – это успех в размножении. Для эволюции, как исторического процесса, не важно, сколько проживет та или иная особь. Важно, сколь многочисленное потомство она оставит, какому количеству потомков будут переданы ее гены и признаки.



Если вы читали сказку М. Е. Салтыкова-Щедрина «Премудрый пескарь», то помните, что ее герой всего боялся, всю жизнь осторожничал, прожил долго, но потомства не оставил. Это яркая иллюстрация эволюционной неудачи, проигрыша в борьбе за существование.

Таким образом, конкуренция между особями приводит к борьбе за существование. В ходе этой борьбы выживают и оставляют потомство особи и виды, лучше приспособленные к условиям окружающей среды. Результатом борьбы за существование является естественный отбор. Совокупность всех видов и форм борьбы за существование на протяжении всего исторического времени составляет основу естественного отбора. Параллельно происходят наследственные изменения (мутации или комбинации сочетания новых признаков). Появляющиеся на свет организмы отличаются от своих предков. Отбор сохраняет тех, чьи наследственные изменения более благоприятны в данных условиях. Кто обладает худшими качествами – погибает и (или) не оставляет потомства. Полезные наследственные изменения постепенно накапливаются у определенной группы живых организмов. Такое накопление изменений в ряде поколений может привести к появлению новой жизненной формы, систематической группы (вид, семейство, класс и т. д.).



Эволюция, наследственность, изменчивость, борьба за существование, естественный отбор, избыточная численность, наследственная изменчивость, мутация.



Знание и понимание

1. Что такое *естественный отбор*?
2. Назовите три причины эволюции.

Применение

1. Определите связь между естественным отбором и наследственной изменчивостью.
2. Объясните, почему живые организмы конкурируют на нашей планете.

Анализ

1. Докажите на примерах, к чему приводит генетическое разнообразие видов и особей одного вида.
2. Оцените значение явления. Каким было бы сейчас суждение общества о процессах усложнения жизненных форм, если бы Ч. Дарвин и все последующие ученые после него так и не объяснили бы причины эволюции?

Синтез

1. Порассуждайте, происходил ли бы процесс эволюции без изменчивости, если существуют только борьба за существование и естественный отбор.
2. Смоделируйте ситуацию. У рыжей пары львов в потомстве из трех котят рождается один белый львенок. Примером чего это является?

Оценка

1. Выскажите мнение, как изменились бы условия жизни, если бы численность потомства живых организмов не превышала численности родителей? Сохранилась бы жизнь? Происходила бы эволюция?
2. Обсудите. Возможен ли процесс эволюции, если бы изменчивость существовала, а наследственность нет? То есть все приобретенные (в ходе мутаций, комбинаций и модификаций) изменения носили бы ненаследственный характер.

§ 55. Возникновение современной теории эволюции

Цель изучения этой темы: объяснить роль трудов Ч. Дарвина в создании учения об эволюции.

Почему происходит эволюция? Можно ли утверждать, что все живое – результат эволюции? Почему в опытах Г. Менделя от желтых и гладких «родителей» у гибридов 2-го поколения родилось около 6% зеленых и морщинистых «потомков», не похожих ни на одного из родителей?



Что нужно повторить для успешного изучения темы? § 54 данного учебника.

Повторимся еще раз, что основная заслуга Ч. Дарвина не в формировании эволюционной теории как таковой, а в **раскрытии причин эволюции**. То, что эволюция как процесс изменения видов в сторону их приспособления к окружающей среде и постепенного усложнения существует, доказал в своей теории еще Ж. Б. Ламарк. Роль Дарвина в биологии заключается в том, что он верно объяснил причины эволюции.

Согласно его теории, эволюция живой природы происходит по трем взаимосвязанным причинам: борьба за существование и естественный отбор, с одной стороны, и наследственная изменчивость – с другой (рис. 81).

Каждое живое существо дает потомков больше, чем способно прокормиться на данной территории. Это явление называется **избыточной численностью**. В результате между всеми живыми существами возникает конкуренция, названная Дарвином **борьбой за существование**. Результатом всех видов борьбы за существование является естественный отбор, т. е. выживание одних (более приспособленных к окружающей среде) организмов и вымирание других (менее приспособленных). **Дарвин считал естественный отбор главным эволюционным фактором.**

Параллельно эволюцию обеспечивают такие общие свойства живого, как наследственность и изменчивость. Благодаря **наследственности** по-



Рис. 81. Причины эволюции

томки сохраняют некоторые признаки своих предков. Однако они очень редко бывают точной копией кого-то из родителей, так как существует явление изменчивости. **Изменчивость** – это общее свойство живых организмов чем-либо отличаться от своих предков. Наследственность и изменчивость неразделимы и являются двумя сторонами одной медали. У них одни и те же молекулярно-генетические механизмы, во времена Дарвина науке еще не известные.

Если у живых организмов появляются какие-либо изменения, благоприятные в данных условиях, то эти организмы получают преимущество в борьбе за существование и будут сохраняться в ходе естественного отбора. Потомство, оставленное такими особями, будет более многочисленным. Даже если не все потомки унаследуют полезные признаки, все равно живых организмов с новыми полезными изменениями будет становиться все больше и больше с каждым поколением. Так через некоторое время (возможно, через тысячелетия) появятся новые виды живых организмов. Накопив различные изменения, полезные в данных условиях, эти новые виды будут более совершенными по сравнению с материнскими.

Если же появятся какие-то вредные в данных условиях изменения, то организмы с такими изменениями погибнут в ходе естественного отбора или будут очень малочисленными (рис. 81). Реагируя на изменения условий окружающей среды, живым организмам приходится «переприспосабливаться» или «переадаптироваться».



В процессе **искусственного отбора** человек специально скрещивает организмы с полезными для него признаками и исключает из процесса размножения особей с вредными или бесполезными признаками. Конечно, в результате искусственного отбора образуются не новые виды, а только сорта растений и породы животных. Однако процесс искусственного отбора идет гораздо быстрее естественного. Его результаты проявляются уже через 3–4 поколения. Это происходит потому, что

скрещиваются только те организмы, которые обладают признаками, нужными человеку. Все остальные либо уничтожаются, либо не допускаются к размножению. Ведь никому в голову не придет специально разводить коров, дающих мало молока, или выращивать плодовые деревья, не дающие плодов. Скорее всего, от них быстро избавятся.

«Недостатки» теории Дарвина. В этом пункте речь пойдет не об ошибках теории естественного отбора, а о ее «недостатках» в значении «недостаточность». Во времена Дарвина сами данные биологической науки были недостаточны. Они еще не позволяли судить о механизмах передачи признаков по наследству. И хотя Г. Мендель совершил свои гениальные открытия в 1865 г., они не получили еще широкой известности. Мендель умер в 1884 г., так и не узнав, что с 1901 г. он станет считаться основателем новой науки о закономерностях наследования признаков – **генетики**. Во времена Дарвина никто из ученых так и не смог до конца осмыслить и доказать, как и почему те или иные изменения передаются в следующих поколениях. Таким образом, самым слабым местом в теории естественного отбора оставались наследственные механизмы появления и передачи полезных признаков следующим поколениям.

Роль генетических открытий в формировании современной эволюционной теории. Ранее вы изучили генетические закономерности и механизмы передачи признаков по наследству. Вы хорошо знаете, что материальным носителем наследственных признаков являются молекулы ДНК, которые входят в состав хромосом всех живых организмов.

Иногда генетическая информация, записанная в ДНК, может меняться. Если появившиеся изменения отсутствовали у родителей – это *мутация*. Причины мутаций различны. Это могут быть ионизирующая радиация, вирусы, ультрафиолетовое излучение, высокочастотные электромагнитные поля, некоторые химические вещества (в том числе и лекарственные препараты) и многое другое. Возникшие вследствие мутаций изменения всегда случайны. Они скорее похожи на «ошибки» при переписывании (репликация, или самокопирование) ДНК, чем на кем-то продуманные изменения. Поэтому большинство мутаций (более 99%) являются вредными, но встречаются и полезные.

Главное понять, что, возникнув однажды в виде изменения ДНК, мутация уже не исчезнет. Она будет передаваться следующим поколениям при размножении. Изменения, возникшие в ДНК, не «разбавляются» и не исчезают сами собой, пока живы особи, содержащие в клетках мутировавшую молекулу ДНК.

Если в ходе мутаций возникли новые изменения, полезные в данных условиях окружающей среды, особи-мутанты сохраняются отбором. Они оставляют более многочисленное потомство, обладающее данной полезной мутацией и обеспеченными ею полезными свойствами.

Если же особи получают вредные мутации, они либо погибают, либо их потомство становится все более малочисленным.

В формировании современной *синтетической эволюционной теории* большую роль сыграли несколько ученых. Первым был русский генетик-эволюционист **С. С. Четвериков** (1880–1959). В 1926 г. он впервые объяснил процесс эволюции с учетом генетических механизмов. В 1930 г. вышла работа английского исследователя **Р. Фишера** «Генетическая теория естественного отбора». Фишер объединил в одном учении достижения генетики и дарвинизма, утвердив таким образом синтетическую эволюционную теорию. В середине XX в. американский ученый **Дж. Симпсон** и англичанин **Дж. Хаксли** показали в своих работах, что естественный отбор – более важный фактор эволюции, чем мутации. Тем самым они еще раз подтвердили верность идей Ч. Дарвина.



Борьба за существование, ДНК, естественный отбор, избыточная численность, изменчивость, наследственность, мутации, синтетическая эволюционная теория.



Знание и понимание

1. Назовите главную, по мнению Ч. Дарвина, причину эволюции.
2. Перечислите причины эволюции по Ч. Дарвину.

Применение

1. Какова роль наследственности и изменчивости в процессе эволюции?
2. Почему естественный отбор считается следствием борьбы за существование? Какова его роль в процессе эволюции?

Анализ

1. Как взаимосвязаны движущие силы эволюции?
2. Почему происходит процесс постепенного совершенствования живого в зависимости от условий окружающей среды?

§ 56. Борьба за существование: внутривидовая, межвидовая, абиотическая

Цель изучения этой темы: описать роль разных видов борьбы за существование в формировании естественного отбора.

Можете ли вы привести примеры конкуренции между животными или растениями? Что вам известно о борьбе за выживание или борьбе за существование? Почему между живыми организмами происходит конкуренция или борьба? Почему бы всем живым организмам не «жить дружно»?



Что нужно повторить для успешного изучения темы? § 55 данного учебника.

Ч. Дарвин считал, что *борьба за существование* является следствием двух взаимоисключающих причин:

- 1) неограниченной способности живых организмов к размножению;
- 2) ограниченности природных ресурсов.

Под «борьбой» подразумевается не прямое столкновение особей, приводящее к вытеснению одних из них. Это весь комплекс сложных взаимоотношений живых организмов, включающий и взаимопомощь, и пассивную конкуренцию, и весь спектр симбиотических отношений. Традиционно борьбу за существование подразделяют на три вида: внутривидовую, межвидовую и борьбу с абиотическими факторами.

1. Внутривидовая борьба протекает между особями одного вида. Примером такой борьбы могут служить брачные турниры оленей или других животных (рис. 82) и конкуренция растений одного вида за свет в сосновом или еловом лесу. Считается, что внутривидовая – это самая острая борьба, так как в ходе этой борьбы погибает больше всего особей. У многих млекопитающих она начинается еще до рождения. У многоплодных зверей (мыши, собаки) в одном помете обычно несколько детенышей. Они неодинаковы по массе и размерам. Это свидетельствует о том, что уже на эмбриональном уровне родные братья и сестры конкурируют за питательные вещества, поступающие из организма матери через плаценту. Тот из детенышей, которому достается больше питательных веществ и чье развитие идет быстрее, имеет больше шансов родиться более здоровым и сильным.

После рождения процесс конкуренции обостряется. Например, птенцы в одном гнезде конкурируют за пищу, принесенную родителями. Чем больше у одной пары животных потомков в один сезон, тем острее протекает между ними внутривидовая борьба за существование. Так, было замечено, что процент смертности в пометах морских свинок зависит от количества родившихся детенышей. Наибольшее количество погибших детенышей наблюдается

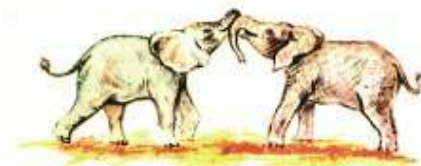


Рис. 82. Внутривидовая борьба

в пометах с максимальным числом особей. Такой механизм препятствует перенаселению (табл. 13).

Таблица 13

Соотношение количества детенышей и их смертности

Число родившихся особей	2	3	4	5	6
% смертности	22%	27%	38%	45%	70%

Подобное положение существует не только у животных, но и у растений. Следовательно, существует жесткая внутривидовая конкуренция. Чем больше особей одного вида на данной территории, тем острее борьба и выше смертность.

Когда говорят о внутривидовой борьбе, то называют три основных направления: за пищу, за внимание самки, за территорию.

У растений борьба за полового партнера носит условный характер, особенно у самоопыляемых видов.

2. Межвидовая борьба происходит между особями разных видов. Классическим примером служат взаимоотношения «хищник – жертва» (волк – заяц, кот – мышь). Это самые разнообразные и многоплановые взаимодействия. Сюда относятся и отношения паразитов с хозяином, конкуренция близкородственных видов, которые нуждаются в сходных условиях, например разных видов антилоп в саванне. Среди растений такой вид конкуренции ярко выражен у систематически далеких групп. Так, в лесу конкурируют лиственные и хвойные растения (сосна и береза), а на лугу – однодольные и двудольные (пырей ползучий и клевер). Принято считать, что борьба за существование острее протекает между близкородственными видами или видами, нуждающимися в сходных условиях. Ведь они конкурируют не только за пищевые ресурсы, но и за территорию.

Внутривидовую и межвидовую борьбу можно разделить на прямую и косвенную. При *прямой борьбе* происходит открытое столкновение особей. Многие животные сражаются за территорию (медведи, львы). В результате бескормиды, например у щук, или в силу других причин (смена вожака в прайде львов) взрослые особи уничтожают молодняк своего же вида.

Косвенная борьба происходит без открытых столкновений. Так конкурируют перелетные птицы. При заселении мест гнездования у них может и не возникать открытых столкновений. Самым «быстрым», раньше вернувшимся с зимовки, достанутся лучшие участки. Еще больше примеров внутривидовой косвенной борьбы у растений. Так, ветроопыляемые виды продуцируют больше легкой пыльцы и вытесняют своих сородичей, у которых пыльцы оказалось недостаточно.

А при опылении насекомыми преимущество получают самые привлекательные для насекомых-опылителей цветы.



Следует отметить, что в борьбе за существование всегда присутствует элемент случайности. Возможны несчастные случаи. Например, животные, оказавшиеся в эпицентре лесного пожара, непременно гибнут, хотя они могли быть гораздо лучше приспособлены, чем те, что оказались на достаточном расстоянии от эпицентра и спаслись. Таким образом, иногда хорошо приспособленные особи могут погибнуть, а хуже приспособленные – выжить и оставить потомство. Большую роль играет и вмешательство человека. Ведь охотник пытается застрелить самого крупного зверя, а заготовитель – собрать самые крупные растения, осуществляя тем самым *противоестественный отбор*. Но все эти исключения не отменяют правила: в борьбе за существование выживают лучше приспособленные.

3. Борьба с абиотическими факторами (с неживой природой) включает в себя все сложные и разнообразные взаимоотношения организмов с окружающей их средой. Это борьба за выживание в природных катаклизмах (наводнения, ранние заморозки, продолжительные снегопады, выброс вулканических газов и т. д.); приспособление к резкой смене суточных температур в горных районах; к сезонным изменениям (сброс листвы, спячка или линька); адаптация к истощению почвы или избытку в ней каких-либо элементов, избыточному или недостаточному увлажнению и т. д.

Таким образом, в ходе борьбы за существование выживают и оставляют потомство особи, лучше приспособленные к условиям окружающей среды. Острее всего протекает внутривидовая борьба, а две другие формы зачастую усиливают ее. 100% -ного уничтожения всех особей с неблагоприятными признаками в результате случайностей не происходит. Часть из них все-таки сохраняется и оставляет немногочисленное потомство. Борьба за существование приводит к естественному отбору.



Причины эволюции, борьба за существование, естественный отбор, наследственная изменчивость, внутривидовая борьба, межвидовая борьба, борьба с абиотическими факторами.



Знание и понимание

1. Опишите виды борьбы за существование.
2. Дайте определение понятию «избыточная численность».

Применение

1. Сравните причины межвидовой и внутривидовой борьбы за существование.
2. Назовите две взаимоисключающие причины борьбы за существование.

Анализ

1. Выскажите ваше мнение о причинах, почему в абиотической борьбе «элемент случайности» выше, чем при внутривидовой и межвидовой борьбе.
2. Докажите на примерах, что внутривидовая борьба протекает острее всего.

Синтез

1. Оцените роль «элемента случайности» в эволюционном процессе.
2. Как взаимосвязаны все виды борьбы за существование и другие причины эволюции? Систематизируйте полученные знания.

Оценка

1. Объясните, почему сорта растений и породы животных, созданные людьми, проигрывают в борьбе за существование в дикой природе.
2. Оцените, какой отбор ведет человек в дикой природе. К каким последствиям это приводит?

§ 57. Роль изменчивости в эволюционном процессе (мутационная, комбинативная)

Цель изучения этой темы: охарактеризовать роль изменчивости как движущей силы эволюции.

*Какой из факторов эволюции Ч. Дарвин считал самым главным? Кто выживает в ходе естественного отбора? Что такое **изменчивость**? Какие два типа изменчивости существуют? Что достигается в результате модификационной, мутационной и комбинативной изменчивости?*



Что нужно повторить для успешного изучения темы? § 50 – учебник для 7 класса; § 50 – учебник для 8 класса.

Эволюционная теория Ч. Дарвина называется также теорией естественного отбора. Отбор сохраняет тех, кто лучше приспособлен к условиям окружающей среды. Но если бы все организмы были одинаковы, отбору было бы не из кого выбирать. Благодаря явлению изменчивости организмы разнообразны и индивидуальны. Поэтому верно утверждение, которое гласит, что *«естественный отбор идет на основе наследственной изменчивости»*.

При **наследственной изменчивости** особь не только отличается от своих сородичей, но и передает эти изменения по наследству. Вид изменчивости связан с появлением совершенно новых наследственных признаков организма – *мутационных*. В результате случайных процессов нарушается ход репликации или мейоза, возникают мутации и появляются новые

наследственные свойства. При *комбинативной изменчивости* уже имевшиеся у родителей и их предков гены и признаки по-новому комбинируются у потомков.

Кроме наследственной есть и *модификационная* – **ненаследственная изменчивость**. При ее прохождении изменения не касаются молекул ДНК – генов и хромосом. Так, при недостатке питательных веществ особи почти никогда не бывают крупными.

Изменчивость поставляет материал для отбора. Пока существует изменчивость, особи даже одного вида, пола и возраста будут неоднородны. Следовательно, в дикой природе одни особи будут приспособлены лучше, а другие – хуже. Так отбор позволяет сохранять для размножения особей с лучшими наследственными качествами, выбраковывая тех, у кого проявились нежелательные признаки (рис. 83).

Роль изменчивости в эволюционном процессе. Модификационная изменчивость не играет какой-либо существенной роли в эволюции, так как не передается следующим поколениям. Но эти изменения чрезвычайно важны. Они способствуют выживанию особей при резком изменении условий. Невозможно представить себе, например, чтобы в результате засухи или кислотного дождя растения не сбросили листьев. Если бы этого не произошло, они непременно погибли бы.

Наследственная изменчивость – это одна из важнейших причин эволюции. Эволюция – не что иное, как процесс появления **новых** жизненных форм. Но если представить отсутствие изменчивости как таковой, то живые организмы были бы неизменны. Ничего **нового** и появиться бы не могло. Наследственная изменчивость поставляет материал для отбора, а естественный отбор «выбирает» из этих изменений наиболее выгодные в данных условиях. Ч. Дарвин называл отбор «главным фактором эволюции». Вернее будет сказать, что отбор – направляющий фактор. Но сам процесс эволюции без наследственной изменчивости невозможен.

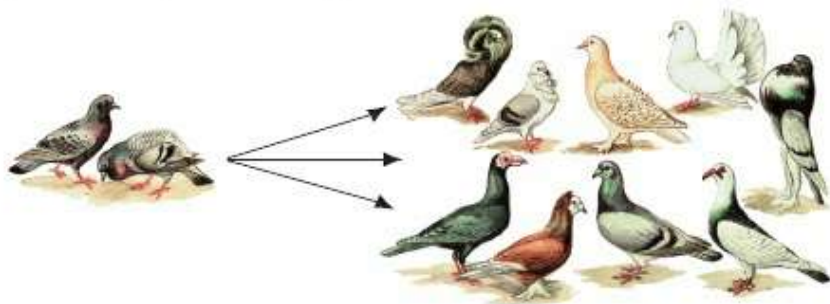


Рис. 83. Все породы голубей имеют одного дикого предка



Борьба за существование, эволюция, наследственная изменчивость, мутационная, комбинативная и модификационная (ненаследственная) изменчивость.



Знание и понимание

1. Дайте определения *наследственной, ненаследственной, комбинативной и мутационной изменчивости.*
2. Объясните, почему без изменчивости не происходит эволюция.

Применение

1. Опишите роль мутаций в эволюции.
2. Сравните роль мутаций и комбинаций в эволюции.

Анализ

1. Докажите на примерах, что роль мутационной изменчивости для отдельных особей может быть как положительной, так и отрицательной.
2. Проанализируйте процесс накопления в популяции сочетаний полезных признаков на основе комбинативной изменчивости.

Синтез

1. Порассуждайте, если бы вы выполняли роль «отбора», смогли бы вы выбрать «лучших из лучших», если в качестве материала вам были бы предложены монеты достоинством в 20 тенге, только что сошедшие с конвейера монетного двора. Как нужно изменить условия, чтобы «отбор» стал возможен?
2. Напишите эссе о роли изменчивости в эволюции.

Оценка

1. Выстройте в верной последовательности разные причины эволюции. Как соотносятся на вашей схеме отбор и изменчивость? Ответ аргументируйте.
2. Объясните значение ненаследственных изменений в природе.

§ 58. Естественный отбор, его формы (движущая и стабилизирующая)

Цель изучения этой темы: охарактеризовать роль естественного отбора как движущей силы эволюции.

Почему теорию Дарвина часто называют теорией естественного отбора? Кто выживает в ходе этого процесса? Возможен ли естественный отбор без избыточной численности и борьбы за существование?



Что нужно повторить для успешного изучения темы? Параграфы этой главы.

Естественный отбор – движущая сила эволюции. Это центральное понятие эволюционной теории Чарлза Дарвина, основная движущая сила

исторического развития живой природы. **Естественный отбор** – это результат борьбы за существование, процесс выживания более приспособленных организмов в природных популяциях. Прочитав самого Дарвина: «Естественный отбор действует исключительно путем сохранения и накопления изменений, благоприятных при тех органических и неорганических условиях, которым каждое существо подвергается во все периоды своей жизни. Окончательный результат обнаруживается в тенденции делаться более и более совершенным по отношению к окружающей организм условиям».

Например, наши пустынные растения, такие как саксаул и верблюжья колючка, имеют длинные корни (уходящие иногда на глубину свыше 10 м), мелкие чешуевидные или видоизмененные листья, плотные сухие стебли. Это позволяет существовать в условиях постоянного недостатка влаги.

Предпосылки естественного отбора. Причиной естественного отбора служат избыточная численность особей и, как ее следствие, – борьба за существование. Можно сказать, что естественный отбор – это совокупный результат всех видов борьбы за существование в каждую единицу времени, действующих повсеместно и непрерывно на каждое живое существо в отдельности и на все виды, обитающие на планете, в целом. Таково всеобъемлющее действие естественного отбора.

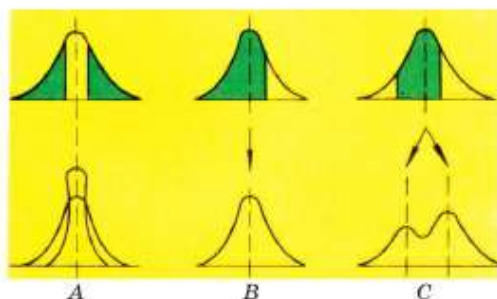
Механизм действия естественного отбора. Естественный отбор идет на основе наследственной изменчивости, сохраняя полезные в данных условиях изменения и ликвидируя ненужные, вредные. Но следует помнить, что в процессе отбора не выбираются отдельные признаки. Действие отбора направлено на выбор особей или видов, обладающих всем комплексом наиболее благоприятных признаков. То есть не на один какой-то признак, а на весь комплекс признаков, определяющих выживание особей в ходе конкуренции. Например, красивый цветок привлекает больше насекомых-опылителей, и, следовательно, он должен оставить более многочисленное потомство с этим полезным качеством. Но если его корни слабо развиты и не могут извлечь достаточно влаги из почвы, то такое растение погибнет, несмотря на красоту цветка. Можно отследить, как действует отбор в отношении какого-либо признака. Но при этом надо учитывать, что и все другие признаки у организмов тоже подвергаются постоянному действию отбора. На более или менее одинаковых организмах, у которых большинство признаков похожи и только один или несколько отличаются, отбор будет проходить именно по этим различающимся признакам.

Результатом естественного отбора является высокая приспособленность организмов к условиям окружающей среды. Причем приспособления могут быть очень и очень разнообразными.

Рис. 84. Формы естественного отбора:

- A* – стабилизирующий;
B – движущий;
C – разделительный.

Зеленым цветом сверху показано действие отбора, вымирание особей; желтым внизу – сохранение или выживание



В зависимости от того, какой показатель признака сохраняется в популяции, естественный отбор подразделяется на три типа: движущий, стабилизирующий и дизруптивный, или разделительный (рис. 84).

1. Движущий, или направленный, отбор имеет место там, где *получают преимущества и сохраняются особи с отклонением от средней нормы в каком-либо одном направлении или с каким-либо одним крайним показателем*. Так, у многих видов наружных паразитов (вши, блохи, клещи) отбор велся на уменьшение размеров тела. Более мелкие паразиты выживали лучше и, следовательно, оставляли более многочисленное потомство. У копытных отбор велся на скорость бега. Чем выше скорость, тем больше шансов выжить в борьбе против хищников, в экстремальных условиях, например при пожаре и др. Этой же цели служило у них и уменьшение количества пальцев. У парнокопытных (сайгаки, джейраны) их осталось по 2, а у непарнокопытных (куланы, тарпаны, лошади Пржевальского) – по одному.

У растений движущий отбор шел в направлении увеличения фотосинтезирующей поверхности и повышения эффективности фотосинтеза. Так, если мы сравним основные фотосинтезирующие органы – листья – у мхов, папоротников, хвойных и цветковых (такова их эволюционная последовательность), то увидим тенденцию к увеличению их совокупных размеров. У многих растений жаркого климата вместе с уменьшением листьев как органа испарения стали фотосинтезировать другие части растения. Например, стебель у кактусов или молодые побеги у эфедры.

Так при движущем отборе происходит постепенное неуклонное изменение какого-либо показателя в сторону его увеличения или уменьшения.

2. Стабилизирующий отбор имеет место там, где *сохраняются особи со средним показателем, а с крайними отклоняющимися признаками вымирают*. Примером могут служить птицы, выживающие после бури (исследования проводились в Англии в XIX в. и Америке в XX в.). Было замечено, что во время бурь и снегопадов погибали птицы, имевшие самые крупные и самые мелкие крылья, а со средними крыльями выжи-

вали. У растений стабилизирующий отбор часто проявляется в сроках цветения. Это заметно на садовых растениях нашей страны, таких как абрикос, яблоня, виноград и др. Раннецветущие деревья и кустарники рискуют попасть под весенние заморозки, а самые поздние – не успеть поучаствовать в опылении и созревании семян.

Таким образом, при стабилизирующем отборе сохраняются организмы со средней установившейся нормой. Стабилизация отбора свидетельствует о хорошем приспособлении вида к данным условиям. Вид, находящийся под действием стабилизирующего отбора, может долго сохраняться неизменным, если не изменятся условия. Крупные работы по изучению стабилизирующего отбора проводил выдающийся советский зоолог и эволюционист **И. И. Шмальгаузен**.



Естественный отбор, движущий и стабилизирующий.



Знание и понимание

1. Дайте определение, что такое естественный отбор как процесс.
2. Как вы понимаете результаты действия отбора?

Применение

1. Сравните результаты действия движущего и стабилизирующего отбора.
2. Объясните причины естественного отбора.

Анализ

1. Выскажите ваше мнение о причинах, почему именно естественный отбор Ч. Дарвин считал главным эволюционным фактором. Согласны ли вы с ним и почему?
2. Докажите на примерах различия между движущим и стабилизирующим отбором.

Синтез

1. Систематизируйте по критериям описанные виды отбора, выдвиньте максимально возможное число критериев сравнения.
2. Оцените, можно ли определить тип отбора, анализируя вариационные кривые одного вида, сделанные, например, раз в 50 лет. Ответ аргументируйте.

Оценка

1. Как вы считаете, будет ли преобладать определенный вид отбора при: а) полиплоидии; б) резко изменившихся условиях; в) стабильных условиях; г) увеличении числа хищников или паразитов? Ответ аргументируйте.
2. Оцените, какой вид отбора и почему будет происходить у архебактерий, существовавших уже ≈ 3 млрд. лет назад, или у скорпионов (≈ 400 млн. лет). Кто изучал этот вид отбора?

§ 59. Приспособленность в результате естественного отбора

Цель изучения этой темы: описать роль приспособленности как пример адаптации организмов в результате естественного отбора.

Что такое «эволюционный успех» или «эволюционная неудача»? Всегда ли выживание особи можно считать эволюционным успехом? Какие приспособления существуют у верблюда для жизни в пустыне?



Что нужно повторить для успешного изучения темы? Параграфы этой главы.

Приспособленность, т. е. **адаптация**, – свойство живых организмов приобретать такие особенности в строении, поведении и физиологии, которые повышают выживаемость в конкретных условиях окружающей среды.

Еще Ж. Б. Ламарк заметил, что живые организмы вынуждены приспособляться к тем условиям окружающей среды, в которых они существуют. В теории Ч. Дарвина понятие «приспособленность» было развито и дополнено. Каждый живой организм стремится извлечь максимальную пользу из окружающей его природной среды и не вступать с ней в противоречия. Задача всех живых существ – найти свою *экологическую нишу*, в которой борьба за существование будет менее острой. Таким образом, **один из результатов эволюции – приспособленность живых организмов к условиям окружающей среды.**

Окружающая среда – это весь комплекс живых и неживых объектов, сложно взаимодействующих и оказывающих влияние друг на друга. Заяц, обитающий в лесу, напрямую взаимодействует с растениями и с лисицей. Но косвенно (через растения) он взаимодействует с почвой, ее микрофлорой, количеством влаги и т. д. Любые животные и растения могут служить примером приспособленности. Кто не смог приспособиться, те вымерли. Так, у пустынных растений листья мелкие или же видоизменены в колючки. Это способствует сокращению испарения, сохранению влаги. Окраска многих насекомых зависит от окружающей среды. Сорняки нередко подражают по цвету и форме культурным растениям. Направлений приспособления организмов множество.

1. Пищевая специализация. Многие виды животных возникли именно благодаря тому, что из-за бескормицы и обострения внутривидовой борьбы за существование часть особей смогла перейти на новые источники питания. Так, большая синица питается крупными насекомыми. Лазоревка добывает мелких насекомых из-под коры деревьев. Хохлатая синица поедает семена хвойных. А гаичка питается насекомыми средних

размеров и т. д. Таким образом, разные виды рода синиц могут сосуществовать даже на одном дереве, не мешая друг другу.

2. Климатические приспособления. Широкий диапазон приспособлений возник у организмов в связи с жизнью в экстремальных природных условиях. Отдельно можно рассматривать приспособления животных и растений севера к холоду, а животных и растений пустыни к недостатку влаги и высоким температурам.

3. Покровительственная окраска. Можно выделить три основных типа покровительственной окраски: *маскировка*, *мимикрия* и *демонстрация*. Некоторые авторы маскировку и мимикрию не разделяют.

Маскировка включает:

- 1) криптическую окраску – под цвет окружающего фона (рис. 85);
- 2) расчленяющую окраску – теряется контур целого тела (полосатые зебры и тигры; пятнистые леопарды и олени);
- 3) скрадывающую противотень – имитируется игра света и тени (у большинства рыб брюхо светлое, а спина темная).

Мимикрия (подражательное сходство) – когда незащищенное животное или растение подражает неживому объекту, а также более защищенному или несъедобному организму (рис. 86, 87). Так, осиные мухи окрашены под жалящих перепончатокрылых – ос, пчел и шмелей. Яйца кулика-сороки сходны по окраске и форме с галькой. Палочник похож на веточку растения. Морской конек похож на водоросли.

У растений тоже есть примеры проявления мимикрии. Так, ловчие аппараты насекомоядных растений непентеса и росянки напоминают причудливые цветки, привлекая насекомых. Цветки некоторых орхидей похожи на самок насекомых-опылителей не только по окраске и форме, но и по запаху. Привлеченные таким сходством самцы переносят пыльцу этих растений.

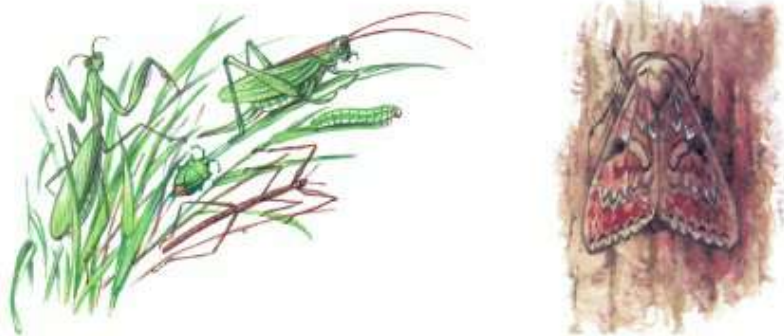


Рис. 85. Криптическая окраска гармонирует с фоном



Рис. 86. Бабочка-стеклянница (1) и муха-журчалка (2) похожи на осу (3)

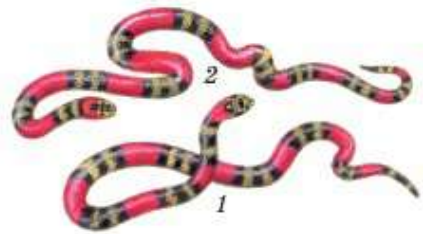


Рис. 87. Неядовитый американский уж (1) похож на ядовитого кораллового аспида (2)

Демонстрация – это способ напугать или озадачить противника. В основном это яркая окраска с контрастными пятнами или другим рисунком (божья коровка, клоп-солдатик) (рис. 88). Так поступают кобры и ушастые круглоголовки, раздувая капюшон (рис. 89). Песчаные круглоголовки, как и многие другие виды, сочетают демонстрацию и маскировку. Со спины они окрашены в серо-желтый цвет под песок, а брюшко бывает от ярко-зеленого до синего цвета. Таким образом, если маскировка не помогла, при нападении они переворачиваются на спину и демонстрируют яркое брюшко, не характерное для цветовой гаммы пустыни. Если несколько опасных или несъедобных видов подражают друг другу (жалящие перепончатокрылые, божьи коровки и клопы-солдатики), говорят, что они образуют *кольцо мимикрии* (рис. 88, 89).

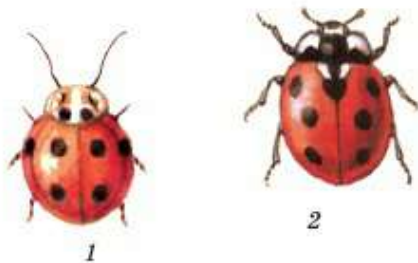


Рис. 88. Таракан (1) похож на божью коровку (2)



Рис. 89. Ушастая круглоголовка в позе угрозы



4. Приспособление цветковых растений к перекрестному опылению. С появлением цветка как органа размножения степень комбинативной изменчивости у семенных растений серьезно повысилась. Растения подразделяются на ветроопыляемые, насекомоопыляемые, водоопыляемые и зооопыляемые. У самоопыляющихся видов опыление и оплодотворение происходят внутри закрытого цветка. Растения, опыляемые ветром, обычно имеют невзрачные цветки, распускающиеся еще до появления листьев (карагач, клен, тополь), и много мелкой легкой пыльцы. Водные растения приспособлены к распространению пыльцы водой. В пылинках у них есть воздушные полости для повышения плавучести. Цветки же устроены так, чтобы при прохождении через многочисленные лепестки и чашелистики пыльца направлялась к пестику. Насекомоопыляемые растения, бесспорно, господствуют среди цветковых. В данном случае мы наблюдаем пример **козволюции** (совместные эволюционные изменения двух генетически не связанных видов), т. е. совместной эволюции в результате взаимодействия. Насекомые – самые многочисленные животные нашей планеты. Цветковые растения – самая прогрессивная, многочисленная и разнообразная группа растений. И хотя они уступают насекомым и по числу видов, и по степени распространения, тем не менее цветковые переживают сейчас максимальный биологический прогресс. Причин биологического прогресса насекомых и цветковых растений, конечно, множество. Одной из основных можно считать их козволюцию.

Существует множество и других типов приспособленности. В качестве примеров можно назвать такие:

- изменение формы тела целого организма (камбала, дельфины) или отдельных его частей и органов;
- терморегуляторные приспособления;
- большая плодовитость;
- забота о потомстве и т. д.

В результате приспособленности каждый вид приобрел те специфические качества и свойства, которые облегчили бы его существование в данных конкретных условиях окружающей среды. Если вы представите себе лапы и клювы разных птиц (дневные хищники, страусы, пингвины, пеликаны, фламинго, гусеобразные и т. д.), то легко убедитесь, что они приспособлены именно к тем условиям, в которых обитают. Ч. Дарвин под приспособленностью понимал *относительную целесообразность*. Именно поэтому большинство организмов, живущих в толще воды, имеют обтекаемую форму тела (акулы, дельфины и костные рыбы), а придонные – уплощенную (камбала, скат, морские звезды). Примером максимального сходства в строении в результате обитания в одинаковых условиях служат колибри и колибровый бражник. Эти птица и бабочка не только живут на одной территории, но и опыляют одни и те же виды растений. Если они порхают над цветком, их просто невозможно различить. Таким образом, **приспособленность повышает выживаемость и ведет к биологическому прогрессу.**

Относительность приспособлений. Все приспособления относительны, т. е. хороши только в тех условиях, в которых сформировались. Зеленые кузнечики будут выживать лучше, чем желтые, пока трава не

пожелтеет. Потом они станут более заметны для птиц. Заяц в зимней шубке не заметен на снегу, зато хорошо виден на фоне темных стволов деревьев. При изменении условий среды самые лучшие приспособления могут оказаться бесполезными или даже вредными. Так, на планете господствовали земноводные, пока климат оставался достаточно влажным и теплым. Им на смену пришли пресмыкающиеся, хорошо адаптированные к сухому и теплему климату. Но при похолодании и их приспособления оказались непригодными. Тогда восторжествовали теплокровные – птицы и млекопитающие.

На островах, где постоянны сильные ветры (близость океана), бескрылые насекомые получают преимущество по сравнению с крылатыми. В то же время на материках, где летать безопаснее, у бескрылых форм нет шансов победить в борьбе за выживание, и они вытесняются своими крылатыми собратьями.

Любые приспособления относительно и дают преимущество только в тех условиях, в которых сформировались. Но при изменении условий они могут стать бесполезными или даже вредными. И если переадаптация не удастся, то неизбежен процесс гибели особей до полного вымирания.

Меньше всего менялись условия на дне океана. Такие показатели, как температура, давление, солевой состав воды и т. д., оставались более или менее стабильными. Именно здесь существуют наиболее архаичные, древние виды – морские звезды и моллюски (наутилусы). Хотя и туда приходили новые формы жизни, которые зачастую вытесняли «старожилы» в борьбе за существование.



Борьба за существование, изменчивость, окружающая среда, приспособление, адаптация, относительная целесообразность, переадаптация.



Знание и понимание

1. Что такое *приспособленность*? Отличается ли это понятие от термина *адаптация*?
2. Объясните, почему формируются приспособления. Могут ли они не формироваться?

Применение

1. Назовите причины, по которым формируются приспособления организмов.
2. Объясните значение приспособлений организмов.

Анализ

1. Проанализируйте приспособления животных и растений к жаре и засухе.
2. Докажите на примерах приспособленность организмов, основываясь на своих наблюдениях. Какова роль замеченных вами приспособлений в выживании особей?

Синтез

1. Порассуждайте, есть ли сейчас на Земле плохо приспособленные виды.
2. Оцените точку зрения: «Приспособленность всегда относительна!». Ответ обоснуйте.

Оценка

1. Выскажите мнение, что будет происходить с организмом и его приспособлениями при изменении условий среды обитания.
2. Как вы считаете, могут ли существовать абсолютные приспособления к окружающей среде? Ответ аргументируйте.



Моделирование № 7. Изучение адаптаций как результат естественного отбора (бабочка).

Задания для моделирования.

1. Внимательно прочитайте предложенный текст.
2. Рассмотрите рисунок.
3. Почему изменилась окраска бабочек?
4. Сделайте выводы о процессе адаптации в ходе естественного отбора.
5. Смоделируйте ситуацию, как изменится окраска бабочек при повторном загрязнении окружающей среды продуктами горения (копотью и сажей).
6. Предположите иные изменения окраски. Какие условия и события могут к этому привести?



Пример избирательности приспособлений –
индустриальный меланизм у бабочек

При изменении условий организмам приходится вырабатывать новые приспособления, а отбору – руководствоваться другими критериями целесообразности. Это явление хорошо иллюстрирует пример с индустриальным меланизмом у бабочек. До середины XIX в. в Англии примерно 85% березовых пядениц имели светло-серую окраску. Их темные сородичи были лучше видны на белых стволах берез и становились легкой добычей птиц. Но после того как в результате выбросов промышленных предприятий фон изменился, преимущество получили более темные бабочки. Теперь в невыгодном положении оказались светлые экземпляры, численность которых быстро сократилась (от 85% до 34%). Уже в последние десятилетия из-за введения жестких мер по ограничению промышленных выбросов в атмосферу количество светлых бабочек опять возросло. Этот пример очень ярко иллюстрирует относительность приспособлений и избирательность действия отбора, т. е. движущий отбор может начать двигаться в противоположную сторону. Например, от сохранения светлых бабочек к сохранению темных, и наоборот.

§ 60. Вид, его критерии и структура

Цель изучения этой темы: охарактеризовать структуру и критерии вида.

Назовите любой вид растений или животных, классифицируйте его. Относятся ли к одному виду собака и кошка? По какому принципу организмы объединяются в один вид?



Что нужно повторить для успешного изучения темы? § 8 – учебник для 7 класса.

Вид. Видовые критерии. Вид является основной структурной единицей в системе живых организмов. Хотя основополагающие работы проведены К. Линнеем еще в 1735 г., до сих пор в науке не существует общепринятого определения этого понятия. Наиболее приемлемо такое современное представление: **вид – это группа особей, сходных по внешним признакам и процессам жизнедеятельности, нуждающихся в одинаковых условиях, обитающих на определенной территории в виде групп – популяций и не образующих гибридов с другими видами.** Еще можно сказать, что вид – это группа особей, сходных по четырем критериям.

1. Морфологический критерий самый древний. Долгое время он оставался не просто *основным*, но и *единственным*. Именно им пользовался Карл Линней, все ученые до него и несколько поколений после него. Морфологический критерий – это сходство во внешнем и внутреннем строении. Растения одного вида имеют одинаковое строение цветка и других

органов. Животные одного вида похожи не только внешне, но и внутренне. Их сердце, легкие, мозг и другие органы устроены одинаково. Но для определения вида только морфологического критерия оказалось недостаточно. Уже в XX в. были обнаружены так называемые виды-двойники. Это абсолютно самостоятельные виды животных или растений, которые не имеют ярко выраженных внешних отличий. Различить их на основе сравнения невозможно. Например, внешне не отличимые виды тлей паразитируют на разных растениях.

2. Физиологический критерий подразумевает применение биохимических анализов и сравнение физиологических параметров у особей при определении их принадлежности к тому или иному виду. Именно так были выявлены и разграничены виды-двойники. После применения этого и генетического критериев некоторые виды, считавшиеся ранее самостоятельными, наоборот, были объединены.

3. Генетический критерий сегодня считается основным. Он включает в себя размеры, число и форму хромосом, способность свободно скрещиваться и давать плодовитое потомство, а также сроки размножения и развития зародышей, стиль брачного поведения, т. е. все, что связано с размножением (репродукцией). Именно благодаря биологической *репродуктивной изоляции* современные виды являются целостными систематическими единицами. Если бы виды могли скрещиваться между собой, то в каждом поколении появлялось бы множество разнообразных гибридов, а самих видов как таковых не существовало бы. Механизмов репродуктивной изоляции существует множество. У близкородственных видов цветковых растений, имевших общего предка, разными могут быть сроки прорастания пыльцы в пыльцевую трубку. В результате, пока спермий чужого вида стремится попасть в зародышевый мешок, яйцеклетка либо состарится, либо будет еще слишком молодой. Иногда чужеродная пыльца отличается по форме и составу оболочки, поэтому вообще не может прорасти. Но человеку в его экспериментах удалось преодолеть этот биологический барьер и создать сорта растений в результате скрещивания разных видов. У животных репродуктивные барьеры могут быть связаны с разной окраской (попугайчики), поведением в брачный период и разницей в строении хромосом и половых аппаратов.



Даже если на свет появится новое живое существо – межвидовой гибрид, это еще не значит, что он сможет дать потомство. Для успешного образования половых клеток обязательно должен пройти обмен участками между гомологичными хромосомами. У межвидовых гибридов этого не происходит, и они чаще всего навсегда остаются бесплодными, не образуют своих половых клеток. Классическими межвидовыми гибридами являются мулы и лошаки. Один из родителей этих животных – осел, другой – лошадь. Эти средних размеров особи довольно вы-

носили. Всю жизнь они сохраняют высокую работоспособность. Но они никогда не оставляют детенышей. Это происходит потому, что хромосомы лошади не гомологичны хромосомам осла. Хромосома № 1 лошади не может обменяться кусочками с хромосомой № 1 осла, так как не соответствует ей по размерам и форме. И так все остальные хромосомные пары.

4. Экологический критерий рассматривает область распространения вида, его ареал и тот комплекс природных условий, в которых нуждается данный вид организмов.

По типу расселения все виды делятся на две большие группы. Одни виды занимают крупный ареал и при этом расселены на всей его территории равномерными группами. У других видов ареал представлен изолированными, разобщенными территориями (рис. 90). Обычно это зависит от того, как, каким образом шло появление и становление каждого конкретного вида. *Популяция* – это группа особей одного вида, постоянно свободно скрещивающихся, живущих в определенной части ареала. Именно постоянное (не менее 100 поколений) свободное скрещивание приводит к тому, что у каждой популяции формируются свои уникаль-

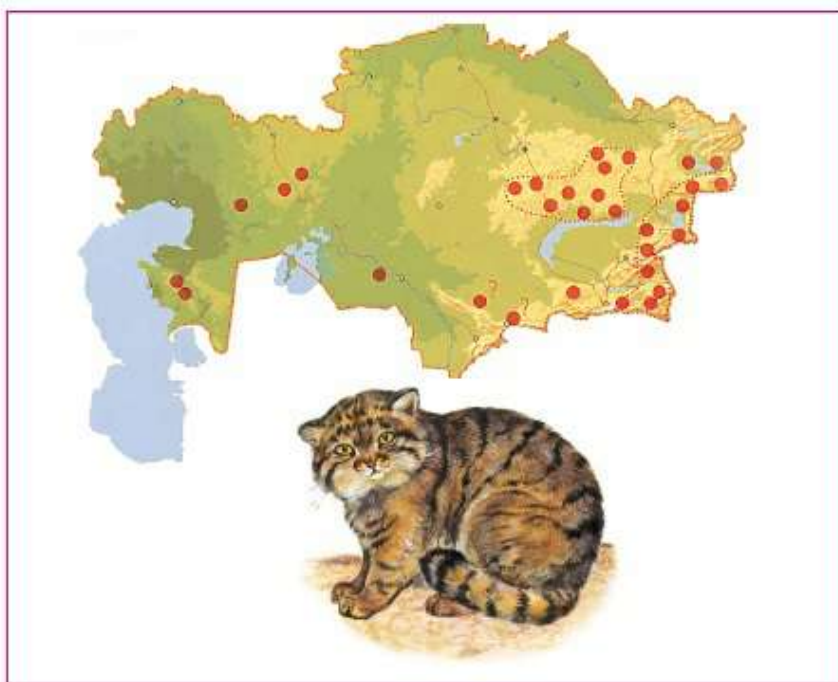


Рис. 90. Ареалы манула (Красная книга Казахстана)

ные мутации и сочетание немутантных генов, называемых *генофондом*. Теоретически особи разных популяций одного вида способны свободно скрещиваться. Но на практике это происходит нечасто из-за расстояний или естественных преград, разделяющих эти популяции. Любой вид существует в природе в виде популяций. Поэтому говорят о *популяционной структуре вида*.

При определении вида нельзя пользоваться каким-либо одним критерием. Даже если этот критерий самый древний (морфологический) или основной (генетический). При использовании одного критерия неизбежны ошибки. Для достоверного установления видовой принадлежности необходимо использовать весь комплекс критериев.



Вид, систематическая категория, бинарная номенклатура, ареал, популяция; видовые критерии: морфологический, физиологический, генетический, экологический; виды-двойники.



Знание и понимание

1. Что такое *вид*?
2. Объясните, почему необходимо применять все критерии для достоверного определения вида. Назовите их.

Применение

1. Сравните вид и популяцию.
2. Назовите, какой критерий сегодня считается основным. Почему?

Анализ

1. Выскажите ваше мнение о причинах, по которым межвидовые гибриды чаще всего бесплодны.
2. Проанализируйте, какой главный принцип объединяет особей в одну популяцию.

Синтез

1. Порассуждайте, почему морфологический критерий долгое время оставался единственным. В чем плюсы и минусы его использования?
2. Какой критерий сегодня считается основным? Охарактеризуйте его.

Оценка

1. Выскажите мнение, почему физиологический критерий можно считать следствием генетического критерия.
2. Представьте себе такую ситуацию: инопланетяне впервые увидели людей – представителей разных рас и регионов. Как вы думаете, они причислили бы людей к одному виду или к разным, и по каким критериям?

§ 61. Понятие «видообразование», его формы и механизмы

Цель изучения этой темы: объяснить процесс видообразования.

Могут ли все особи одного вида собраться в одной географической точке? Что такое **биологическая**, или **репродуктивная, изоляция**? Приведите пример. Является ли появление новых видов результатом эволюции?



Что нужно повторить для успешного изучения темы? § 60 данного учебника.

Процесс образования новых видов и их более мелких внутривидовых категорий – подвидов и популяций – называют **микроразволюцией**. В основе микроразволюции, т. е. **видообразования**, часто лежит изоляция. По этому принципу выделяют два основных типа видообразования: географический и экологический. При **географическом видообразовании** ареал исходного (материнского) вида оказывается разделен, т. е. его популяции **географически изолированы**. Например, вследствие засухи, которая длилась довольно долго, жизнь в центре Австралии стала практически невозможной. Единый когда-то вид попугайчиков оказался географически изолированным на территории двух ареалов, прижатых к побережьям разных океанов. В центре материка находилась непреодолимая, не заселенная попугаями пустыня. Когда через несколько столетий засуха отступила и обе популяции попугайчиков снова заняли центр материка, они оказались уже изолированными биологически – репродуктивно. Их хромосомы накопили много мутаций и стали сильно отличаться. Сформировались самостоятельные виды, не способные к скрещиванию. Часто географически образуются новые виды на островах, так как острова изолированы от материка и друг от друга (рис. 91).



Рис. 91. Все виды вьюрков на Галапагосских островах появились из одного предкового вида в результате географической изоляции

Иногда процесс географического видообразования – это просто ре-

Иногда процесс географического видообразования – это просто ре-

зультат расселения материнского вида на значительной территории. Так сформировались два вида сосен. Сосна сибирская (исходный материнский вид) значительно продвинулась на юго-восток и заселила Корейский полуостров. Мягкий климат Кореи сильно отличался от жесткого, континентального климата Сибири. Популяции стали накапливать мутации, полезные в этих условиях. Изменились сроки цветения, размеры семян и хвои. Постепенно (за сотни тысяч лет) сформировались два самостоятельных вида: сосна сибирская и сосна даурская.

При *экологическом видообразовании* новые формы появляются на одной территории, т. е. разрыва ареала не происходит. Процесс экологического видообразования заключается в приспособлении популяций исходного вида к разным условиям среды, постепенной их изоляции и становлении в качестве самостоятельных видов. Предположительно, этот процесс происходит реже, чем географическая изоляция, но тоже существует. Так, пищевая специализация синиц способствовала формированию пяти самостоятельных видов в неразделенном первоначально ареале (см. § 59, п. 1).

Особенно много примеров такого типа видообразования в озерных экосистемах. Ведь озеро представлено одной географической точкой. Внутри него нет и не может быть естественных барьеров. Но экологические параметры разных частей одного и того же озера различны. Так, придонный и поверхностный слой воды значительно отличаются по температуре, освещенности и химическому составу, а прибрежный и центральный районы – по количеству и типу живых организмов. В каждом из них – специфические пищевые ресурсы: в одних – разнообразные водоросли, в других – икра и молодь рыб. Исследователи доказали, что в озере Ланго (Филиппины), образовавшемся 10 тыс. лет назад, из одного исходного вида рыб возникло 18 новых видов, относящихся к пяти родам.

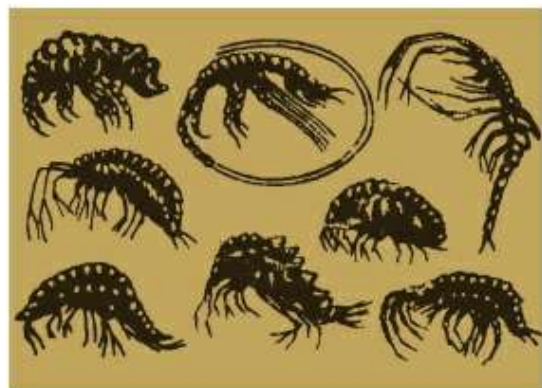


Рис. 92. Бокоплавов – эндемики Байкала

В озере Байкал (Россия), возникшем 10 млн. лет назад, существует множество эндемичных видов беспозвоночных. *Эндемики* – это организмы, живущие только в одном месте на планете. Одних только рачков-бокоплавов Байкала описано около 250 эндемичных видов (рис. 92).

При формировании определенных видов типы видообразования могут сменять и дополнять друг друга, действуя совместно или поочередно.



Вид, ареал, приспособленность, наследственные изменения, популяция, микроэволюция, подвид, видообразование географическое и экологическое, эндемик.



Знание и понимание

1. Что такое *микроэволюция*? Какими двумя путями она происходит?
2. Поясните термин *видообразование*. Почему его так называют?

Применение

1. Определите связь между ареалом исходного вида и типами видообразования (направлениями микроэволюции).
2. Опишите, каким образом чаще всего происходит видообразование на островах и в крупных древних озерах.

Анализ

1. Изобразите в виде схемы процесс географического видообразования.
2. Приведите примеры, какие виды эндемических растений и животных вы знаете, назовите места их обитания.

Синтез

1. Оцените, по какой причине в популяции накапливаются уникальные генетические особенности. За какой период времени это происходит?
2. Выскажите ваше мнение о причинах, по которым именно популяция, а не целый вид является *элементарной эволюционной единицей*.

Оценка

1. Объясните значение процессов микроэволюции в природе и в выживании отдельных групп организмов.
2. Оцените, какое видообразование случается чаще – географическое или экологическое. Ответ аргументируйте. Могут ли они сменять друг друга при образовании одного вида?

КРАТКИЙ ТОЛКОВЫЙ СЛОВАРЬ ТЕРМИНОВ

Абсорбция – накопление молекул какого-либо вещества на определенной «границе».

Азотистые основания – сложные химические вещества циклической природы, в состав которых, кроме углерода, обязательно входит азот.

Биогенная миграция атомов – процесс повторяющегося перехода элементов из неживой природы в живые организмы (последовательной миграции между разными телами особей разных видов) и последующего возвращения в неживую природу.

Борьба с абиотическими факторами (с неживой природой) – включает в себя все сложные и разнообразные взаимоотношения организмов с окружающей их средой: борьба за выживание в природных катаклизмах (наводнения, ранние заморозки, продолжительные снегопады, выброс вулканических газов и т. д.); приспособление к резкой смене суточных температур в горных районах; к сезонным изменениям (сброс листвы, спячка или линька); адаптация к истощению почвы или избытку в ней каких-либо элементов, избыточному или недостаточному увлажнению и т. д.

Внутривидовая борьба – протекает между особями одного вида.

Всасывание (или **адсорбция**) – физиологический процесс прохождения мелких молекул органических веществ, образовавшихся в ходе переваривания, через клетки кишечника в кровь и лимфу.

Генеалогический метод – метод анализа родословных, основанный на сборе всех имеющихся данных о предках и других кровных родственниках.

Генетический критерий – критерий, учитывающий размеры, число и форму хромосом, способность свободно скрещиваться и давать плодовитое потомство, а также сроки размножения и развития зародышей, стиль брачного поведения, т. е. все, что связано с размножением (репродукцией).

Гетерозис – всплеск гибридной мощности: увеличение продуктивности, жизнеспособности, плодовитости и лучшей приспособляемости гибридов.

Глобальная экология – один из разделов науки, изучающий состояние и взаимодействие живых организмов и окружающей среды на планете в целом.

Движущий, или направленный, отбор – отбор, при котором получают преимущества и сохраняются особи с отклонением от средней нормы в каком-либо одном направлении или с каким-либо одним крайним показателем.

Дигибридный тип скрещивания – скрещивание, при котором родительские формы отличаются друг от друга по двум парам признаков.

Естественный отбор – результат борьбы за существование, процесс выживания более приспособленных организмов в природных популяциях.

Инсектициды – пестициды, направленные на уничтожение членистоногих, в основном насекомых, а также некоторых клещей и пауков.

Интерфаза – период, во время которого новорожденная клетка растет и готовится к делению.

Клеточные включения – временные скопления каких-либо веществ в клетке, видимые в микроскоп. Например, в цитоплазме клеток картофеля можно

наблюдать глыбки крахмала, а в клетках семян масличных растений – капельки жира.

Клеточный центр – немембранный мелкий органод, состоящий из двух центриолей, включающих в себя по 9 триплетов микротрубочек (сократительных белков), отвечает за равномерное распределение хромосом по дочерним клеткам при размножении.

Клеточный цикл клетки – время от появления в результате деления до следующего деления (появления дочерних клеток) или смерти.

Комплекс Гольджи – мембранная структура эукариотической клетки, органоид, в основном предназначен для выведения веществ, синтезированных в эндоплазматической сети.

Контрацепция – мероприятия, направленные на предупреждение процесса зачатия, т. е. наступления беременности.

Конъюгация – процесс сближения и переплетения гомологичных хромосом.

Кроссинговер – процесс обмена участками гомологичных хромосом.

Лизосомы – мембранные пузырьки, заполненные литическими ферментами; разрушающие, растворяющие или переваривающие что-либо тельца.

Межвидовая борьба – борьба между особями разных видов.

Мейоз – способ деления, в результате которого происходит уменьшение числа хромосом и переход клеток из диплоидного состояния в гаплоидное.

Менструальный цикл – период времени, в ходе которого происходит созревание одной яйцеклетки, ее овуляция (выход из фолликула), старение и гибель (если не наступает беременность) и подготовка половой системы к созреванию следующей яйцеклетки.

Микроэволюция – процесс образования новых видов и их более мелких внутривидовых категорий – подвидов и популяций.

Митоз – способ деления клеток, когда из одной материнской образуются две дочерние клетки и набор хромосом в них не изменяется.

Митохондрии – крупные органоды, характерные для всех эукариотических клеток, состоящие из двух мембран. Именно в митохондриях образуется большая часть энергии, используемой клеткой.

Моногибридное скрещивание – процесс, в ходе которого исследуется только один признак.

Морфологический критерий – сходство во внешнем и внутреннем строении.

Мочекаменная болезнь почек – формирование в самих почках частиц нерастворимых солей (оксалатов кальция – солей щавелевой кислоты). Образовавшись в почечных пирамидках, нерастворимые частицы могут накапливаться как в самой почке – в лоханке, так и в мочеточниках.

Направленный мутагенез – процесс сознательного повышения количества мутаций.

Наследственная изменчивость – изменчивость, при которой особь не только отличается от своих сородичей, но и передает эти изменения по наследству.

Ненаследственная изменчивость – изменчивость, при прохождении которой изменения не касаются молекул ДНК – генов и хромосом.

Нефрон – структурная и функциональная единица почек человека и других позвоночных; состоит из расширенной части – капсулы (она как бы обхватывает капиллярный клубочек) и извитого канальца.

Нуклеиновые кислоты – нерегулярные биополимеры, мономером которых является нуклеотид. Нуклеотид состоит из трех различных типов веществ: азотистого основания, пятиуглеродного сахара и остатка фосфорной кислоты.

Органоиды движения – немембранные органоиды – жгутики и реснички, пронизывают мембрану клетки, выходя на поверхность, и своими движениями позволяют одиночным клеткам плыть в жидкой среде. У многоклеточных организмов обеспечивают продвижение частиц в определенном направлении.

Парниковый эффект – одна из глобальных экологических проблем, связанная с загрязнением атмосферы углекислым газом и другими выбросами.

Пестициды – специально разработанные химические вещества, которые в основном применяют для защиты сельскохозяйственных растений.

Пиелонефрит – инфекционное заболевание почек, при котором в ткани почек проникают патогенные бактерии и начинают в них размножаться, вызывая гибель клеток нефрона и воспаление.

Пирамида биомассы – соотношение масс организмов разных трофических уровней.

Пирамида чисел (или численности) – показывает количество отдельных организмов на каждом уровне.

Пирамида энергии – показывает, сколько энергии проходит по всем трофическим уровням в единицу времени.

Пищеварение – усвоение организмом питательных веществ, т. е. процесс, в результате которого белки, жиры и углеводы пищи превращаются в вещества, способные попасть в кровь и разноситься по клеткам нашего организма.

Пищеварительные ферменты – белки, ускоряющие реакции разложения пищи, т. е. переваривание органических веществ.

Пластиды – двумембранные органоиды, характерные только для растений. Важнейшие из них хлоропласты осуществляют процесс фотосинтеза, так как содержат пигмент хлорофилл.

Полиплоидия – кратное увеличение числа хромосом у особей в результате направленного мутагенеза.

Популяция – группа особей одного вида, длительно существующая на определенной территории (в среднем не менее 100 поколений). Самые важные показатели состояния популяции – ее численность, прирост, темпы прироста, плотность и др.

Приспособленность (адаптация) – свойство живых организмов приобретать такие особенности в строении, поведении и физиологии, которые повышают выживаемость в конкретных условиях окружающей среды.

Репродуктивный (биотический) потенциал – способность живого к увеличению своей численности на определенной территории в популяционной экологии.

Рибосомы – мельчайшие немембранные органоиды, характерные для всех типов клеток, синтезируют собственные белки из аминокислот, по информа-

ции, записанной в ДНК хромосом; участвуют в реализации наследственной информации.

Сопротивление среды – способность определенной территории ограничивать рост конкретной популяции.

Стабилизирующий отбор – отбор, при котором сохраняются особи со средним показателем, а с крайними отклоняющимися признаками вымирают.

Сцепленные с полом признаки – признаки, гены которых находятся в половых хромосомах. Хорошо изученными сцепленными с полом признаками являются дальтонизм и гемофилия.

Транспирация – процесс испарения воды листьями.

Трофический уровень – группа организмов, занимающая определенное положение в общей цепи питания.

Ультрафилтрация (филтрация) – процесс образования первичной мочи.

Физиологический критерий – подразумевает применение биохимических анализов и сравнение физиологических параметров у особей при определении их принадлежности к тому или иному виду.

Фитогормоны – биологически активные вещества, синтезируемые в специализированных растительных тканях (клетках) и влияющие на организм растений в микроскопических концентрациях.

Фунгициды – пестициды, направленные на уничтожение грибков – паразитов растений (и некоторых бактерий).

Цистит – инфекционное воспаление мочевого пузыря. Как правило, цистит возникает по двум причинам: 1) общее переохлаждение организма или только органов выделения и 2) восходящая инфекция, обосновавшаяся в мочевом пузыре.

Цитоплазма – вязкая жидкость – внутренняя среда клетки, ее содержимое.

Экологический критерий – рассматривает область распространения вида, его ареал и тот комплекс природных условий, в которых нуждается данный вид организмов.

Электрорецепторы – чувствительные образования у животных, способные ощущать электрические сигналы из окружающей среды, используются для поиска добычи, восприятия магнитного поля Земли и обнаружения других электрически активных особей.

Эндемики – организмы, живущие только в одном месте на планете.

Эндоплазматическая сеть (ЭПС) – внутриклеточный органоид эукариотической клетки, представляющий собой разветвленную систему из окруженных мембраной уплощенных полостей, пузырьков и канальцев.

Ядро – важнейшая часть эукариотической клетки. В ядре находятся хромосомы, состоящие из ДНК и отвечающие за наследственность, ядрышки и различные ферменты, которые нужны для сохранения и реализации наследственной информации.

Список рекомендуемой литературы

1. Азбука природы. Более 1000 вопросов и ответов о нашей планете, ее растительности и животном мире. М., 1997.
2. *Алехо Родригес-Вида*. Тело человека. Нескучная анатомия. М.: Лабиринт Пресс, 2010.
3. *Байтенов М. С.* Флора Казахстана. В 2 томах. Иллюстрированный определитель семейств и родов. Алматы, 1999.
4. Биология. Энциклопедия. М., 2003.
5. Биология. Энциклопедия для детей. Т. 2. М.: Аванта+, 1999.
6. Большая энциклопедия животного мира. М., 2004.
7. *Воробьева Е. А., Губарь А. В., Сафьянникова Е. Б.* Анатомия и физиология: Учебник/Учеб. лит. Для учащихся медучилищ. М.: Медицина, 1988.
8. Естествознание. Энциклопедический словарь. М., 2002.
9. Жизнь животных. В 6 томах. М., 1968.
10. Жизнь растений. В 6 томах. М., 1974.
11. *Залесский М.* Занимательная анатомия для детей. Интернет-книга.
12. Заповедники и национальные парки Казахстана. Алматы, 2006.
13. *Ковшарь А. Ф.* Птицы. Дороги. Люди. Воспоминания орнитолога (Очерки по истории зоологии в Казахстане: 1959–2014). Алматы, 2014.
14. *Ковшарь А. Ф., Ковшарь В. А., Грачев Ю. А., Тимирханов С. Р., Дуйсебаева Т. Н.* Позвоночные животные Казахстана. Справочник для вузов и школ. Алматы, 2013.
15. Красная книга Казахстана. Т. 1. Животные. Ч. 1. Позвоночные. Алматы, 1996.
16. Национальная стратегия и план действий по сохранению и сбалансированному использованию биологического разнообразия. 1999.
17. Окружающая среда и устойчивое развитие в Казахстане. 2004.
18. *Орловская Э. Р.* Первый палеонтологический заповедник СССР. Алматы, 1996.
19. Позвоночные животные. По страницам Красной книги Казахстана. Алматы, 2004.
20. Растительный мир Казахстана. Иллюстрированная энциклопедия. Алматы, 2004.
21. *Рябицев В. К., Ковшарь А. Ф., Ковшарь В. А., Березовиков Н. Н.* Полевой определитель птиц Казахстана. Алматы, 2014.
22. Тело человека. Детская энциклопедия. М.: Росмен, 2016.
23. Удивительный мир беспозвоночных. По страницам Красной книги Казахстана. Алматы, 2005.
24. Экология. Энциклопедия для детей. Т. 19. М.: Аванта+, 2005.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
Глава 1. КЛЕТОЧНАЯ БИОЛОГИЯ	
§ 1. Клеточные структуры.....	4
§ 2. Вычисление линейного увеличения клеток	8
Моделирование № 1. Вычисление линейного увеличения клеток с использованием микрофотографии	10
Глава 2. РАЗНООБРАЗИЕ ЖИВЫХ ОРГАНИЗМОВ. БИОСФЕРА И ЭКОСИСТЕМЫ	
§ 3. Использование бинарной номенклатуры для описания различных видов живых организмов.....	12
Лабораторная работа № 1. Определение видов растений и животных (местного региона) с помощью определителя.....	15
§ 4. Рост популяции, кривые роста	15
§ 5. Перенос энергии в экосистеме	22
§ 6. Биохимические процессы в биосфере – круговорот веществ	27
Глава 3. ВЛИЯНИЕ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ	
§ 7. Влияние добычи и переработки полезных ископаемых на окружающую среду и здоровье человека	32
§ 8. Воздействие пестицидов на окружающую среду и здоровье человека.....	37
§ 9. Парниковый эффект, истощение озонового слоя их последствия	41
Глава 4. ПИТАНИЕ	
§ 10. Процесс пищеварения и роль ферментов в нем	46
§ 11. Механизм действия ферментов	49
Лабораторная работа № 2. Исследование влияния различных условий (температура, рН) на активность фермента	53
§ 12. Эмульгирование жиров под действием желчи	54
Лабораторная работа № 3. Исследование процесса эмульгирования жиров под действием желчи	57
Глава 5. ТРАНСПОРТ ВЕЩЕСТВ	
§ 13. Сходство и различия активного и пассивного транспорта через клеточную мембрану.....	58
§ 14. Влияние внешних и внутренних факторов на транспирацию.....	62
Лабораторная работа № 4. Исследование внешних факторов: температуры, влажности и давления водяного пара, движения воздуха на процесс транспирации	66
Лабораторная работа № 5. Исследование внутренних факторов: площади испаряющей поверхности и отношения этой поверхности к объему растений (кутикула, устьица) на процесс транспирации	68

§ 15. Влияние внешних факторов на транспорт веществ по флоэме	68
Глава 6. ДЫХАНИЕ	
§ 16. Анаэробное и аэробное дыхание	73
§ 17. Процессы мышечного утомления при анаэробных и аэробных нагрузках	75
Глава 7. ВЫДЕЛЕНИЕ	
§ 18. Строение и функции нефрона	80
§ 19. Факторы, влияющие на работу почек	84
§ 20. Гигиена мочевыделительной системы	87
§ 21. Продукты выделения живых организмов	91
Глава 8. КООРДИНАЦИЯ И РЕГУЛЯЦИЯ	
§ 22. Типы и функции нейронов, синапсы и медиаторы	96
Моделирование № 2. Изучение нервной ткани	99
§ 23. Возникновение нервных импульсов и показатели их проведения в различных типах нейронов	100
Моделирование № 3. Изучение скорости возникновения и проведения нервных импульсов	103
§ 24. Электрические процессы в живых организмах	103
§ 25. Нейрогуморальная регуляция, ее механизмы и их сравнение. Адаптация организма к стрессу	108
§ 26. Система обмена информацией между мозгом и компьютером	112
§ 27. Механизмы поддержания гомеостаза	115
§ 28. Регуляторы роста и развития растений	119
Лабораторная работа № 6. Исследование влияния ауксина на растения	122
Глава 9. ДВИЖЕНИЕ	
Демонстрация. Работа основных мышц, роль плечевого пояса в движениях руки. Регуляция мышечных движений	124
Лабораторная работа № 7. Изучение процесса утомления мышц при статической и динамической работе	125
Глава 10. МОЛЕКУЛЯРНАЯ БИОЛОГИЯ	
§ 29. Принципы строения молекулы дезоксирибонуклеиновой кислоты	126
Моделирование № 4. Составление молекулы дезоксирибонуклеиновой кислоты	131
Глава 11. КЛЕТочный ЦИКЛ	
§ 30. Интерфаза и ее стадии	132
§ 31. Митоз и его фазы	135
Лабораторная работа № 8. Исследование митоза в клетках корешка лука	139
§ 32. Мейоз, его фазы. Сравнение митоза и мейоза	139
Моделирование № 5. Изучение фаз мейоза	144

Глава 12. ЗАКОНОМЕРНОСТИ НАСЛЕДСТВЕННОСТИ И ИЗМЕНЧИВОСТИ	
§ 33. Закономерности наследования признаков, выявленные Г. Менделем	145
§ 34. Цитологические основы генетических законов наследования. Моногибридное скрещивание.....	150
§ 35. Дигибридное скрещивание	155
§ 36. Взаимодействие аллельных генов: полное и неполное доминирование признаков. Анализирующее скрещивание и его практическое значение	157
§ 37. Решение генетических задач на моногибридное и дигибридное скрещивание	160
§ 38. Генетика пола, механизмы его предопределения.....	166
§ 39. Гемофилия и дальтонизм как примеры наследования, сцепленного с полом	169
§ 40. Закономерности наследования групп крови и резус-фактора у человека	171
§ 41. Генетика человека и ее методы	177
§ 42. Предупреждение наследственных заболеваний человека. Составление генеалогического древа.....	183
Моделирование № 6. Составление родословной человека.....	186
§ 43. Современные сельскохозяйственные технологии и альтернативные пути ведения высокопродуктивного сельского хозяйства.....	187
Глава 13. МИКРОБИОЛОГИЯ И БИОТЕХНОЛОГИЯ	
§ 44. Общая схема биотехнологического производства, ее значение.....	191
Глава 14. РАЗМНОЖЕНИЕ	
§ 45. Строение и функции половой системы человека	198
§ 46. Вторичные половые признаки, половое созревание. Биологическая и социальная зрелость	202
§ 47. Менструальный цикл. Роль гормонов эстрогена и прогестерона	206
§ 48. Виды контрацепции, их значение и применение.....	210
§ 49. Заболевания, передающиеся половым путем. Меры по их профилактике.	212
Глава 15. РОСТ И РАЗВИТИЕ	
§ 50. Эмбриональное развитие	217
§ 51. Влияние курения, наркотических веществ и алкоголя на развитие эмбриона человека	221
Глава 16. ЭВОЛЮЦИОННОЕ РАЗВИТИЕ	
§ 52. Этапы развития жизни на Земле.....	224
§ 53. Возникновение и развитие эволюционных представлений.	229

§ 54. Основные принципы эволюционной теории	
Ч. Дарвина	233
§ 55. Возникновение современной теории эволюции	237
§ 56. Борьба за существование: внутривидовая, межвидовая, абиотическая	240
§ 57. Роль изменчивости в эволюционном процессе (мутационная, комбинативная)	244
§ 58. Естественный отбор, его формы (движущая и стабилизирующая)	246
§ 59. Приспособленность в результате естественного отбора.	250
Моделирование № 7. Изучение адаптаций как результат естественного отбора (бабочка)	255
§ 60. Вид, его критерии и структура	256
§ 61. Понятие «видообразование», его формы и механизмы	260
Краткий толковый словарь терминов	263
Список использованной литературы	267

Учебное издание

**Асанов Нигметулла Гатаунович
Соловьева Алина Робертовна
Ибраимова Бахыт Тасбулатовна**

БИОЛОГИЯ

Учебник для 9 класса общеобразовательной школы

Зав. редакцией *Н. Жиенгалиев*
Редактор *А. Раймкулова*
Художественный редактор *З. Аульбекова*
Технический редактор *О. Рысалиева*
Корректор *Г. Тулепова*
Компьютерная верстка *Е. Колзовой*

ИБ 109

Сдано в набор 10.02.2019. Подписано в печать 19.06.2019. Формат 70x90^{1/16}. Бумага офсетная.
Гарнитура «Школьная». Печать офсетная. Усл. п. л. 19,89. Уч.-изд. л. 16,21. Тираж 75 000 экз. Заказ № 4365.

ТОО «Корпорация «Атамұра», 050000, г. Алматы, пр. Абылай хана, 75.

Подграфкомбинат ТОО «Корпорация «Атамұра», 050002, г. Алматы, ул. Макатаева, 41.

