

Готовые домашние задания

*Правильные
ответы*

на вопросы учебника



В. И. Сивоглазов, И. Б. Агафонова, Е. Т. Захарова

БИОЛОГИЯ

ОБЩАЯ БИОЛОГИЯ

БАЗОВЫЙ УРОВЕНЬ

10-11

классы



БИОЛОГИЯ



дрофа

Готовые Домашние Задания

Н. Н. Хлебникова,
И. Б. Агафонова, В. И. Сивоглазов

БИОЛОГИЯ

Правильные ответы на вопросы учебника

В. И. Сивоглазова,
И. Б. Агафоновой, Е. Т. Захаровой
«Биология. Общая биология.
Базовый уровень.
10–11 классы»



ДРОФА

Москва · 2008

УДК 373.167.1:57

ББК 28.0я72

X55

Хлебникова, Н. Н.

X55 **Правильные ответы на вопросы учебника В. И. Сивоглазова, И. Б. Агафоновой, Е. Т. Захаровой «Биология. Общая биология. Базовый уровень. 10—11 классы» / Н. Н. Хлебникова, И. Б. Агафонова, В. И. Сивоглазов. — М. : Дрофа, 2008. — 244, [12] с. — (Готовые домашние задания).**

ISBN 978-5-358-04053-3

Пособие содержит ответы на вопросы к параграфам учебника В. И. Сивоглазова, И. Б. Агафоновой, Е. Т. Захаровой «Биология. Общая биология. Базовый уровень. 10—11 классы».

Пособие облегчит выполнение домашних заданий, позволит повторить пройденный материал при подготовке к экзаменам, а при вынужденных пропусках занятий поможет самостоятельно разобраться в учебном материале.

Пособие адресовано учащимся старших классов, изучающим биологию по данному учебнику.

УДК 373.167.1:57

ББК 28.0я72

ISBN 978-5-358-04053-3

© ООО «Дрофа», 2008

Дорогие старшеклассники!

Перед вами учебное пособие «Готовые домашние задания». Оно содержит ответы на вопросы к параграфам учебника «Биология. Общая биология. Базовый уровень. 10—11 классы».

Ответы на вопросы параграфов, посвященных наиболее трудным для понимания процессам и закономерностям, содержат подробную информацию по теме, которую вы не сможете почерпнуть из текста параграфа учебника. Они не только расширяют и уточняют изложенный в учебнике материал, но и содержат обобщение сведений, полученных вами при освоении биологии в предыдущих классах. В ответах к остальным параграфам учебника приведены только самые необходимые сведения и понятия.

Авторы надеются на то, что это пособие поможет в осмыслении изучаемых вами сложнейших процессов, протекающих в живых системах, а также облегчит выполнение домашних заданий и повторение изученного при подготовке к экзаменам, а при вынужденных пропусках занятий позволит самостоятельно разобраться в учебном материале.

Авторы

Биология как наука. Методы научного познания

§ 1.1

Краткая история развития биологии

Вопрос 1. Расскажите о вкладе в развитие биологии древнегреческих и древнеримских философов и врачей.

Древнегреческий врач Гиппократ (ок. 460 — ок. 370 до н. э.) создал первую научную медицинскую школу. Он считал, что у каждой болезни есть естественные причины, и о них можно узнать, изучая строение и жизнедеятельность человеческого организма.

Древнегреческий философ Аристотель (384—322 до н. э.) стал одним из основателей биологии как науки. Он первым обобщил биологические знания, накопленные человечеством, разработал систематику животных, определив в ней место человека. Многие труды Аристотеля были посвящены происхождению жизни.

Древнеримский ученый и врач Клавдий Гален (ок. 130 — ок. 200) заложил основы анато-

мии человека. Его труды были основным источником знаний о человеческом теле на протяжении почти пятнадцати веков.

Вопрос 2. Охарактеризуйте особенности воззрений на живую природу в Средние века, в эпоху Возрождения.

Средние века в Европе — это период застоя во многих областях знаний. Во многом это было связано с наложением церковных запретов на научные изыскания, а также с преследованиями ученых инквизицией. В это время традиции античных авторов нашли продолжение в Передней и Средней Азии, в работах таких выдающихся исследователей, как Ибн Сина (Авиценна) (ок. 980—1037) и аль-Бируни (973—1048). Наступление Возрождения ознаменовало начало нового периода в развитии биологии. В эпоху Великих географических открытий (XV в.) резко возрос интерес к биологии в связи с описанием множества новых, ранее неизвестных видов, принадлежащих к различным царствам живой природы. Леонардо да Винчи (1452—1519) — один из величайших гениев Возрождения, описал многие растения, изучал строение организма человека, деятельность сердца и зрительную функцию. После того как был снят церковный запрет на вскрытие человеческого тела, огромных успехов достигла анатомия, что получило отражение в классическом труде Андреаса Везалия (1514—1564) «О строении человеческого тела».

Вопрос 3. Какое изобретение XVII в. дало возможность открыть и описать клетку?

Открытие клеточного строения живых организмов стало возможно благодаря появлению микроскопа. Его прототип в 1590 г. изобрел голландский шлифовальщик стекол Захарий Янсен. О первом микроскопе известно, что он состоял из трубы, прикрепленной к подставке, и имел два увеличительных стекла. В середине XVII в. Роберт Гук, изучая срез пробки, обнаружил структуры, похожие на пчелиные соты, и назвал их клетками. Несколько позже голландец Антони ван Левенгук первым увидел живые клетки в усовершенствованный микроскоп с увеличением в 150—300 раз.

Вопрос 4. Каково значение для биологической науки работ Л. Пастера и И. И. Мечникова?

Луи Пастер (1822—1895) — выдающийся французский ученый, основоположник современной микробиологии и иммунологии. Он открыл природу брожения и опроверг теорию самозарождения микроорганизмов. Пастер изучал природу многих инфекционных заболеваний, разработал метод профилактической вакцинации против куриной холеры, сибирской язвы и бешенства, а также ввел методы антисептики.

Илья Ильич Мечников (1845—1916) — автор выдающихся трудов по сравнительной патологии, эволюционной эмбриологии и иммунологии. Он открыл явление фагоцитоза и на

основе этого открытия предложил фагоцитарную теорию иммунитета. Кроме того, Мечников создал теорию происхождения многоклеточных организмов. В 1908 г. он был удостоен Нобелевской премии.

Вопрос 5. Перечислите основные открытия, сделанные в биологии в XX в.

Основными биологическими открытиями XX в. являются:

- мутационная теория Гуго де Фриза;
- учение о факторах эволюции Ивана Ивановича Шмальгаузена;
- хромосомная теория наследственности Томаса Ханта Моргана;
- учение о биосфере Владимира Ивановича Вернадского;
- открытие антибиотиков Александром Флемингом;
- установление структуры ДНК Джеймсом Уотсоном и Френсисом Криком.

Вопрос 6. Назовите известные вам естественные науки, составляющие биологию. Какие из них возникли в конце XX в.?

Современная биология — это совокупность естественных наук, изучающих жизнь как особую форму существования материи. Одними из первых в биологии сложились такие науки, как зоология, ботаника и анатомия. Позднее внутри них сформировались более узкие дисциплины. Например, внутри зоологии появились орнитология (наука о птицах), гер-

петология (о земноводных и пресмыкающихся), энтомология (о насекомых); внутри ботаники — бриология (наука о мхах), альгология (о водорослях), микология (о грибах). Многообразие живого мира изучает систематика, историю живого мира — палеонтология. Различные свойства живого являются предметом исследования таких наук, как физиология (наука о жизнедеятельности организма), генетика (о закономерностях изменчивости и наследственности), этология (о поведении), эмбриология (об индивидуальном развитии организма), эволюционное учение (об историческом развитии живых существ). Клетки изучает цитология, микроорганизмы — микробиология; взаимодействие организма с возбудителями заболеваний — иммунология. В середине XX в. в биологии начали эффективно использовать методы и идеи других естественных наук. На границах смежных дисциплин возникли биохимия, биофизика, биогеография, молекулярная биология, космическая биология и многие другие науки. Широкое внедрение математики в биологию вызвало рождение биометрии. Развитие компьютерных технологий позволяет моделировать биологические процессы (биоинформатика). Значительные успехи генетики и молекулярной биологии привели к появлению очень перспективного, ориентированного на практику направления — биотехнологии. Рост актуальности проблемы охраны природы способствует развитию экологического подхода в большинстве отраслей биологии.

Сущность жизни и свойства живого

Вопрос 1. Что такое жизнь? Попробуйте дать свое определение.

Жизнь — это активное поддержание и воспроизведение определенной структуры, которая обязательно включает белки, нуклеиновые кислоты и представляет собой открытую систему. Понятие открытой системы, в свою очередь, означает способность к обмену веществами и энергией с окружающей средой. Важнейший признак живых систем — использование внешних источников энергии в виде пищи, солнечного света и др. (см. также ответ на вопрос 1 к § 2.10).

Вопрос 2. Перечислите основные свойства живой материи.

Выделяют следующие основные свойства живой материи:

- единство элементного химического состава;
- единство биохимического состава;
- единство структурной организации;
- дискретность и целостность;
- обмен веществ и энергии;
- способность к саморегуляции;
- открытость;
- размножение;

- наследственность и изменчивость;
- рост и развитие;
- раздражимость и движение;
- ритмичность.

Вопрос 3. Объясните, в чем, по вашему мнению, заключаются принципиальные различия обмена веществами в неживой природе и у живых организмов.

В отличие от неживой природы, живые организмы способны накапливать необходимые вещества, а также энергию в форме особых химических соединений (АТФ). Кроме того, живые организмы способны трансформировать химические вещества и превращать простые соединения в более сложные при помощи ферментов (часто с затратой энергии). Так, например, из мономера глюкозы синтезируются полимеры крахмал, гликоген, целлюлоза. Живые организмы обладают способностью копировать наследственный материал. Такое копирование тоже является примером преобразования простых веществ (отдельных нуклеотидов) в более сложные (нуклеиновые кислоты). Специальный комплекс ферментов способен создать новую полинуклеотидную цепь по образцу материнской.

Вопрос 4. Каким образом связаны наследственность, изменчивость и репродукция в обеспечении жизни на Земле?

Способность живых организмов к репродукции (размножению) обеспечивает непрерывность жизни на Земле и преемственность поколений. Воспроизведение базируется на реакциях матричного синтеза, идущих на основе молекул ДНК. Постоянство строения ДНК обеспечивает наследственность — способность организмов передавать свои признаки, свойства и особенности развития из поколения в поколение. Изменчивость — это свойство, противоположное наследственности. Она определяется как способность организмов существовать в различных формах, меняя свои признаки. Изменчивость создает разнообразный материал для естественного отбора, который приводит к возникновению новых проявлений жизни и новых биологических видов.

Вопрос 5. Дайте определение понятия «развитие». Какие формы развития вы знаете?

Развитие — это изменение строения и физиологии организма с течением времени. Принято выделять две основные формы развития — онтогенез и филогенез.

Онтогенез (индивидуальное развитие) — это развитие живого организма от зарождения до момента смерти. Обычно онтогенез сопровождается ростом.

Филогенез (историческое развитие) — необратимо направленное развитие живой природы, сопровождающееся образованием новых видов и, как правило, прогрессивным усложнением жизни.

Вопрос 6. Что такое раздражимость? Каково значение избирательной реакции организмов для их приспособления к условиям существования?

Раздражимость — это способность организма реагировать на внешние воздействия и изменения собственной внутренней среды. Ответную реакцию организма на раздражения, осуществляемую при участии нервной системы, называют *рефлексом*. Простейшие примеры рефлексов: гидра втягивает щупальца в ответ на прикосновение или сильное движение воды; человек отдергивает руку, дотронувшись до горячей поверхности; птенцы открывают клювы при появлении родителя на краю гнезда. Избирательность означает способность определенным образом реагировать на определенные стимулы. Она является необходимым свойством всякого нормального поведения. В результате в одних условиях организмы реализуют пищевые рефлексы, а в других — брачное, родительское, оборонительное и многие другие типы поведения.

Вопрос 7. В чем значение ритмичности процессов жизнедеятельности?

Биологические ритмы направлены на приспособление организмов к меняющимся условиям существования. В качестве основных можно выделить суточные и сезонные ритмы. К суточным относят циклические изменения сна и бодрствования, гормонального фона, интенсивности работы внутренних органов. Примерами сезонных ритмических процессов служат

зимняя спячка, миграции птиц и рыб, размножение (брачные игры, постройка гнезда, воспитание потомства), линька — смена шерсти или перьев, цветение, плодоношение и листопад у растений (см. также ответ на вопрос 2 к § 5.4).

§ 1.3

Уровни организации живой материи. Методы биологии

Вопрос 1. Как вы считаете, в чем заключается необходимость выделения различных уровней организации живой материи?

В процессе эволюции происходило постепенное усложнение организации живой материи, причем по мере образования очередного уровня предыдущий входил в него как составная часть. В результате окружающий нас мир живых существ представляет собой совокупность биологических систем разной степени сложности. Это и обуславливает необходимость выделения различных уровней организации живой материи. Чрезвычайно важно также то, что объединение нескольких систем, принадлежащих к одному уровню (например, клеток), дает не просто арифметическую сумму их свойств. Происходит подъем на качественно более высокую ступень, и новая система обладает расширенными возможностями и способностями (ткань, многоклеточный организм).

Вопрос 2. Перечислите и охарактеризуйте уровни организации живой материи.

Обычно выделяют восемь уровней организации живого.

Молекулярно-генетический уровень. Это уровень макромолекул: нуклеиновых кислот, углеводов, белков и других органических веществ. На этом уровне начинаются важнейшие биологические процессы: кодирование и передача наследственной информации, обмен веществ, превращение энергии.

Клеточный уровень. Клетка — это структурно-функциональная единица живого. Процессы, происходящие в клетке, лежат в основе роста и развития живых организмов.

Тканевый уровень. Ткань — это совокупность клеток, сходных по строению, происхождению и выполняемой функции. В состав ткани входит также межклеточное вещество.

Органный уровень. Орган — это обособленная часть организма, имеющая определенную форму, строение, расположение и выполняющая конкретную функцию. Орган, как правило, образован несколькими тканями, среди которых одна (реже — две) преобладает.

Организменный (онтогенетический) уровень. Организм — целостная одноклеточная или многоклеточная живая система, способная к самостоятельному существованию и поддержанию гомеостаза (т. е. постоянства внутренней среды). Многоклеточный организм представляет собой совокупность тканей и органов.

Популяционно-видовой уровень. Вид — это совокупность особей, сходных по строению, имеющих общее происхождение, свободно скрещивающихся между собой и дающих плодовитое потомство. На этом уровне под действием эволюционных факторов осуществляется процесс видообразования. Популяция — это совокупность особей одного вида, в течение достаточно длительного времени (большого числа поколений) населяющих определенную территорию внутри ареала вида, свободно скрещивающихся между собой и частично или полностью изолированных от других подобных совокупностей.

Биогеоценотический (экосистемный) уровень. Биогеоценоз — исторически сложившаяся совокупность организмов разных видов, взаимодействующая со всеми факторами их среды обитания.

Биосферный (глобальный) уровень. Биосфера — биологическая система высшего ранга, охватывающая все явления жизни в атмосфере, гидросфере, литосфере и объединяющая все экосистемы в единый комплекс. На этом уровне происходят вещественно-энергетические круговороты, связанные с жизнедеятельностью всех живых организмов, обитающих на Земле.

Вопрос 3. Назовите биологические макромолекулы, входящие в состав живых систем.

Понятие «макромолекула» совпадает с химическим определением полимера. Макромолекулы состоят из большого числа (сотен, ты-

сяч и более) повторяющихся элементов-звеньев. Важнейшими макромолекулами, входящими в состав живых организмов, являются нуклеиновые кислоты, белки и углеводы (полисахариды). К макромолекулам можно отнести также, например, каучук — углеводород, входящий в состав латекса (сока дерева гевеи). Наиболее распространенными на нашей планете макромолекулами являются полисахариды целлюлоза и хитин.

Вопрос 4. Как проявляются свойства живого на различных уровнях организации?

Для всех уровней организации живой материи на Земле характерно единство химического и биохимического состава; обязательно присутствие основных макромолекул (см. ответ на вопрос 3). Каждый уровень представляет собой целостную систему, состоящую из взаимосвязанных и взаимодействующих элементов. Наличие этого взаимодействия обеспечивает саморегуляцию системы, ее рост, развитие и общее увеличение биомассы (размножение). Наконец, на любом уровне организации живой материи мы наблюдаем процессы обмена веществ и энергии с окружающей средой, а также способность отвечать на изменения окружающего мира и приспосабливаться к ним. Конечно, клетка и экосистема по-разному отвечают, например, на повышение температуры или сезонные изменения освещенности, но сам принцип реагирования (раздра-

жимости) присущ живой материи на любой ступени ее организации.

Вопрос 5. Какие методы исследования живой материи вы знаете?

Перечислим основные методы исследования живых объектов.

Метод наблюдения и связанный с ним *описательный метод* основаны на сборе фактического материала. С их применения начинается большинство биологических исследований. Особое значение эти методы имеют, например, для анатомических дисциплин (изучение строения организма человека, растений, животных).

Сравнительный метод позволяет, сопоставляя разные организмы, выявлять их сходство и различие. Благодаря этому методу были заложены основы систематики растений и животных, создана клеточная теория.

Исторический метод позволяет выявить закономерности появления организмов, их развития, усложнения структуры и функций. Он имеет ключевое значение для теории эволюции, эмбриологии (науки об индивидуальном развитии организмов).

Экспериментальный метод в настоящее время, пожалуй, наиболее актуален. Ученый, использующий экспериментальный метод, активно влияет на организм, помещая его в те или иные условия, оказывая на него различные воздействия и изучая ответные реакции.

Метод компьютерного моделирования незаменим для исследования биологических процессов, воссоздать которые в реальности очень сложно либо вообще невозможно. С помощью моделирования можно, например, за несколько дней оценить действие на организм сотен лекарственных препаратов и выбрать наиболее эффективный. На аналогичные экспериментальные исследования ушли бы многие месяцы.

Клетка

§ 2.1

История изучения клетки. Клеточная теория

Вопрос 1. Расскажите об истории открытия клетки.

Открытие клеточного строения живых организмов стало возможно благодаря появлению микроскопа, изобретенного в 1590 г. Захарием Янсенем.

Значение микроскопа для исследования строения срезов растительных и животных объектов впервые оценил английский физик и ботаник Роберт Гук. В 1665 г. на срезах пробки он обнаружил структуры, напоминающие пчелиные соты, и назвал их ячейками или клетками. Однако Гук ошибался, считая, что клетки пустые, а живое вещество — это клеточные стенки.

Голландский натуралист Антони ван Левенгук во второй половине XVII в. усовершенствовал микроскоп и первым увидел живые

клетки. Он наблюдал и зарисовал ряд простейших, сперматозоиды, бактерии, эритроциты и даже их движение в капиллярах (см. также ответ на вопрос 3 к § 1.1).

Вопрос 2. Кем и когда впервые была сформулирована клеточная теория?

В XVII—XVIII вв. вопрос о том, входят ли клетки в состав всех растительных и животных организмов, оставался открытым. На него в 1838—1839 гг. окончательно ответили немецкие ученые ботаник Матиас Шлейден и зоолог Теодор Шванн. Они проанализировали все существующие на тот момент знания о клеточном строении живой природы и сформулировали клеточную теорию. Эта теория постулировала, что все растительные и животные организмы состоят из простейших частей — клеток. При этом каждая клетка в определенных границах представляет собой некое самостоятельное целое. Вместе с тем в пределах организма все клетки действуют совместно, образуя гармоничное единство. Однако Шлейден и Шванн заблуждались, считая, что новые клетки образуются из неклеточного вещества. Это предположение опроверг немецкий ученый Рудольф Вирхов, который доказал, что всякая клетка происходит от другой клетки.

Вопрос 3. Перечислите современные положения клеточной теории.

В наше время цитология, используя достижения генетики, молекулярной и физико-хи-

мической биологии, очень быстро развивается. И хотя основные положения теории Т. Шванна и М. Шлейдена остаются актуальными, полученные данные позволили сформировать более глубокие представления о структуре и функциях клетки. На их основе сформулирована современная клеточная теория. Перечислим ее основные положения:

- клетка — элементарная структурно-функциональная единица живого; вне клетки жизни нет, и даже вирусы (как неклеточная форма жизни) являются паразитами клетки и вне ее пределов не способны к самовоспроизведению;

- все клетки сходны по химическому составу и имеют общий план строения;

- всякая клетка происходит от другой клетки; при половом размножении все клетки организма возникают в результате деления оплодотворенного яйца — зиготы;

- многоклеточные организмы представляют собой целостные системы, состоящие из совместно функционирующих и взаимодействующих клеток;

- сходное клеточное строение организмов свидетельствует о том, что все живое имеет единое происхождение.

Вопрос 4. Охарактеризуйте значение клеточной теории для развития биологии.

По определению философов, изучавших историю науки (например, Фридриха Энгельса), клеточная теория является одним из величай-

ших открытий XIX в. Она сыграла огромную роль в развитии не только биологии, но и естествознания в целом. Клеточная теория впервые однозначно указала на единство живого мира. С ее появлением исчезла пропасть между царством животных и царством растений. На основе клеточной теории в середине XIX в. возникла цитология — наука, изучающая структуру и функции клетки.

Вопрос 5. Подумайте, для каких представителей органического мира понятия «клетка» и «организм» совпадают.

Понятия «клетка» и «организм» совпадают в том случае, если речь идет об одноклеточных организмах. К ним относятся прокариоты, или безъядерные (в частности, бактерии), а из эукариот, или ядерных, — простейшие (такие, как инфузория туфелька, хламидомонада, эвглена зеленая). Их тело состоит из одной клетки, которая реализует все функции организма — обмен веществ, раздражимость, размножение, движение. Выполнению этих функций способствуют разнообразные органоиды, в том числе специального назначения (например, жгутики и реснички обеспечивают движение). Одноклеточные организмы часто способны образовывать скопления — колонии. Однако к колонии еще неприменимо понятие «многоклеточный организм», поскольку входящие в ее состав клетки имеют однотипное строение (не подразделяются на ткани), слабо взаимодействуют друг с другом

и, будучи изолированы от колонии, без особых проблем продолжают самостоятельно существовать и размножаться.

§ 2.2

Химический состав клетки

Вопрос 1. В чем заключается сходство биологических систем и объектов неживой природы?

Основное сходство — это родство химического состава. Подавляющее большинство известных на сегодняшний день химических элементов обнаружено как в живых организмах, так и в неживой природе. Атомов, характерных только для живых систем, не существует. Однако содержание конкретных элементов в живой и неживой природе резко различается. Организмы (от бактерий до позвоночных) способны избирательно накапливать элементы, которые необходимы для жизнедеятельности.

Интересно, что неживые объекты могут проявлять отдельные свойства, более характерные для живого. Так, кристаллы минералов способны к росту и обмену веществ с окружающей средой, а фосфор может «запасать» энергию света. Но всей совокупностью черт, присущих живому организму, не обладает ни одна неорганическая система.

Вопрос 2. Перечислите биоэлементы и объясните, каково их значение в образовании живой материи.

К биоэлементам (органогенам) относят кислород, углерод, водород, азот, фосфор и серу. Они составляют основу белков, липидов, углеводов, нуклеиновых кислот и других органических веществ. Для всех органических молекул особое значение имеют атомы углерода, образующие каркас. К этому каркасу присоединяются разнообразные химические группы, образованные другими биоэлементами. В зависимости от состава и расположения таких групп органические молекулы приобретают индивидуальные свойства и функции. Например, аминокислоты в большом количестве содержат азот, а нуклеиновые кислоты — фосфор.

Вопрос 3. Что такое микроэлементы? Приведите примеры и охарактеризуйте биологическое значение этих элементов.

Многие химические элементы содержатся в живых системах в очень малых количествах (доли процента от общей массы). Такие вещества называют микроэлементами. В их числе медь, марганец, цинк, молибден, кобальт, иод, бром, фтор и многие другие. Растения, грибы, бактерии получают микроэлементы из почвы и воды; животные — в основном с пищей. В большинстве своем микроэлементы входят в состав белков и биологически актив-

ных веществ (гормонов, витаминов). Например, цинк содержится в гормоне поджелудочной железы инсулине, а иод — в тироксине (гормоне щитовидной железы). Кобальт является важнейшей составной частью витамина В₁₂. Железо входит в состав примерно семидесяти белков организма, медь — в состав двадцати белков и т. д.

Вопрос 4. Как отразится на жизнедеятельности клетки и организма недостаток какого-либо микроэлемента? Приведите примеры таких явлений.

Недостаток какого-либо микроэлемента приводит к уменьшению синтеза того органического вещества, в состав которого этот микроэлемент входит. В результате нарушаются процессы роста, обмена веществ, воспроизведения и т. п. Например, дефицит иода в пище приводит к общему падению активности организма и разрастанию щитовидной железы — эндемическому зобу. Недостаток бора вызывает отмирание верхушечных почек у растений. Нехватка селена может привести к возникновению раковых заболеваний у человека и животных. По аналогии с авитаминозами такие заболевания называют микроэлементозами.

Вопрос 5. Расскажите об ультрамикроэлементах. Каково их содержание в организме? Что известно об их роли в живых организмах?

Ультрамикроэлементы — это элементы, которые содержатся в клетке в ничтожно

малых количествах (концентрация каждого не превышает одной миллионной доли процента). К ним относят уран, радий, золото, серебро, ртуть, бериллий, мышьяк и др. Физиологическая роль большинства из них не установлена. Не исключено, что она вообще отсутствует, и тогда часть ультрамикрорэлементов являются просто примесями живых организмов. Вместе с тем, например, известно, что мышьяк входит в состав ферментов, защищающих мембраны наших клеток от окисления, и необходим для их нормальной работы.

Вопрос 6. Приведите примеры известных вам биохимических эндемий. Объясните причины их происхождения.

Биохимические эндемии — это заболевания растений, животных и человека, связанные с явным недостатком либо избытком какого-либо химического элемента в окружающей среде. В результате развиваются микроэлементозы или некоторые другие нарушения. Так, во многих районах нашей страны значительно снижено количество иода в воде и почве. Нехватка иода приводит к падению синтеза гормона тироксина, щитовидная железа, пытаясь компенсировать его нехватку, разрастается (развивается эндемический зоб). Другими примерами могут служить дефицит селена в почве ряда районов Монголии, а также избыток ртути в воде некоторых горных рек Чили и Цейлона.

Неорганические вещества клетки

Вопрос 1. Каковы особенности пространственной организации молекул воды, обуславливающие ее биологическое значение?

Молекулы воды представляют собой диполи — структуры, на положительном полюсе которых находятся два атома водорода, а на отрицательном полюсе — атом кислорода. Положительные и отрицательные полюса разных молекул воды притягиваются друг к другу. Это приводит к образованию так называемых водородных связей, что обеспечивает высокую теплоемкость воды, а также особенности процессов смены ее агрегатного состояния (плавление, испарение). Кроме того, H_2O -диполи активно взаимодействуют с любыми молекулами, имеющими заряженные участки. Это обуславливает важнейшее свойство воды как универсального растворителя органических и неорганических веществ.

Вопрос 2. В чем заключается биологическая роль воды?

Вода выполняет в клетке множество важных функций:

- служит универсальным растворителем;
- является средой для большинства процессов, протекающих в клетке;

- сама участвует во многих биохимических реакциях — гидролизе органических веществ, высвобождении энергии при распаде АТФ, фотосинтезе и др.;

- высокая теплоемкость и теплопроводность воды облегчает организмам (в том числе теплокровным) процесс поддержания теплового равновесия с окружающей средой;

- высокая интенсивность испарения защищает живые существа от перегрева;

- почти полная несжимаемость воды обеспечивает поддержание формы отдельных клеток и целых организмов;

- вязкость придает воде свойства смазки;

- высокая сила поверхностного натяжения облегчает транспорт веществ в сосудах растений.

Вопрос 3. Какие вещества называют гидрофильными? Гидрофобными?

Гидрофильными называют вещества, которые хорошо растворяются в воде. К ним относят соли, аминокислоты, сахара, белки, простые спирты. Как правило, в составе их молекул присутствуют заряженные участки (спиртовые группы, аминогруппы и т. п.); нередко при растворении гидрофильных веществ образуются заряженные частицы — ионы. *Гидрофобные* вещества, напротив, плохо или совсем не растворяются в воде. В их число входят в первую очередь жиры и жироподобные соединения, а также полисахариды (хитин, целлюлоза).

Вопрос 4. Какие вещества поддерживают рН клетки на постоянном уровне?

Способность сохранять кислотно-щелочной баланс, т. е. поддерживать постоянное значение рН, обеспечивается так называемыми буферными свойствами клетки. Это означает, что при добавлении небольших количеств кислот или щелочей концентрация ионов водорода (иначе — рН) в цитоплазме практически не изменяется. Такой эффект достигается благодаря присутствию в клетке отрицательно заряженных ионов — остатков слабых кислот (в первую очередь HCO_3^- и HPO_4^{2-}). При закислении (избытке ионов H^+) эти ионы могут превращаться в H_2CO_3 и H_2PO_4^- соответственно. Напротив, при дефиците H^+ (защелачивание цитоплазмы) HCO_3^- и HPO_4^{2-} способны отдавать часть своих ионов водорода. Буферные свойства клетки очень важны, поскольку большинство биологически активных веществ (в частности, белки-ферменты) могут вступать в реакции только при строго определенном уровне рН.

Вопрос 5. Расскажите о роли минеральных солей в жизнедеятельности клетки.

Минеральные соли и входящие в их состав элементы участвуют во многих процессах жизнедеятельности клетки. Так, остатки слабых кислот (HCO_3^- , HPO_4^{2-}) обеспечивают ее буферные свойства. Движение ионов Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Cl^- через мембраны клеток лежит в основе всех электрических явлений, наблюдаемых в

живых организмах (вплоть до разрядов электрических рыб); без этого мышечные волокна не способны сокращаться, а нервная ткань — проводить сигналы. Остатки фосфорной кислоты нужны для синтеза нуклеотидов и фосфолипидов. Фосфаты кальция и магния участвуют в образовании костей, а карбонат кальция является основой раковины моллюсков.

§ 2.4

Органические вещества. Общая характеристика. Липиды

Вопрос 1. Какие органические вещества входят в состав клетки?

Однозначной классификации органических веществ, входящих в состав клетки, не существует, поскольку они очень разнообразны по своим размерам, строению и функциям. Наиболее распространено деление всех органических соединений на *низкомолекулярные* (липиды, аминокислоты, нуклеотиды, моносахариды, органические кислоты) и *высокомолекулярные*, или *биополимеры*. Биополимеры, в свою очередь, можно подразделить на *гомополимеры* (*регулярные полимеры*) и *гетерополимеры* (*нерегулярные полимеры*). Гомополимеры состоят из мономеров (более мелких молекул) одного типа. Это, например, гликоген, крахмал и целлюлоза, образованные молекулами глюкозы. Мономеры гетерополи-

меров отличаются друг от друга. Например, белки состоят из 20 типов аминокислот, а ДНК — из 4 типов нуклеотидов.

Вопрос 2. Что такое липиды? Опишите их химический состав.

Липиды — гидрофобные органические соединения, нерастворимые в воде, но хорошо растворимые в органических веществах (эфире, бензине, хлороформе). Липиды широко представлены в живой природе и играют огромную роль в жизнедеятельности клетки. Их можно подразделить на три основные группы: нейтральные жиры, воски и жироподобные вещества. По химической структуре нейтральные жиры представляют собой сложные соединения трехатомного спирта глицерина и остатков жирных кислот. Если в этих жирных кислотах много двойных $—\text{CH}=\text{CH}—$ связей, то липид жидкий (подсолнечное масло и другие растительные жиры, рыбий жир), а если двойных связей мало — твердый (сливочное масло, большинство других животных жиров). К жироподобным веществам относятся, например, фосфолипиды. По своей структуре они сходны с жирами, но один или два остатка жирных кислот в их молекуле замещены остатком фосфорной кислоты.

Вопрос 3. Какова роль липидов в обеспечении жизнедеятельности организма?

Нейтральные жиры являются чрезвычайно важным источником энергии в организме и, кроме того, источником метаболической во-

ды. Иными словами, при распаде жиров выделяется не только энергия, но и вода, что особенно важно для обитателей пустынь и животных, впадающих в длительную спячку. Жиры откладываются в основном в жировой ткани, которая служит энергетическим депо, предохраняет организм от потери тепла и выполняет защитную функцию. Так, в полости тела формируются защитные жировые прокладки между внутренними органами. Подкожная жировая клетчатка особенно развита у китов и тюленей, постоянно находящихся в холодной воде. Сальные железы кожи выделяют секрет для смазки шерсти млекопитающих; у птиц аналогичную функцию выполняет копчиковая железа. Воск пчел служит для постройки сот. У растений, существующих в условиях недостатка воды, часто развита восковая кутикула (белесый налет на поверхности листьев, стеблей, плодов). Она защищает растение от избыточного испарения, ультрафиолетового излучения и механических повреждений.

Вопрос 4. В чем заключается биологическое значение жироподобных веществ?

Представители группы жироподобных веществ — *фосфолипиды* формируют основу всех биологических мембран. Это чрезвычайно важная функция, и ни одна клетка не может существовать без достаточного количества фосфолипидов. Принципиальным моментом является наличие в фосфолипидах мембран «гибких» остатков жирных кислот с двойными связями (имеют преимущественно раститель-

ное происхождение). К жироподобным веществам относятся также некоторые *витамины* (А, D, Е, К), а также *холестерин*. Название «холестерин» происходит от латинского слова «холео» — «желчь», поскольку из холестерина в клетках печени синтезируются желчные кислоты, необходимые для нормального переваривания жиров. В надпочечниках, половых железах и плаценте из холестерина образуются стероидные гормоны.

Вопрос 5. Вспомните из курса «Человек и его здоровье» функции витаминов, симптомы их недостаточности.

Витамины — это необходимые нашему организму органические вещества, имеющие относительно небольшую молекулу. Они являются незаменимыми компонентами пищи (наш организм синтезировать витамины не способен); при их дефиците возникают характерные заболевания (авитаминозы). Каждый витамин выполняет уникальную функцию. Так, витамины А и Е защищают мембраны клеток от окисления, кроме того, витамин А необходим для нормальной работы сетчатки глаза. Первым симптомом дефицита витамина А является ухудшение зрения (особенно в сумерках). Под управлением витамина D кальций всасывается в кишечнике, а затем откладывается в костях (симптом авитаминоза — рахит). Витамин К необходим для нормального свертывания крови; витамин С — для формирования соединительной ткани. Отсутствие

витамина С в пище приводит к нарушению структуры стенок сосудов (возникают мелкие кровотечения) и распуханию суставов. Витамины группы В незаменимы для нормальной работы многих ферментов нашего организма, в частности управляющих распадом глюкозы (B_1), обменом аминокислот (B_2) и т. д. Витамин B_{12} необходим для нормального синтеза гемоглобина и созревания эритроцитов.

§ 2.5

Органические вещества. Углеводы. Белки

Вопрос 1. Какие химические соединения называют углеводами?

Углеводы — это обширная группа природных органических соединений. Углеводы подразделяют на три основных класса: моносахариды, дисахариды и полисахариды. Дисахарид представляет собой соединение двух моносахаридов; полисахариды являются полимерами моносахаридов. Углеводы выполняют в живых организмах энергетическую, запасующую и строительную функции. Последняя особенно важна для растений, клеточная стенка которых в основном состоит из полисахарида целлюлозы. Именно углеводы древних живых существ (прокариотов и растений) стали основой для образования ископаемого топлива — нефти, газа, угля.

Вопрос 2. Что такое моно- и дисахариды? Приведите примеры.

Моносахариды — это углеводы, количество атомов углерода (n) в которых относительно невелико (от 3 до 6—10). Моносахариды обычно существуют в циклической форме; наиболее важны среди них гексозы ($n = 6$) и пентозы ($n = 5$). К гексозам относится глюкоза, которая является важнейшим продуктом фотосинтеза растений и одним из основных источников энергии для животных; широко распространена также фруктоза — фруктовый сахар, придающий сладкий вкус плодам и меду. Пентозы рибоза и дезоксирибоза входят в состав нуклеиновых кислот. Если в одной молекуле объединяются два моносахарида, такое соединение называют *дисахаридом*. Составные части (мономеры) дисахарида могут быть одинаковыми либо разными. Так, две глюкозы образуют мальтозу, а глюкоза и фруктоза — сахарозу. Мальтоза является промежуточным продуктом переваривания крахмала; сахароза — тем самым сахаром, который можно купить в магазине.

Вопрос 3. Какой простой углевод служит мономером крахмала, гликогена, целлюлозы?

Моносахариды, соединяясь друг с другом, могут образовывать полисахариды. Наиболее распространенные полисахариды (крахмал, гликоген, целлюлоза) представляют собой длинные цепи особым образом соединенных молекул *глюкозы*. Глюкоза является гексозой

(химическая формула $C_6H_{12}O_6$) и обладает несколькими ОН-группами. За счет установления связей между ними отдельные молекулы глюкозы способны формировать линейные (целлюлоза) либо ветвящиеся (крахмал, гликоген) полимеры. Средний размер такого полимера — несколько тысяч молекул глюкозы.

Вопрос 4. Из каких органических соединений состоят белки?

Белки — это гетерополимеры, состоящие из 20 типов аминокислот, соединенных между собой особыми, так называемыми, пептидными связями. *Аминокислоты* — органические молекулы, имеющие общий план строения: атом углерода, соединенный с водородом, кислотной группой ($-COOH$), аминогруппой ($-NH_2$) и радикалом. Разные аминокислоты (каждая имеет свое название) различаются лишь строением радикала. Образование пептидной связи происходит за счет соединения кислотной группы и аминогруппы двух аминокислот, расположенных рядом в молекуле белка.

Вопрос 5. Как образуются вторичная и третичная структуры белка?

Цепь аминокислот, составляющая основу молекулы белка, является его первичной структурой. Между положительно заряженными аминогруппами и отрицательно заряженными кислотными группами аминокислот возникают водородные связи. Образование

этих связей вызывает сворачивание белковой молекулы в спираль.

Белковая спираль — вторичная структура белка. На следующем этапе за счет взаимодействий между радикалами аминокислот белок сворачивается в клубок (глобулу) или нить (фибриллу). Такую структуру молекулы называют третичной; именно она является биологически активной формой белка, обладающей индивидуальной специфичностью и определенной функцией.

Вопрос 6. Назовите известные вам функции белков.

Белки выполняют в живых организмах чрезвычайно разнообразные функции.

Одна из самых многочисленных групп белков — *ферменты*. Они выполняют функцию *катализаторов* химических реакций и участвуют во всех биологических процессах.

Многие белки выполняют *структурную функцию*, участвуя в образовании мембран и органоидов клетки. Белок коллаген входит в состав межклеточного вещества костной и соединительной ткани, а кератин является основным компонентом волос, ногтей, перьев.

Сократительная функция белков обеспечивает организму возможность двигаться посредством сокращения мышц. Эта функция присуща таким белкам, как актин и миозин.

Транспортные белки связывают и переносят различные вещества как внутри клетки, так и по всему организму. К ним относятся,

например, гемоглобин, который транспортирует молекулы кислорода и углекислого газа.

Белки-гормоны обеспечивают *регуляторную функцию*. Белковую природу имеет гормон роста (его избыток у ребенка приводит к гигантизму), инсулин, гормоны, регулирующие работу почек, и др.

Чрезвычайно важны белки, выполняющие *защитную функцию*. Иммуноглобулины (антитела) — основные участники иммунных реакций; они защищают организм от бактерий и вирусов. Фибриноген и ряд других белков плазмы крови обеспечивают свертывание крови, останавливая кровопотерю.

Энергетическую функцию белки начинают выполнять при их избытке в пище либо, напротив, при сильном истощении клеток. Чаще мы наблюдаем, как пищевой белок, перевариваясь, расщепляется до аминокислот, из которых затем создаются белки, необходимые организму.

Вопрос 7. Что такое денатурация белка? Что может явиться причиной денатурации?

Денатурация — это утрата белковой молекулой своего нормального («природного») строения: третичной, вторичной и даже первичной структуры. При денатурации белковый клубок и спираль раскручиваются; водородные, а затем и пептидные связи разрушаются. Денатурированный белок не способен выполнять свои функции. Причинами денатурации являются высокая температура, ультрафиолетовое излучение, действие сильных кис-

лот и щелочей, тяжелых металлов, органических растворителей. Примером денатурации служит варка куриного яйца. Содержимое сырого яйца жидкое и легко растекается. Но уже через несколько минут нахождения в кипятке оно меняет свою консистенцию, уплотняется. Причина — денатурация яичного белка альбумина: его клубковидные, растворимые в воде молекулы-глобулы раскручиваются, а затем соединяются друг с другом, образуя жесткую сеть.

§ 2.6

Органические вещества. Нуклеиновые кислоты

Вопрос 1. Что такое нуклеиновые кислоты?

Нуклеиновые кислоты получили свое название в связи с тем, что впервые были обнаружены в клеточном ядре (лат. *nucleus* — ядро). Позже оказалось, что они присутствуют также в цитоплазме, пластидах и митохондриях. По химическому составу нуклеиновые кислоты — гетерополимеры, состоящие из нуклеотидов, соединенных между собой особым типом химической связи (фосфодиэфирная связь). Каждый нуклеотид, в свою очередь, состоит из трех частей: моносахарида-пентозы и связанных с ним азотистого основания и фосфорной кислоты.

Вопрос 2. Какие типы нуклеиновых кислот вы знаете?

Принято выделять два типа нуклеиновых кислот — *рибонуклеиновая кислота (РНК)* и *дезоксирибонуклеиновая кислота (ДНК)*. Оба этих типа содержатся во всех живых клетках. Исключение составляют вирусы, обладающие либо только ДНК, либо только РНК.

Вопрос 3. Чем различается строение молекул ДНК и РНК?

Нуклеотиды, образующие молекулы ДНК и РНК, сходны по строению. Однако в нуклеотидах РНК моносахаридом является рибоза, а в нуклеотидах ДНК — дезоксирибоза. Кроме того, различается набор азотистых оснований. Три из них (аденин, гуанин, цитозин) представлены в обоих типах нуклеиновых кислот; четвертым в ДНК является тимин, в РНК — урацил.

Нуклеиновые кислоты отличаются по общей структуре: ДНК представляет собой комплементарную двуцепочечную молекулу (аденин всегда стоит напротив тимина, гуанин — напротив цитозина), РНК — одноцепочечную. Содержание ДНК в клетках относительно постоянно; содержание РНК может варьировать в зависимости от интенсивности синтеза белка. Все молекулы ДНК в принципе сходны между собой по строению и выполняемым функциям, а среди РНК выделяют несколько групп.

Вопрос 4. Назовите функции ДНК.

Выделяют три основные функции ДНК.

Хранение наследственной информации. Порядок нуклеотидов определяет первичную структуру белков. Первичная структура, в свою очередь, обуславливает свойства белков, а следовательно, особенности строения и функционирования клеток. Таким образом, в ДНК закодирована информация обо всех свойствах клеток, тканей и органов. Участок молекулы ДНК, кодирующий первичную структуру одной белковой цепи, называют геном.

Передача наследственной информации следующему поколению клеток. Эта функция осуществляется благодаря способности ДНК к удвоению (редупликации). После деления в каждую дочернюю клетку попадает одна из двух идентичных молекул ДНК, являющихся точной копией материнской ДНК.

Передача наследственной информации из ядра в цитоплазму. Почти вся ДНК находится в ядре; синтез же белка происходит в цитоплазме клетки. Соответственно, необходим посредник, передающий описание первичной структуры белка от ДНК к рибосоме. В роли такого посредника выступает информационная РНК, которая синтезируется на одной из цепей ДНК, копируя по принципу комплементарности последовательность нуклеотидов определенного гена.

Вопрос 5. Какие виды РНК существуют в клетке, где они синтезируются? Перечислите их функции.

В зависимости от строения и выполняемой функции выделяют три вида РНК. Все они синтезируются в ядре, используя в качестве матрицы ДНК. Готовые молекулы РНК переходят в цитоплазму.

Информационная, или матричная, РНК (иРНК, мРНК) переносит информацию о первичной структуре белка от ДНК к рибосоме. Количество типов иРНК примерно соответствует числу генов (у человека — около 30—40 тыс.).

Транспортная РНК (тРНК) в основном находится в цитоплазме клетки. Функция тРНК состоит в том, чтобы переносить аминокислоты к рибосоме, где они включаются в синтезируемую белковую цепь.

Рибосомальная РНК (рРНК) — самая «весомая» группа (до 80% от общего количества РНК в клетке), однако наименее разнообразная: в каждой клетке присутствует не более четырех ее типов. Вместе с белками рРНК входит в состав рибосом — органоидов, синтезирующих белок. Масса синтезируемой в ядре рРНК настолько велика, что области ее образования под микроскопом выглядят более плотными и темными (ядрышки в ядре).

Все виды РНК синтезируются на ДНК, которая служит матрицей для их создания.

Эукариотическая клетка. Цитоплазма. Органоиды

Вопрос 1. Каковы отличия в строении эукариотической и прокариотической клеток?

У прокариот нет настоящего оформленного ядра (греч. *каруон* — ядро). Их ДНК представляет собой одну кольцевую молекулу, свободно располагающуюся в цитоплазме и не окруженную мембраной. У прокариотических клеток отсутствуют пластиды, митохондрии, эндоплазматическая сеть, аппарат Гольджи, лизосомы. Рибосомы есть как у прокариот, так и у эукариот (у ядерных — более крупные). Жгутик прокариотической клетки тоньше и работает по иному принципу, чем жгутик эукариотов. Эукариотическими организмами являются грибы, растения, животные — одноклеточные и многоклеточные; прокариотами — бактерии и синезеленые водоросли (цианобактерии).

Вопрос 2. Расскажите о пино- и фагоцитозе. Чем различаются эти процессы?

Мембрана клетки — подвижное образование, способное путём формирования впячиваний и выростов захватывать объекты внешней среды. Этот процесс называют *эндоцитозом*. Причина эндоцитоза — сложные биохимические реакции, происходящие в цитоплазме и

связанные в первую очередь с изменением третичной структуры внутриклеточных белков. Если клетка захватывает каплю жидкости — это *пиноцитоз*, если твердую частицу — *фагоцитоз*. В результате образуются пиноцитарные или фагоцитарные вакуоли (мембранные пузырьки). Процесс, обратный эндоцитозу (выброс из клетки содержимого вакуолей), называют *экзоцитозом*.

Вопрос 3. Раскройте взаимосвязь строения и функций мембраны клеток.

Известно, что основой любой мембраны является бислоем (двойной слой) фосфолипидов, в котором гидрофильные «головки» молекул (глицерин) обращены наружу, а гидрофобные остатки жирных кислот — внутрь. С липидным бислоем связаны молекулы белков, которые могут примыкать к мембране с любой из сторон, погружаться в нее или даже пронизывать. Положение клеточной мембраны на границе клетки и окружающей среды определяет ее основные функции. Прочный, эластичный, легко восстанавливающийся бислоем является барьером, обеспечивающим постоянство внутриклеточной среды и предохраняющим цитоплазму от проникновения чужеродных веществ. Транспортная функция мембраны имеет избирательный характер. Мелкие незаряженные молекулы (O_2 , N_2) легко проникают непосредственно через бислоем. Более крупные и/или заряженные частицы (Na^+ , K^+ , некоторые гормоны) проходят через специальные

белковые поры (каналы) или транспортируются белками-переносчиками. Будучи подвижной структурой, клеточная мембрана может также осуществлять транспорт веществ путем эндо- и экзоцитоза.

Вопрос 4. Какие органоиды клетки находятся в цитоплазме?

Органоиды, расположенные в цитоплазме эукариотической клетки, можно разделить на три группы: *одномембранные*, *двухмембранные* и *немембранные*. К одномембранным органоидам относят эндоплазматическую сеть (гладкую и шероховатую), аппарат Гольджи, лизосомы и вакуоли. Двухмембранные органоиды — это пластиды и митохондрии; немембранные — рибосомы, цитоскелет и клеточный центр.

Вопрос 5. Охарактеризуйте органоиды цитоплазмы и их значение в жизнедеятельности клетки.

Эндоплазматическая сеть (ЭПС) представляет собой совокупность вакуолей, каналов и трубочек. Она образует внутри цитоплазмы единую сеть, объединенную с наружной мембраной ядерной оболочки. Различают гладкую и шероховатую ЭПС. Гладкая ЭПС участвует в синтезе липидов и углеводов, а также обезвреживает токсичные вещества. На поверхности мембран шероховатой ЭПС располагаются рибосомы.

Аппарат Гольджи — одномембранный органоид, входящий в состав единой мембранной сети клетки и представляющий собой стопку плоских цистерн. В нем происходит окончательная сортировка и упаковка продуктов жизнедеятельности клетки в мембранные пузырьки (вакуоли). В числе прочего аппарат Гольджи формирует лизосомы и обеспечивает экзоцитоз.

Лизосомы — мелкие мембранные пузырьки, которые содержат ферменты для переваривания питательных веществ. Лизосомы сливаются с эндоцитозной вакуолью, формируя пищеварительную вакуоль. Если содержимое лизосом высвобождается внутри самой клетки, наступает ее автолиз (самопереваривание клетки).

Митохондрии относят к двухмембранным органоидам. Их внешняя мембрана гладкая, а внутренняя образует складки (кристы). Митохондрии — энергетические станции клетки, их основная функция — синтез АТФ.

Пластиды представляют собой двухмембранные органоиды растительных клеток. Существует три типа пластид: хлоропласты, хромопласты и лейкопласты. Бесцветные лейкопласты запасают крахмал; зеленые хлоропласты осуществляют фотосинтез; оранжевые, желтые и красные хромопласты обеспечивают окраску плодов и цветов (привлечение опылителей и распространителей семян). Считается установленным, что в далеком прошлом митохондрии и пластиды произошли от прокариот, «проглоченных» эукариотической клеткой и вступивших с нею в симбиоз. Митохондрии и

пластиды имеют кольцевую ДНК, самостоятельно синтезируют часть белков, а их рибосомы мельче эукариотических.

Рибосомы — мелкие многочисленные немембранные органоиды, образованные двумя субъединицами — большой и малой. Субъединицы состоят из белка и рибосомальной РНК. Функцией рибосом является синтез белка. Часть рибосом находится непосредственно в цитоплазме, а часть — на мембранах шероховатой ЭПС.

Клеточный центр — органоид немембранного строения клеток животных, грибов и низших растений. Состоит из двух центриолей, по форме сходных с цилиндрами и состоящих из мельчайших белковых трубочек; участвует в образовании веретена деления.

Вакуоль представляет собой мембранный пузырек, заполненный клеточным соком. Она обязательно присутствует в растительной клетке. Функция вакуоли — накопление воды, солей, питательных веществ. Здесь могут также содержаться пигменты (синие, фиолетовые) и накапливаться отходы обмена веществ.

Цитоскелет — немембранный органоид, представляющий собой белковые тяжи-трубочки, расположенные как рядом с мембраной, так и в цитоплазме. Их функция — поддержание формы клетки, обеспечение внутриклеточного транспорта веществ, а также активного движения клетки (амеба, фагоцит). Мембранные пузырьки, содержащие какие-либо вещества, могут двигаться по трубочкам цитоскелета, как по рельсам.

Клеточное ядро. Хромосомы

Вопрос 1. Опишите строение ядра эукариотической клетки.

Клеточное ядро обычно имеет сферическую форму; встречаются также веретеновидные, подковообразные и сегментированные ядра. Оболочка ядра состоит из двух мембран; наружная мембрана переходит в каналы ЭПС. Ядерная оболочка пронизана пораами, которые достаточно велики, чтобы пропускать молекулы нуклеиновых кислот и субъединицы рибосом. Клеточное ядро заполнено ядерным соком — раствором белков, нуклеиновых кислот и углеводов. Основная масса клеточного ядра приходится на хроматин — молекулы ДНК, соединенные с белками-гистонами. В зависимости от стадии клеточного цикла хроматин располагается по всему объему ядра (дисперсно) либо скручен в хромосомы. В клеточном ядре может также находиться одно (или несколько) ядрышко — зона синтеза рРНК и формирования субъединиц рибосом.

Вопрос 2. Как вы считаете, может ли клетка существовать без ядра? Ответ обоснуйте.

У прокариот кольцевая ДНК расположена непосредственно в цитоплазме и успешно выполняет свои функции. Однако строение и деятельность эукариотической клетки гораздо

сложнее, чем прокариотической. В связи с этим эукариотам необходимо иметь значительно больше нуклеиновых кислот, которые удобнее локализовать в определенной зоне. Эту проблему решило появление ядерной оболочки и обособление клеточного ядра. Кроме того, ядерная оболочка защищает хроматин от химических и механических повреждений.

Может ли эукариотическая клетка существовать без ядра? В ядре хранится почти вся наследственная информация о структуре белков. Следовательно, без ядра клетка не может развиваться и гибнет. Тем не менее некоторые клетки многоклеточного организма (например, эритроциты человека) утрачивают ядро в ходе роста и специализации; к моменту потери ядра в них уже синтезирован весь необходимый набор белков. Скорость разрушения этих белков определяет срок жизни таких клеток (как правило, несколько недель).

Вопрос 3. Что такое ядрышко? Каковы его функции?

Ядрышко — это внутриядерная структура, где синтезируется рибосомальная РНК и формируются отдельные субъединицы рибосом. Количество ядрышек в ядре может изменяться и определяется синтетической активностью клетки: чем более интенсивно идет образование белка, тем больше ядрышек. Сборка рибосом из отдельных субъединиц завершается в цитоплазме непосредственно перед началом синтеза белка.

Вопрос 4. Дайте характеристику хроматина.

Хроматин представляет собой совокупность спиралевидных двуцепочечных молекул ДНК, упакованных при помощи особых белков-*гистонов*. В ходе упаковки ДНК наматывается на гистоны, как нитка на катушку. В результате образуется структура — «бусы на нитке», уменьшающая длину и увеличивающая прочность молекул ДНК. Хроматин может быть дополнительно спирализован с образованием сверхкомпактных структур — хромосом. Формирование хромосом происходит непосредственно перед делением клетки.

Вопрос 5. Как соотносится число хромосом в соматических и половых клетках?

В соматических (обычных) клетках организма, как правило, содержится двойной набор хромосом, т. е. каждая хромосома (молекула ДНК) присутствует в двух экземплярах. При образовании половых клеток происходит деление особого типа, в результате которого набор хромосом в зрелых яйцеклетках и сперматозоидах оказывается одинарным. Таким образом, соотношение числа хромосом в соматических и половых клетках составляет 2 : 1.

Вопрос 6. Что такое кариотип? Дайте определение.

Кариотип — это совокупность всех признаков хромосомного набора, характерного для того или иного биологического вида. Важнейшими среди этих признаков являются ко-

личество хромосом, их размер и расположение центромер. Различие кариотипа у внешне сходных организмов является показателем их принадлежности к разным видам; отличие кариотипа от нормы (изменение числа хромосом, длины хроматид и т. д.) — признаком серьезных нарушений — мутаций.

Вопрос 7. Какие хромосомы называют гомологичными?

Гомологичными называют хромосомы, одинаковые по форме, размеру и несущие одинаковые гены. В соматических клетках содержится двойной хромосомный набор, т. е. для каждой хромосомы имеется ее гомологичная пара. По происхождению одна из двух гомологичных хромосом является материнской, переданной через яйцеклетку матери, а другая — отцовской, переданной через сперматозоид отца. Это означает, что, хотя представленные в гомологичных хромосомах гены одинаковы (характеризуют один и тот же белок), конкретное содержание заключенной в них наследственной информации может не совпадать (может различаться первичная структура белка, что приводит к появлению у различных индивидуумов одного вида разных групп крови, окраски шерсти, цвета глаз и т. д.).

Вопрос 8. Какой хромосомный набор называют гаплоидным? Диплоидным?

При образовании половых клеток из каждой пары гомологичных хромосом в яйцеклет-

ку или сперматозоид попадает только одна. Поэтому половые клетки содержат одинарный (*гаплоидный*) набор хромосом. После слияния половых клеток (гамет) в образовавшейся зиготе оказываются как материнский, так и отцовский гаплоидный набор. В результате число хромосом удваивается. Набор, в котором представлены пары гомологичных хромосом, называют *диплоидным*.

§ 2.9

Прокариотическая клетка

Вопрос 1. В чем заключается значение и экологическая роль прокариот в биоценозах?

Бактерии активно участвуют в движении веществ и энергии по пищевым цепям биоценозов. Многие из них являются редуцентами: разлагают растительные и животные остатки и отходы жизнедеятельности организмов, играют важнейшую роль в почвообразовании. В результате их деятельности образуются углекислый газ, вода, минеральные соли, которые вновь вступают в круговорот веществ. Ряд бактерий (в частности, клубеньковые) способны усваивать атмосферный азот и переводить его в доступные для растений формы. В сельском хозяйстве истощенные поля засевают бобовыми для того, чтобы клубеньковые бактерии, живущие на корнях этих растений, повысили уровень азота в почве и сделали ее более плодородной. В кишечнике животных

обитают бактерии, способствующие перевариванию клетчатки (целлюлозы). Чрезвычайно важна также роль болезнетворных бактерий-паразитов, вызывающих заболевания растений и животных. Наконец, существует особая группа прокариот, с древнейших времен способных к фотосинтезу, — цианобактерии. В водных биоценозах они, наряду с водорослями, являются важнейшими автотрофами (продуцентами кислорода и органических веществ).

Вопрос 2. Каким образом болезнетворные микроорганизмы влияют на состояние макроорганизма (хозяина)?

В самом простом случае болезнетворные микроорганизмы лишь «крадут» питательные вещества хозяина. При этом происходит постепенное истощение макроорганизма; заболевание развивается медленно, почти незаметно. Однако часто бактерия-паразит выделяет токсины, отравляющие организм хозяина и повреждающие его органы и клетки. В некоторых случаях повреждения настолько серьезны, что в течение нескольких дней могут привести к гибели (чума, холера и др.). Воздействуя на иммунную систему хозяина, микроорганизм снижает ее способность сопротивляться возбудителям других инфекций (тогда к основному заболеванию присоединяются дополнительные) либо может провоцировать аутоиммунные реакции. В некоторых случаях токсины бактерий способны вызывать мутагенные эффекты.

Вопрос 3. Опишите строение бактериальной клетки.

Размеры бактериальной клетки обычно составляют от 1 до 15 мкм. Форма клеток очень разнообразна: палочковидные (бациллы), сферические (кокки), спиралевидные (спириллы), в форме запятой (вибрионы). Прокариотическая клетка окружена мембраной обычного строения; снару́жи от мембраны формируется клеточная стенка, в состав которой у большинства бактерий входит особое вещество — муреин. Поверх клеточной стенки многие бактерии выделяют слизистую капсулу, которая служит им для дополнительной защиты клетки. В центральной части клетки расположена одна кольцевая молекула ДНК, не отграниченная от цитоплазмы мембраной. Зону клетки, в которой расположен генетический материал, называют нуклеоидом. В клетках прокариотов нет мембранных органоидов. Их функции выполняют впячивания клеточной мембраны. Во всех бактериальных клетках присутствуют рибосомы, которые похожи по строению на рибосомы эукариот, но меньше по размеру. Некоторые бактерии имеют жгутики.

Вопрос 4. Как размножаются бактерии?

Бактерии размножаются простым делением надвое. Перед делением кольцевая ДНК прикрепляется к клеточной мембране. После

редупликации клетка начинает расти в длину (за счет, прежде всего, средней части), и две дочерние кольцевые молекулы ДНК, связанные с мембраной, оказываются в разных ее концах. Деление завершается образованием межклеточной перегородки. Дочерние клетки могут разойтись или остаться связанными, образуя колонии.

Вопрос 5. В чем сущность процесса спорообразования у бактерий?

Большинство прокариот способно к образованию спор. Спора — это бактериальная клетка с резко сниженным уровнем обмена веществ, сформировавшая дополнительную внутреннюю защитную оболочку. Спорообразование происходит в неблагоприятных условиях (падение влажности, понижение или повышение температуры, химическое воздействие). При наступлении благоприятных условий споры «прорастают» и дают начало новой бактериальной клетке. Это может произойти даже через сотни и тысячи лет. Споры обладают колоссальной устойчивостью к внешним воздействиям, выдерживают огромные колебания температуры, влажности и давления. В состоянии споры бактерии могут легко распространяться при помощи ветра и другими способами.

Реализация наследственной информации в клетке

Вопрос 1. Вспомните полное определение понятия «жизнь».

В середине XIX в. Фридрих Энгельс писал: «Жизнь есть способ существования белковых тел, существенным моментом которого является постоянный обмен веществ с окружающей их внешней природой, причем с прекращением этого обмена веществ прекращается и жизнь, что приводит к разложению белка». На современном уровне знаний это классическое определение жизни дополнено представлением об исключительной значимости нуклеиновых кислот — молекул, которые содержат генетическую информацию, позволяющую организмам самовозобновляться и самовоспроизводиться (размножаться).

Приведем одно из современных определений: «Живые тела, существующие на Земле, представляют собой открытые, саморегулирующиеся и самовоспроизводящиеся системы, построенные из биополимеров — белков и нуклеиновых кислот». При этом понятие «открытая система» подразумевает отмеченный еще Ф. Энгельсом обмен веществами и энергией с окружающей средой (питание, дыхание, выделение); понятие «саморегуляция» — способность к поддержанию постоянства химического состава, структуры и свойств. Важным ус-

ловием успешной саморегуляции является раздражимость — способность организма реагировать на информацию, поступающую из внешнего мира.

Вопрос 2. Назовите основные свойства генетического кода и поясните их значение.

Можно выделить семь основных свойств генетического кода.

Триплетность. Три стоящих подряд нуклеотида кодируют одну аминокислоту.

Однозначность. Один триплет не может кодировать более одной аминокислоты.

Избыточность. Одна аминокислота может быть кодирована более чем одним триплетом.

Непрерывность. Между триплетами не существует «знаков препинания». Если «рамку считывания» сдвинуть на один нуклеотид, то весь код будет расшифрован неверно. В качестве примера приведем предложение, состоящее из трехбуквенных слов: жил был кот кот был сер. Теперь сдвинем «рамку считывания» на одну букву: илб ылк отк отб ылс ер.

Генетический код является *неперекрывающимся*. Любой нуклеотид может входить в состав только одного триплета.

Полярность. Существуют триплеты, определяющие начало и конец отдельных генов.

Универсальность. У всех живых организмов один и тот же триплет кодирует одну и ту же аминокислоту.

Вопрос 3. Какова сущность процесса передачи наследственной информации из поколения в поколение и из ядра в цитоплазму, к месту синтеза белка?

При передаче наследственной информации из поколения в поколение молекулы ДНК удваиваются в процессе дупликации. Каждая дочерняя клетка получает одну из двух идентичных молекул ДНК. При бесполом размножении генотип дочернего организма идентичен материнскому. При половом размножении организм потомка получает собственный диплоидный набор хромосом, собранный из гаплоидного материнского и гаплоидного отцовского наборов.

При передаче наследственной информации из ядра в цитоплазму ключевым процессом является транскрипция — синтез РНК на ДНК. Синтезированная молекула иРНК является комплементарной копией определенного фрагмента ДНК — гена и содержит информацию о строении определенного белка. Такая молекула иРНК является посредником между хранилищем генетической информации — ядром и цитоплазмой с рибосомами, где создаются белки. Рибосомы используют иРНК как матрицу («инструкцию») для синтеза белка в процессе трансляции.

Вопрос 4. Где синтезируются рибонуклеиновые кислоты?

Рибонуклеиновые кислоты синтезируются в ядре. Образование рРНК и сборка субъединиц рибосом происходят в особых участках яд-

ра — ядрышках. Небольшое количество РНК синтезируется в митохондриях и пластидах, где имеется собственная ДНК и собственные рибосомы.

Вопрос 5. Расскажите, где происходит синтез белка и как он осуществляется.

Синтез белка происходит в цитоплазме и осуществляется с помощью специализированных органоидов — рибосом. Молекула иРНК соединяется с рибосомой тем концом, с которого должен начаться синтез белка. Аминокислоты, необходимые для синтеза белковой цепи, доставляются молекулами транспортных РНК (тРНК). Каждая тРНК может переносить только одну из 20 аминокислот (например, только аланин). Какую конкретно аминокислоту переносит тРНК, определяет триплет нуклеотидов, расположенный на верхушке центральной петли тРНК, — антикодон.

Если антикодон окажется комплементарен триплету нуклеотидов иРНК, находящемуся в данный момент в контакте с рибосомой, произойдет временное связывание тРНК с иРНК, и аминокислота будет включена в белковую цепь.

На следующем этапе освободившаяся тРНК уйдет в цитоплазму, а рибосома сделает «шаг» и сдвинется к следующему триплету иРНК. Затем к этому триплету подойдет тРНК с соответствующим антикодоном и доставит очередную аминокислоту, которая будет присоединена к растущему белку.

Таким образом, включение аминокислот в белковую цепь происходит строго в соответствии с последовательностью расположения триплетов цепи иРНК.

§ 2.11

Неклеточная форма жизни: вирусы

Вопрос 1. Как устроены вирусы?

Вирусы — это неклеточная форма жизни. Они имеют очень простое строение. Каждый вирус состоит из нуклеиновой кислоты (РНК или ДНК) и белка. Нуклеиновая кислота представляет собой генетический материал вируса; она окружена защитной оболочкой — капсидом. Капсид состоит из белковых молекул и обладает высокой степенью симметрии, имея, как правило, спиральную или многогранную форму. Кроме нуклеиновой кислоты внутри капсида могут находиться собственные ферменты вируса. Некоторые вирусы (например, вирус гриппа и ВИЧ) имеют дополнительную оболочку, образованную из клеточной мембраны хозяина.

Вопрос 2. Каков принцип взаимодействия вируса и клетки?

Вирус функционирует как внутриклеточный паразит. Он внедряется в клетку, блокирует в ней обмен веществ и использует ее ресурсы (ферменты, запасные вещества) для соб-

ственного размножения. Некоторые вирусы способны встраиваться в ДНК хозяина и переходить в скрытое состояние, в течение длительного времени никак не выдавая своего присутствия. В такой форме вирусы даже способны передаваться потомству хозяина.

Вопрос 3. Опишите процесс проникновения вируса в клетку.

Вирус связывается с поверхностью клетки-хозяина, а затем проникает внутрь целиком (эндоцитоз) или вводит в клетку свою нуклеиновую кислоту с помощью специальных механизмов. Например, бактериофаги «сажаются» на клеточную мембрану бактерии-хозяина, а затем «выворачиваются наизнанку», высвобождая нуклеиновую кислоту внутрь бактерии. Некоторые вирусы содержат внутри капсида ферменты, растворяющие защитные оболочки клетки-хозяина.

Вопрос 4. В чем проявляется действие вирусов на клетку?

Генетический материал вируса взаимодействует с ДНК хозяина таким образом, что клетка сама начинает синтезировать необходимые вирусу белки. Одновременно происходит копирование нуклеиновых кислот паразита. Через некоторое время в цитоплазме хозяина начинается самосборка новых вирусных частиц. Эти частицы покидают клетку постепенно, не вызывая ее гибели, но изменяя работоспособность, либо выходят одновременно в

большом количестве, что приводит к разрушению клетки.

Вопрос 5. Используя знания о путях распространения вирусных и бактериальных инфекций, предложите пути предотвращения инфекционных заболеваний.

Если заболевание широко распространено на данной территории, целесообразно провести вакцинацию населения. Необходим постоянный медицинский контроль, чтобы быстро обнаружить вспышку заболевания и предотвратить его распространение. Многие инфекции передаются воздушно-капельным путем (например, вирус гриппа). Во время вспышек таких заболеваний имеет смысл использовать ватно-марлевые повязки или респираторы.

Есть возбудители заболеваний, которые передаются через предметы обихода, пищу и воду. К ним относятся вирус гепатита А, холерный вибрион, чумная палочка и многие другие. Чтобы избежать заражения, необходимо соблюдать правила личной гигиены: мыть руки перед едой, не пользоваться чужими личными вещами (полотенцем, зубной щеткой), мыть фрукты и овощи, избегать контакта с больными. Необходим постоянный санитарный контроль состояния источников воды и пищевых продуктов, а также дезинфекция помещений, стерилизация инструментов и перевязочного материала.

Существуют заболевания, передающиеся через кровь и другие жидкости тела, в частнос-

ти ВИЧ и вирус гепатита С. В группы риска по таким заболеваниям попадают наркоманы (часто шприцы используются больше одного раза) и лица, практикующие беспорядочные незащищенные половые контакты. Пока не существует эффективных методов лечения таких заболеваний, поэтому лучшим способом защиты является соблюдение следующих мер предосторожности:

- следует избегать случайных половых связей, а при контактах изолировать себя при помощи презерватива;

- в медицине и косметологии необходимо использовать одноразовые шприцы и тщательно стерилизовать инструменты многократного использования;

- донорскую кровь следует обязательно проверять на наличие вирусов.

Организм

§ 3.1

Организм — единое целое. Многообразие организмов

Вопрос 1. Что такое организм? Постарайтесь дать определение этого понятия.

Организм — это биологическая система, являющаяся неделимой единицей жизни и функционирующая как единое целое. Он состоит из взаимосвязанных элементов и характеризуется их строгим соподчинением и взаимодействием. Для организма характерны все признаки живого: обмен веществ, превращения энергии, рост, развитие и размножение, наследственность и изменчивость.

Вопрос 2. Что такое одноклеточный организм? Приведите примеры.

Одноклеточный организм — это организм, тело которого состоит из одной клетки. В этом случае клеточный и организменный уровни

организации живой материи совпадают. Примеры одноклеточных организмов:

- все прокариоты — бактерии и синезеленые водоросли (цианобактерии);
- грибы — одноклеточные дрожжи;
- растения — одноклеточные зеленые водоросли (хламидомонада, хлорелла);
- животные — простейшие (амебы, инфузории, споровики).

Вопрос 3. Какие особенности строения клетки могут обеспечить выполнение функций, свойственных целостному организму?

Кроме органоидов, характерных для всякой клетки, у одноклеточных организмов существуют также органоиды специального назначения, помогающие им осуществлять функции организменного уровня:

- движение и захват пищи — ложноножки (амеба), жгутики (эвглена), реснички (инфузория);
- выделение — сократительные вакуоли;
- раздражимость — светочувствительный глазок (эвглена, хламидомонада).

Вопрос 4. Подумайте, какое значение для эволюции жизни на Земле имело появление многоклеточности.

Появление многоклеточности сделало возможным формирование специализированных клеток, развитие разнообразных, выполняющих определенные функции тканей и органов. Специализация, в свою очередь, повышает эф-

фективность работы организма в целом, усложняет его структуру, обеспечивает более сложные и адаптивные формы поведения. Таким образом, появление многоклеточности стало важнейшим этапом в эволюции жизни на Земле.

§ 3.2

Обмен веществ и превращение энергии. Энергетический обмен

Вопрос 1. Что такое диссимиляция? Перечислите ее этапы.

Диссимиляция, или энергетический обмен, — это совокупность реакций расщепления высокомолекулярных соединений, которые сопровождаются выделением и запасанием энергии.

Диссимиляция у аэробных (кислорододышащих) организмов происходит в три этапа:

подготовительный — расщепление высокомолекулярных соединений до низкомолекулярных без запасания энергии;

бескислородный — частичное бескислородное расщепление соединений, энергия запасается в виде АТФ;

кислородный — окончательное расщепление органических веществ до углекислого газа и воды, энергия также запасается в виде АТФ.

Диссимиляция у анаэробных (не использующих кислород) организмов происходит в

два этапа: подготовительный и бескислородный. В данном случае органические вещества расщепляются не полностью и энергии запасается гораздо меньше.

Вопрос 2. В чем заключается роль АТФ в обмене веществ в клетке?

АТФ (аденозинтрифосфорная кислота) — нуклеотид, состоящий из азотистого основания (аденина), пятиуглеродного моносахарида (рибозы) и трех остатков фосфорной кислоты. Это универсальное, встречающееся в самых разных клетках макроэргическое соединение, в котором между остатками фосфорной кислоты присутствуют две высокоэнергетические связи. При разрыве такой связи отщепляется остаток фосфорной кислоты и высвобождается большое количество энергии (40 кДж/моль). При этом АТФ превращается в АДФ. Если произойдет отщепление второго остатка фосфорной кислоты, АДФ превратится в АМФ. Все процессы в живых организмах, требующие затрат энергии, сопровождаются превращением молекул АТФ в АДФ (или даже в АМФ).

Вопрос 3. Какие структуры клетки осуществляют синтез АТФ?

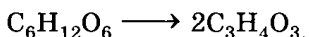
В эукариотических клетках синтез основной массы АТФ из АДФ и фосфорной кислоты происходит в митохондриях и сопровождается поглощением (запасанием) энергии. В пластидах АТФ образуется как промежуточный продукт световой стадии фотосинтеза.

Вопрос 4. Расскажите об энергетическом обмене в клетке на примере расщепления глюкозы.

Энергетический обмен у аэробных организмов происходит в три этапа.

Подготовительный. В желудочно-кишечном тракте и лизосомах клеток под действием пищеварительных ферментов полисахарида расщепляются до моносахаридов, в частности до глюкозы. Выделяющаяся при этом энергия не запасается, а рассеивается в виде тепла.

Бескислородный. В результате гликолиза одна молекула глюкозы расщепляется до двух молекул пировиноградной кислоты:

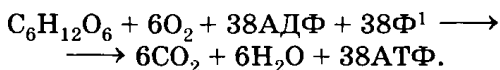


При этом 60% выделившейся энергии превращается в тепло, а 40% запасается в виде АТФ. При распаде одной молекулы глюкозы образуется 2 молекулы АТФ. Затем у анаэробных организмов происходит брожение — спиртовое (C_2H_5OH — этиловый спирт) или молочнокислое ($C_3H_6O_3$ — молочная кислота). У аэробных организмов наступает третий этап энергетического обмена.

Кислородный. На этом этапе входящие в состав пировиноградной кислоты углерод и водород соединяются с кислородом с образованием углекислого газа и воды. При этом освобождается большое количество энергии, большая часть которой запасается в виде АТФ. При окислении двух молекул пировиноградной кислоты выделяется энергия, позволяю-

щая образовать 36 молекул АТФ. Процесс этот идет в митохондриях и делится на две многоступенчатые стадии (цикл Кребса и окислительное фосфорилирование).

Итоговое уравнение кислородного пути диссимилиации:



§ 3.3

Пластический обмен. Фотосинтез

Вопрос 1. Что такое ассимиляция?

Ассимиляция, или *пластический обмен*, — это совокупность всех процессов биосинтеза, протекающих в живых организмах. Ассимиляция всегда сопровождается поглощением энергии, источником которой могут являться молекулы АТФ (например, в ходе биосинтеза белка) или солнечный свет (в случае фотосинтеза). Кроме энергии для осуществления процессов ассимиляции нужен материал, из которого организм сможет образовывать необходимые ему органические соединения. Для автотрофов это углекислый газ (CO_2), вода, минеральные соли. Гетеротрофам нужны готовые органические соединения. В их числе так называемые незаменимые ве-

¹ Ф — остаток фосфорной кислоты.

щества: молекулы, которые гетеротрофы самостоятельно синтезировать не могут и должны получать с пищей. В случае человека это витамины, жирные кислоты с большим количеством двойных связей, многие аминокислоты.

Вопрос 2. Опишите известные вам типы питания.

Существует три типа питания.

Автотрофное питание. Автотрофные организмы способны самостоятельно синтезировать необходимые органические соединения, используя в качестве источника углерода углекислый газ. Источником энергии при этом является солнечный свет или окисление неорганических соединений.

Гетеротрофное питание. Гетеротрофные организмы в качестве источника углерода и в качестве источника энергии используют готовые органические вещества.

Миксотрофное питание. Миксотрофные организмы способны питаться и как автотрофы, и как гетеротрофы. Например, эвглена зеленая на свету ведет себя как автотроф, самостоятельно синтезируя органические вещества, а в темноте — как гетеротроф (питается готовыми органическими соединениями). К миксотрофам относятся также некоторые паразитические высшие растения.

Вопрос 3. Какие организмы называют автотрофными?

Как указано в предыдущем ответе, автотрофными называют организмы, способные

синтезировать органические вещества за счет энергии солнечного света или энергии, выделяющейся при окислении неорганических соединений. При этом источником углерода является углекислый газ. К организмам, использующим энергию солнечного света, относятся растения, цианобактерии и некоторые бактерии. Все они объединены в группу *фотосинтетиков*. Растения и цианобактерии (сине-зеленые водоросли) осуществляют фотосинтез с выделением кислорода; бактерии — без выделения кислорода. Автотрофов, использующих для получения энергии окисление неорганических веществ, называют *хемосинтетиками*. К ним относят несколько древних групп прокариот: серобактерии (окисляют сероводород до серы), железобактерии (окисляют Fe^{2+} до Fe^{3+}) и др.

Вопрос 4. Почему у зеленых растений в результате фотосинтеза выделяется в атмосферу свободный кислород?

Если вода находится в жидком состоянии, то небольшая часть ее молекул обязательно распадается на ионы H^+ и OH^- . Во время световой фазы фотосинтеза часть избыточной энергии хлорофилла тратится на превращение ионов H^+ в атомы водорода. Оставшиеся без своей «пары» ионы OH^- отдают электроны хлорофиллу, превращаясь в свободные радикалы OH . Радикалы активно взаимодействуют между собой, образуя воду и молекулярный кислород: $4OH \longrightarrow 2H_2O + O_2$.

Таким образом, выделение в атмосферу свободного кислорода происходит в ходе световой фазы фотосинтеза. Источником кислорода являются молекулы H_2O , в связи с чем описанный процесс называют еще фотолизом воды (разложением воды под действием света). Кислород является побочным продуктом фотосинтеза. Однако в ходе эволюции живые организмы быстро научились использовать его для дыхания, т. е. для более полного окисления органических веществ.

Вопрос 5. Каковы признаки гетеротрофного типа питания? Приведите примеры гетеротрофных организмов.

При гетеротрофном типе питания в качестве источника углерода и источника энергии организмы используют готовые органические соединения. Следовательно, гетеротрофные организмы полностью зависят от автотрофных, которые служат для них поставщиками органических веществ — прямыми (в случае травоядных) либо опосредованными (в случае, например, хищников). Гетеротрофные организмы — это все животные, грибы, большинство бактерий.

Вопрос 6. Как вы думаете, почему все живое на Земле можно назвать «детьми Солнца»?

Основным процессом, обеспечивающим появление на Земле органических веществ, является фотосинтез. Источником же энергии для фотосинтеза является солнечный свет. По-

что все живые организмы используют энергию солнечного света, одни напрямую, запасая ее в виде органических соединений (фотосинтезики-автотрофы), другие опосредованно через использование готовых органических соединений, созданных растениями (гетеротрофы). Исключение составляет лишь уникальная группа бактерий-хемосинтетиков.

§ 3.4

Деление клетки. Митоз

Вопрос 1. Что такое жизненный цикл клетки?

Жизненный цикл клетки — это период ее жизни от момента возникновения в процессе деления до гибели или конца последующего деления. Длительность жизненного цикла сильно варьирует и зависит от типа клеток и условий внешней среды: температуры, наличия кислорода и питательных веществ. Жизненный цикл амебы равен 36 часам, а у некоторых бактерий он составляет 20 минут. Для нервных клеток или, например, клеток хрусталика его продолжительность составляет годы и десятилетия.

Вопрос 2. Каким образом в митотическом цикле происходит удвоение ДНК? В чем смысл этого процесса?

Удвоение ДНК происходит во время интерфазы. Сначала две цепи молекулы ДНК расхо-

дятся, а потом на каждой из них по принципу комплементарности синтезируется новая полинуклеотидная последовательность. Этот процесс идет под управлением особых ферментов с затратой энергии АТФ. Новые молекулы ДНК являются абсолютно идентичными копиями исходной (материнской). Не происходит никаких изменений генов, что обеспечивает стабильность наследственной информации, предотвращая нарушение функционирования дочерних клеток и всего организма в целом. Удвоение ДНК также обеспечивает постоянство количества хромосом из поколения в поколение.

Вопрос 3. В чем заключается подготовка клетки к митозу?

Подготовка клетки к митозу происходит в интерфазе. Во время интерфазы активно идут процессы биосинтеза, клетка растет, образует органоиды, накапливает энергию, а главное, происходит удвоение (редупликация) ДНК. В результате редупликации образуются две идентичные молекулы ДНК, соединенные в области центромеры. Такие молекулы называют хроматидами. Две парные хроматиды образуют хромосому.

Вопрос 4. Опишите последовательно фазы митоза.

Митоз условно разделяют на четыре фазы.

Профаза. Хромосомы в ядре начинают активно спирализоваться, приобретая компакт-

ную форму. В результате считывание информации с ДНК становится невозможным, и синтез РНК прекращается. К концу профазы распадается ядерная оболочка; центриоли, расположившиеся на полюсах клетки, образуют нити веретена деления.

Метафаза. На этом этапе наблюдается максимальная спирализация (уплотнение) хромосом. Они располагаются в экваториальной области клетки. Нити веретена деления прикрепляются к центромерам.

Анафаза. В хромосомах происходит замыкание центромер и, как следствие, разделение хроматид. Нити веретена деления оттягивают хроматиды (каждая из которых теперь становится отдельной хромосомой) к полюсам клетки.

Телофаза. Хромосомы, оказавшись у полюсов клетки, раскручиваются; вокруг них на обоих полюсах клетки формируются ядерные оболочки. Образуются ядра, содержащие одинаковые диплоидные наборы хромосом. Происходит окончательное разделение клетки на две части.

В результате митоза образуются две дочерние клетки, идентичные исходной материнской клетке.

Вопрос 5. Каково биологическое значение митоза?

Митоз — важнейший биологический процесс, поскольку:

- в результате митоза из одной материнской клетки образуются две дочерние, ей

идентичные, что обеспечивает поддержание генетической стабильности клеток;

- митоз обеспечивает рост организмов;
- благодаря митозу осуществляется регенерация и замена отмирающих клеток;
- митоз обеспечивает вегетативное размножение у растений и бесполое размножение у одноклеточных эукариот.

§ 3.5

Размножение: половое и бесполое

Вопрос 1. Докажите, что размножение — одно из важнейших свойств живой природы.

Каждый организм на Земле смертен, и для того, чтобы численность вида не уменьшалась, необходимо постоянно восполнять потерю отдельных особей. Для этого существует размножение — процесс воспроизведения себе подобных. Оно обеспечивает непрерывность и преемственность поколений, точное копирование и передачу генетической информации от родителей потомству. В итоге размножение способствует существованию вида на протяжении очень длительного времени, несмотря на ограниченный срок жизни отдельных организмов.

Вопрос 2. Какие основные типы размножения вам известны?

Существует два основных типа размножения: бесполое и половое. *Бесполое размно-*

жение происходит без участия специализированных половых клеток. Оно характерно для многих одноклеточных организмов, но встречается также у многоклеточных (например, у растений). *Половое размножение* — процесс, происходящий с участием специализированных половых клеток (гамет). Этот тип размножения характерен в большей степени для многоклеточных организмов, но наблюдается и у одноклеточных (например, у некоторых видов одноклеточных водорослей).

Вопрос 3. Что такое бесполое размножение? Какой процесс лежит в его основе?

Бесполое размножение — это тип размножения, происходящий без образования гамет. Для его осуществления необходим только один организм. В результате бесполого размножения новая особь развивается из одной или группы соматических клеток материнского организма. В основе бесполого размножения лежит митоз. При бесполом размножении дочерний организм на генетическом уровне является точной копией материнского.

Вопрос 4. Перечислите способы бесполого размножения; приведите примеры.

Существует несколько способов бесполого размножения.

Деление одноклеточных (разделение материнской клетки на две и более дочерних). Таким способом размножаются прокариоты, одноклеточные зеленые водоросли, амёбы, ин-

фузории, жгутиковые. У некоторых простейших (фораминифер, споровиков) существует особый способ множественного деления — *шизогония*. При шизогонии ядро материнской особи делится путем быстро следующих друг за другом делений на несколько ядер. В дальнейшем многоядерная особь распадается на соответствующее число одноядерных клеток.

Спорообразование. Характерно для грибов и многих растений. При этом формируются специализированные клетки — споры. Споры могут развиваться в особых органах (спорангии мхов и папоротников) или открыто (например, на нижней поверхности шляпки пластинчатых грибов).

Вегетативное размножение. Новый организм развивается из группы родительских клеток. У растений вегетативное размножение обычно осуществляется с помощью специализированных частей тела: луковиц (тюльпан), клубней (картофель), усов (земляника) и др. У животных существуют два пути вегетативного размножения: почкование, когда материнская особь образует группу клеток, из которой развивается новый организм (гидра), и фрагментация. В последнем случае происходит разделение тела животного на части, каждая из которых дает начало новой особи (плоские и кольчатые черви, кишечнополостные).

Вопрос 5. Возможно ли появление генетически разнородного потомства при бесполом размножении?

При бесполом размножении происходит точное копирование генетического материала

материнской особи, и дочерние организмы идентичны материнскому. Появление генетически разнородного потомства при бесполом размножении невозможно. Разработанным в лаборатории способом бесполого размножения является клонирование (см. также ответ на вопрос 6 к § 3.19).

Вопрос 6. Чем половое размножение отличается от бесполого? Сформулируйте определение полового размножения.

В половом размножении участвуют специализированные половые клетки, несущие гаплоидный набор хромосом. В большинстве случаев новое поколение возникает в результате слияния двух гамет разных организмов. Поэтому, в отличие от бесполого размножения, при половом размножении дочерняя особь получает наследственную информацию от обоих родителей (50% от матери и 50% от отца) и обладает собственной комбинацией генетического материала. У многих видов, для которых характерно половое размножение, существуют мужские и женские особи, формирующие разные по размеру и свойствам гаметы: крупные неподвижные яйцеклетки и мелкие подвижные сперматозоиды. Такие виды называют раздельнополыми.

В целом можно сказать, что *половое размножение* — это процесс образования диплоидного дочернего организма, который происходит при участии половых клеток, несущих гаплоидный набор хромосом.

Вопрос 7. Подумайте, какое значение для эволюции жизни на Земле имело появление полового размножения.

При половом размножении у потомства образуются новые комбинации генетического материала. Тем самым формируется наследственная изменчивость и создаются предпосылки для лучшего естественного отбора в условиях изменяющейся окружающей среды. Следовательно, половое размножение ускоряет эволюцию живых существ. По сравнению с ним бесполое размножение при изменении внешних условиях далеко не всегда способно обеспечить выживание организмов.

§ 3.6

Образование половых клеток. Мейоз

Вопрос 1. Опишите строение половых клеток.

Половые клетки (гаметы) бывают двух типов. Женские гаметы — это яйцеклетки, мужские — сперматозоиды. *Яйцеклетки* крупные, округлые, неподвижные; они могут содержать запас питательных веществ в виде желтка (особенно много желтка в икринках рыб, яйцах пресмыкающихся и птиц). *Сперматозоиды* — мелкие подвижные клетки, которые, как правило, имеют головку, шейку и хвост-жгутик, обеспечивающий их подвиж-

ность. В шейке располагаются митохондрии, в головке — ядро, содержащее хромосомы. У семенных растений мужские гаметы переносятся к яйцеклеткам с помощью особой структуры — пыльцевой трубки. В связи с этим они не имеют жгутика и называются спермиями.

Вопрос 2. От чего зависит размер яйцеклеток?

Размер яйцеклеток зависит от наличия или отсутствия в них запаса питательных веществ. Яйцеклетки, содержащие много желтка (например, у птиц), имеют размеры от нескольких миллиметров до 15 см. Яйцеклетки, почти не содержащие запаса питательных веществ, значительно мельче. В свою очередь, количество желтка определяется тем, развивается ли оплодотворенная яйцеклетка самостоятельно, либо заботу о зародыше берет на себя материнский организм. В последнем случае какой-либо значительный запас питания не нужен (у плацентарных млекопитающих размер яйцеклеток составляет всего 0,1—0,3 мм).

Вопрос 3. Какие периоды выделяют в процессе развития половых клеток?

В ходе развития половых клеток выделяют:

- *период размножения* — клетки стенок половых желез активно делятся митозом, образуя незрелые половые клетки (клетки-предшественницы); у мужчин этот процесс начинается с наступлением половой зрелости и идет почти всю жизнь, у женщин завершается еще в эмбриональном периоде;

• *период роста* — происходит увеличение цитоплазмы клеток-предшественниц, накопление необходимых питательных и строительных веществ, удвоение ДНК; этот процесс лучше выражен у яйцеклеток;

• *период созревания* — происходит мейотическое деление клеток-предшественниц, приводящее к образованию из одной диплоидной клетки четырех гаплоидных; при сперматогенезе все четыре клетки одинаковые, в дальнейшем они превращаются в зрелые сперматозоиды; в овогенезе формируются три мелкие клетки (направительные тельца) и одна крупная (будущая яйцеклетка).

Вопрос 4. Расскажите, как протекает период созревания (мейоз) в процессе сперматогенеза; овогенеза.

В процессе *сперматогенеза* клетка-предшественница претерпевает два последовательных деления. В результате первого деления образуются две клетки, несущие гаплоидный набор хромосом (каждая хромосома содержит по две хроматиды). Перед вторым делением удвоения генетического материала не происходит. В результате образуются четыре клетки — будущие сперматозоиды, которые постепенно приобретают зрелый вид и становятся подвижными.

В *овогенезе* профазы I мейоза завершается в эмбриональном периоде; дальнейшие стадии идут лишь после полового созревания. Раз в месяц одна из клеток продолжает развитие. В результате первого деления образуется крупная клетка-предшественница яйцеклетки и

мелкое полярное тельце, которые вступают во второе деление. На стадии метафазы II предшественница яйцеклетки овулирует — выходит из яичника и попадает в брюшную полость, а затем в яйцевод. Второе мейотическое деление завершается, только если произошло оплодотворение. В противном случае так и не сформировавшаяся женская гамета погибает и выводится из организма. Полярные тельца также через некоторое время погибают. Их роль — удаление избытка генетического материала и перераспределение питательных веществ (практически все они достаются яйцеклетке).

Вопрос 5. Перечислите отличия мейоза от митоза.

Мейоз, в отличие от митоза, состоит из двух делений. Профаза I гораздо продолжительнее профазы митоза. На этой стадии мейоза происходит конъюгация гомологичных хромосом; они могут обмениваться участками, что приводит к рекомбинации наследственной информации. Между первым и вторым делением мейоза удвоения генетического материала не происходит.

Принципиальным отличием мейоза является то, что в анафазе I к разным полюсам клетки расходятся не хроматиды (как в анафазе митоза), а гомологичные хромосомы. Именно в этот момент происходит превращение диплоидного хромосомного набора в гаплоидный.

При таком расхождении в формирующихся клетках образуется случайная комбинация материнских и отцовских хромосом, что опре-

деляет генетическое разнообразие будущих гамет. Иными словами, в результате мейоза возникают генетически различающиеся клетки, в то время как после митоза все дочерние клетки идентичны исходной материнской.

Вопрос 6. В чем заключается биологический смысл и значение мейоза?

Биологический смысл мейоза заключается в поддержании постоянства числа хромосом в ряду поколений. Значение мейоза состоит в том, что он создает возможность полового размножения, поскольку именно в результате мейоза образуются гаплоидные гаметы. В ходе оплодотворения такие гаметы сливаются, что ведет к восстановлению диплоидности. В отсутствие мейоза слияние диплоидных клеток приводило бы к удвоению числа хромосом у каждого последующего поколения. К тому же, благодаря рекомбинации участков гомологичных хромосом в профазе I, а также случайному расхождению хромосом в анафазе I, увеличивается генетическое разнообразие потомства.

§ 3.7

Оплодотворение

Вопрос 1. Что такое оплодотворение?

Оплодотворение — это процесс слияния сперматозоида и яйцеклетки, сопровождающийся объединением их генетического мате-

риала. В результате образуется зигота — диплоидная клетка, из которой развивается новый организм, генетически отличающийся от родителей. Оплодотворение, как правило, бывает перекрестным — в случае, если сливаются гаметы разных организмов-родителей. Гораздо реже встречается самооплодотворение (самоопыление) — слияние гамет одного организма. Оно возможно, например, при отсутствии половых партнеров (паразитические ленточные черви). В случае растений самоопыление широко используется в селекции для сохранения полезных свойств сорта.

Вопрос 2. Какие типы оплодотворения вы знаете?

Существует два основных типа оплодотворения.

Наружное оплодотворение — половые клетки сливаются вне организма самки. Такой тип оплодотворения существует у многих рыб, земноводных, моллюсков и некоторых червей. При наружном оплодотворении организмы образуют большое количество как женских, так и мужских половых клеток (например, луна-рыба выметывает до 30 млн икринок).

Внутреннее оплодотворение — встреча и слияние гамет — происходит в половых путях самки. В этом случае вероятность оплодотворения и выживания зиготы намного выше, поэтому половых клеток (особенно яйцеклеток) образуется гораздо меньше. Внутреннее оплодотворение присуще многим водным организмам, а на суше оно становится единственным надежным способом обеспечить слияние

гамет. При внутреннем оплодотворении зигота получает возможность развиваться, оставаясь в теле матери.

Вопрос 3. В чем заключается процесс двойного оплодотворения?

Двойное оплодотворение характерно для цветковых растений. В их завязи образуется зародышевый мешок с восемью гаплоидными ядрами. Два из них сливаются, образуя диплоидную клетку; одно, отделяясь, превращается в яйцеклетку; остальные пять являются вспомогательными.

Когда пыльца попадает на рыльце пестика, гаплоидная клетка пыльцевого зерна делится, образуя два неподвижных спермия и особую, так называемую вегетативную клетку. Вегетативная клетка, прорастая, формирует пыльцевую трубку, переносящую спермии к завязи.

Попадая в завязь, один из спермиев сливается с яйцеклеткой, образуя диплоидную зиготу, из которой в дальнейшем развивается зародыш семени. Второй спермий сливается с диплоидной клеткой завязи, образуя триплоидную клетку, из которой затем формируется питательная ткань семени (эндосперм).

Вопрос 4. Каково значение искусственного оплодотворения в растениеводстве и животноводстве?

Применяя искусственное оплодотворение в *растениеводстве*, можно осуществлять определенное, заранее запланированное скрещи-

вание, получать сорта растений с необходимыми свойствами. Кроме того, можно поддерживать свойства сорта, производя самоопыление.

В *животноводстве* искусственное оплодотворение позволяет получить многочисленное потомство от одного производителя, т. е. за короткое время вырастить большое количество животных с нужными признаками. Современные технологии позволяют длительно сохранять гаметы перспективных особей и перевозить их на большие расстояния, что также расширяет возможности животноводов и селекционеров.

§ 3.8

Индивидуальное развитие организмов

Вопрос 1. Что называют индивидуальным развитием организма?

Индивидуальным развитием организма или *онтогенезом* называют всю совокупность преобразований особи от возникновения до конца жизни. В клетке, с которой начинается онтогенез, заложена программа развития организма. Она реализуется путем взаимодействия ядра (генетической информации) и цитоплазмы каждой клетки, а также клеток и тканей друг с другом.

У бактерий и одноклеточных эукариот онтогенез начинается в момент образования но-

вой клетки в результате деления и заканчивается смертью или новым делением.

У многоклеточных организмов, размножающихся бесполом путем, онтогенез начинается с момента обособления клетки или группы клеток материнского организма.

У организмов, размножающихся половым путем, онтогенез начинается с момента оплодотворения и возникновения зиготы.

Вопрос 2. Перечислите периоды онтогенеза.

Вопрос 3. Какое развитие называют эмбриональным, а какое — постэмбриональным?

Онтогенез подразделяется на два периода. Первый из них — *эмбриональный период* (эмбриогенез) длится с момента оплодотворения и до выхода из яйца или рождения. Опишем его стадии на примере ланцетника.

• *Дробление*: яйцеклетка многократно и быстро делится митозом, интерфазы очень короткие;

• *бластула*: образуется полый шар, состоящий из одного слоя клеток; на одном из полюсов шара клетки начинают делиться активнее, подготавливая следующую стадию;

• *гастрола*: образуется в результате впячивания более активно делящегося полюса бластулы; *ранняя гастрола* представляет собой двухслойный зародыш; его наружный слой (зародышевый листок) называется эктодерма, внутренний слой — энтодерма; полость гастролы представляет собой будущую кишечную полость организма; *поздняя гастрола* —

трехслойный зародыш: формируется у всех организмов (кроме кишечнополостных и губок) при закладке третьего зародышевого листка — мезодермы, возникающей между эктодермой и энтодермой;

• *гисто- и органогенез*: происходит развитие тканей и систем органов зародыша.

Второй стадией онтогенеза является *постэмбриональный период*. Он длится от момента выхода из яйца (или рождения) и до смерти.

Вопрос 4. Какие существуют типы постэмбрионального развития организма? Приведите примеры.

Существует два типа постэмбрионального развития.

Непрямое развитие, или *развитие с метаморфозом*. Этот тип развития характеризуется тем, что родившаяся особь (личинка) часто совсем не похожа на взрослый организм. По истечении некоторого времени она претерпевает метаморфоз — превращение во взрослую форму. Непрямое развитие присуще амфибиям, насекомым и многим другим организмам.

Прямое развитие. При данном типе развития родившийся детеныш похож на взрослую особь. Прямое развитие бывает яйцекладное и внутриутробное. При яйцекладном развитии зародыш первый этап онтогенеза проводит в яйце, снабженном питательными веществами и защищенном оболочкой (скорлупой) от окружающей среды. Так развиваются, например, детеныши птиц, пресмыкаю-

щихся и яйцекладущих млекопитающих. При внутриутробном развитии рост эмбриона происходит внутри материнского организма. Все жизненные функции (питание, дыхание, выделение и др.) осуществляются путем взаимодействия с матерью через особый орган — плаценту, образованный тканями матки и зародышевыми оболочками детеныша. Внутриутробный тип развития свойствен всем высшим млекопитающим, в том числе и человеку.

Вопрос 5. В чем заключается биологическое значение метаморфоза?

Метаморфоз дает возможность особям разного возраста не конкурировать за пищу. Например, головастики и лягушки, бабочки и гусеницы имеют разные источники пищи. Также наличие личиночной стадии часто увеличивает возможность расселения организмов. Это особенно важно, если взрослые особи ведут малоподвижный образ жизни (например, многие морские моллюски, черви и членистоногие).

Вопрос 6. Расскажите о зародышевых листках.

Первые два зародышевых листка — *эктодерма* и *энтодерма* закладываются на стадии образования гастрюлы из бластулы. Позднее у всех (кроме кишечнополостных и губок) развивается третий зародышевый листок — *мезодерма*, которая располагается между эк-

тодермой и энтодермой. Далее из трех зародышевых листков развиваются все органы эмбриона. Например, у человека из эктодермы формируются нервная система, кожные железы, эмаль зубов, волосы, ногти, наружный эпителий. Из энтодермы — ткани, выстилающие кишечник и дыхательные пути, легкие, печень, поджелудочная железа. Из мезодермы образуются мышцы, хрящевой и костный скелет, органы выделительной, эндокринной, половой и кровеносной систем.

Вопрос 7. Что такое дифференцировка клеток? Как она осуществляется в процессе эмбрионального развития?

Дифференцировка — это процесс превращения неспециализированных зародышевых клеток в различные клетки организма, отличающиеся по строению и выполняющие определенные функции. Дифференцировка начинается не сразу, а на определенной стадии развития и осуществляется путем взаимодействия зародышевых листков (на раннем этапе) и зачатков органов (на более позднем этапе).

Некоторые клетки даже у взрослого организма остаются не до конца дифференцированными. Такие клетки называют *стволовыми*. У человека они находятся, например, в красном костном мозге. В настоящее время активно исследуется возможность использования стволовых клеток для лечения многих заболеваний, восстановления органов после травм и т. д.

Вопрос 8. Охарактеризуйте понятие «рост». Что такое определенный рост? Неопределенный рост?

Рост организма — это увеличение его размеров и массы. При типе роста, который называют *определенным*, организм, достигнув некоторого уровня зрелости, перестает наращивать размеры. Такой тип роста характерен для большинства животных. Если организм растет всю жизнь, то говорят о *неопределенном* типе роста. Он свойствен растениям, рыбам, моллюскам, земноводным.

§ 3.9

Онтогенез человека. Репродуктивное здоровье

Вопрос 1. Назовите особенности онтогенеза, характерные для человека.

Для человека характерен внутриутробный тип развития. После оплодотворения при дроблении возникает шар, состоящий из двух типов клеток: более темных, располагающихся внутри и медленно делящихся, и более светлых, располагающихся снаружи. Из темных клеток в дальнейшем будет формироваться тело эмбриона, из светлых — специальные органы, обеспечивающие связь с материнским организмом (зародышевые оболочки, пуповина и др.).

Первые 5—6 суток зародыш по яйцеводу движется к матке. Далее он внедряется в ее

стенку и начинает получать кислород и питательные вещества от матери. К этому моменту стадии бластулы и гастролы уже пройдены. После появления третьего зародышевого листка начинается органогенез: закладывается хорда, потом нервная трубка, затем — все остальные органы. Органогенез завершается к 9-й неделе; с этого момента начинается быстрое увеличение массы эмбриона и его начинают называть «плод».

Длительная (38—40 недель) беременность, характерная для человека, позволяет ребенку родиться хорошо сформированным, способным к многим движениям, с развитым вкусом, слухом и т. д. Еще одной особенностью онтогенеза человека является увеличение дорепродуктивного периода, что расширяет возможности обучения и получения социальных навыков.

Вопрос 2. Как никотин, алкоголь и наркотические вещества влияют на развитие зародыша человека?

При попадании в организм матери никотин через плаценту легко проникает в кровеносную систему плода, вызывая сужение его сосудов. Это приводит к ухудшению снабжения ребенка кислородом и питательными веществами, что может вызвать задержку развития. У курящих женщин чаще происходят преждевременные роды или выкидыши на поздних сроках беременности. Никотин на 30% повышает вероятность детской смертности и на 50% — вероятность развития пороков сердца.

Алкоголь также легко проходит через плаценту, вызывая у плода задержку умственного развития, микроцефалию, расстройства поведения, снижение скорости роста, слабость мышц. Алкоголь существенно повышает вероятность возникновения отклонений в развитии ребенка.

Очень сильно воздействуют на плод наркотические вещества. Они не только вызывают тяжелые нарушения его развития, но и способны привести к формированию зависимости, когда после рождения у ребенка возникает синдром отмены.

Вопрос 3. Какие факторы внешней среды оказывают влияние на развитие зародыша человека?

На развитие зародыша могут оказывать влияние:

- уровень обеспеченности организма матери питательными веществами;
- экология окружающей среды;
- употребление матерью никотина, алкоголя, наркотических и лекарственных веществ;
- вирусные заболевания матери во время беременности: гепатиты, ВИЧ, краснуха и др.;
- стресс, переносимый матерью (сильные отрицательные эмоции, избыточная физическая нагрузка).

Вопрос 4. Перечислите периоды постэмбрионального развития человека.

Постэмбриональное развитие человека разделяют на три этапа:

дорепродуктивный этап — период детства, который у человека по сравнению с другими млекопитающими заметно увеличен;

репродуктивный этап — наиболее длительный период постэмбрионального развития, он начинается с момента полового созревания (11—14 лет);

пострепродуктивный этап (старение): наступает после окончания репродуктивного периода.

Старение затрагивает все уровни организации тела человека: происходит нарушение репликации ДНК и синтеза белков, снижается интенсивность обмена веществ в клетках, замедляется их деление и восстановление тканей после травм, ухудшается работа всех систем органов. Вместе с тем при соблюдении разумного режима питания, активном образе жизни и надлежащем медицинском обслуживании данный период можно продлить на несколько десятилетий.

Вопрос 5. К каким последствиям в развитии человека может привести недостаток витамина D и неполноценное питание?

Витамин D, как известно, регулирует всасывание кальция в кишечнике и его отложение в костях. Недостаток витамина D ведет, прежде всего, к нарушениям в формировании скелета (рахит).

Неполноценное питание, и в первую очередь недостаток белков животного происхождения, приводит к замедлению роста детей и появлению у них психических отклонений

(отставание в умственном развитии). Это состояние называют белковым голоданием. Оно обусловлено дефицитом в растительных белках большинства необходимых нашему организму незаменимых аминокислот. Белки животного происхождения (молочные, яичные, мясные, рыбные) отчасти могут быть замещены лишь белками бобовых растений.

§ 3.10

Генетика — наука о закономерностях наследственности и изменчивости. Г. Мендель — основоположник генетики

Вопрос 1. Дайте определения понятий «наследственность» и «изменчивость».

Наследственность — это способность живых организмов передавать свои признаки, свойства и особенности развития следующему поколению. Она обеспечивает материальную и функциональную преемственность поколений, является причиной того, что новое поколение похоже на предыдущее. В основе наследования признаков лежит передача потомству генетического материала.

Изменчивость — это способность живых организмов существовать в различных формах, т. е. приобретать в процессе индивидуального развития признаки, отличные от качеств

других особей того же вида, в том числе и своих родителей. Изменчивость может определяться особенностями генов особи, их сочетанием и т. п., а может — взаимодействием особи и окружающей среды. В последнем случае даже генетически одинаковые организмы способны приобретать в процессе онтогенеза разные признаки и свойства.

Вопрос 2. Кто впервые открыл закономерности наследования признаков?

Первым человеком, который открыл закономерности наследования признаков, был австрийский ученый Грегор Мендель (1822—1884). Будучи монахом монастыря в Брюнне (Брно, современная Чехия), он в течение восьми лет (1856—1863) скрещивал разные сорта гороха. В 1865 г. Г. Мендель на заседании Общества естествоиспытателей г. Брюнна доложил о результатах своих экспериментов. Работа была оценена по достоинству лишь после 1900 г., когда три ботаника (Гуго де Фриз в Голландии, Карл Корренс в Германии и Эрих Чермак в Австрии) независимо друг от друга заново открыли закономерности наследования.

Вопрос 3. На каких растениях проводил опыты Г. Мендель?

Мендель проводил опыты на разных сортах посевного гороха. Для своих экспериментов он использовал 22 сорта гороха, отличающихся по семи признакам. Всего за время исследований он изучил более десяти тысяч растений.

Вопрос 4. Благодаря каким особенностям организации работы Г. Менделю удалось открыть законы наследования признаков?

Грегору Менделю удалось открыть законы наследования признаков благодаря следующим особенностям своей работы:

- экспериментальным растением являлся горох — неприхотливое растение, обладающее большой плодовитостью и дающее несколько урожаев в год;

- горох является самоопыляющимся растением, что позволяет избегать случайного попадания посторонней пыльцы. Мендель во время экспериментов по перекрестному опылению удалял тычинки и кисточкой переносил пыльцу одного родительского растения на пестик другого;

- Мендель исследовал качественные, четко различимые признаки, каждый из которых контролировался одним геном;

- при обработке данных ученый вел строгий количественный учет всех растений и семян.

§ 3.11

Закономерности наследования. Моногибридное скрещивание

Вопрос 1. Какое скрещивание называют моногибридным?

Моногибридное скрещивание — тип скрещивания, при котором родительские осо-

би отличаются друг от друга по одному изучаемому признаку, т. е. у них имеется различие только по одной паре аллелей. Классическим примером является скрещивание сортов гороха, отличающихся только цветом семян. Напомним, что аллелями называют различные состояния гена, определяющие различные проявления одного и того же признака. Один ген может находиться в двух аллельных вариантах (цвет семян гороха), трех (группы крови человека) и более. В чистых линиях все организмы имеют одинаковые аллели изучаемого гена.

Также моногибридным скрещиванием называют такое скрещивание, при котором прослеживают наследование только одной пары альтернативных признаков.

Вопрос 2. Что такое доминирование?

Доминирование — это явление преобладания у гибрида одного родительского признака над другим. Примером доминирования является желтая окраска всех семян гороха в первом поколении при скрещивании чистых линий с желтыми и зелеными семенами. Генетической основой доминирования является преобладание эффектов одного варианта (аллеля) гена над другим его вариантом. Так, например, в гене, отвечающем за окраску семян, закодирована структура фермента, в норме (аллель *A*) управляющего синтезом желтого красящего вещества — пигмента. Если такой ген «сломан» (аллель *a*), то фермент не функционирует, пигмент не образуется, и формиру-

ется зеленая окраска семян. Однако даже одного работающего аллеля из двух, находящихся в гомологичных хромосомах, достаточно, чтобы семена приобрели желтую окраску, т. е. аллель *A* доминирует над аллелем *a*.

Вопрос 3. Какой признак называют доминантным, а какой — рецессивным?

Доминантным называют признак, проявляющийся у гибридов первого поколения и подавляющий развитие другого признака. В примере с окраской семян гороха доминантный признак — желтая окраска. *Рецессивным* является признак родительского организма, подавляемый доминантным признаком и отсутствующий у гибридов первого поколения (зеленая окраска семян гороха).

Вопрос 4. Охарактеризуйте с генетических позиций понятия «гомозиготный» и «гетерозиготный» организм.

Гомозиготным называют организм, гомологичные хромосомы которого несут одинаковые аллели одного гена — два доминантных или два рецессивных. Гомозиготные организмы при скрещивании внутри чистой линии не дают в последующих поколениях расщепления по признаку, кодируемому данным геном.

Гомологичные хромосомы *гетерозиготного* организма несут разные (доминантный и рецессивный) аллели. Гетерозиготные организмы при взаимном скрещивании дают расщепление по признаку в последующих поколе-

ниях. Потомки, у которых проявляется рецессивный фенотип, гомозиготны (aa). Потомки, у которых проявляется доминантный фенотип, могут быть как гомозиготными (AA), так и гетерозиготными (Aa).

Вопрос 5. Сформулируйте закон расщепления. Почему он так называется?

Закон расщепления, или второй закон Менделя, звучит следующим образом: при скрещивании чистых линий во втором поколении гибридов (F_2) появляются особи с доминантными и рецессивными признаками, причем их соотношение равно 3 : 1. Этот закон имеет всеобщий характер для диплоидных организмов, размножающихся половым путем.

Закон называется так потому, что потомство однородных по рассматриваемому признаку гибридов первого поколения демонстрирует неоднородность (расщепление) в проявлении этого признака.

Вопрос 6. Что такое чистота гамет? На каком явлении основан закон чистоты гамет?

Чистота гамет — это наличие в гамете только одного наследственного фактора — гена из пары. При слиянии гамет число генов удваивается (восстанавливается двойной набор). Если происходит слияние гамет, несущих рецессивный аллель, то формируется организм с рецессивным признаком, при любом другом варианте слияния (рецессивный и до-

минантный или доминантный и доминантный) образуется организм с доминантным признаком.

В основе закона чистоты гамет лежит мейоз. При мейозе из диплоидных клеток, содержащих пары гомологичных хромосом, образуются гаплоидные гаметы, несущие лишь по одной хромосоме из каждой пары.

Вопрос 7. У человека аллель длинных ресниц доминирует над аллелем коротких. Женщина с длинными ресницами, у отца которой были короткие ресницы, вышла замуж за мужчину с короткими ресницами. Какова вероятность рождения в данной семье ребенка с длинными ресницами? Какие генотипы могут быть у детей этой супружеской пары?

Так как у отца женщины были короткие ресницы (рецессивный признак), то его генотип aa и его дочь получила от него рецессивный аллель a . Однако женщина имеет длинные ресницы, значит, в ее генотипе также обязательно есть аллель A и ее генотип Aa . У ее мужа короткие ресницы, следовательно, его генотип aa . В этом браке у жены с равной вероятностью образуются гаметы двух типов, несущие доминантный аллель A и рецессивный аллель a , а у мужа все гаметы содержат аллель a . Поэтому их дети могут с 50% -й вероятностью быть гетерозиготны (генотип Aa , длинные ресницы) и с 50% -й вероятностью — гомозиготны и рецессивны (генотип aa , короткие ресницы).

♂ \ ♀	A	a
a	Aa длинные	aa короткие
a	Aa длинные	aa короткие

$$Aa : aa = 1 : 1$$

§ 3.12

Закономерности наследования. Дигибридное скрещивание

Вопрос 1. Какое скрещивание называется дигибридным?

Дигибридное скрещивание — это тип скрещивания, при котором прослеживают наследование двух пар альтернативных признаков.

Вопрос 2. Сформулируйте закон независимого наследования. Для каких аллельных пар справедлив этот закон?

Закон независимого наследования звучит следующим образом: при скрещивании двух гомозиготных особей, отличающихся друг от друга по двум и более парам альтернативных признаков, гены и соответствующие им признаки передаются потомству независи-

мо друг от друга и комбинируются во всех возможных сочетаниях.

Данный закон справедлив лишь для аллельных пар генов, расположенных в разных (негомологичных) хромосомах.

Вопрос 3. Что такое анализирующее скрещивание?

Анализирующее скрещивание — это скрещивание, которое используют, если необходимо определить генотип особи с доминантным фенотипом. Для этого исследуемую особь скрещивают с особью, гомозиготной по рецессивному аллелю (aa). Если исследуемая особь гомозиготна (AA), то в первом поколении не будет наблюдаться расщепления и все потомки будут иметь доминантный фенотип. Если же особь гетерозиготна (Aa), то в первом поколении будет наблюдаться расщепление на два фенотипа — доминантный и рецессивный в соотношении $1 : 1$ (им соответствуют генотипы Aa и aa).

Вопрос 4. При каких условиях в дигибридном скрещивании наблюдается независимое распределение признаков в потомстве?

Независимое распределение признаков наблюдается в том случае, если гены, определяющие развитие данных признаков, расположены в разных (негомологичных) хромосомах. Кроме того, должно выполняться правило «один ген — один признак», т. е. отсутствовать взаимодействие генов.

Вопрос 5. Подумайте, какое соотношение фенотипических классов следует ожидать в дигибридном анализирующем скрещивании, если признаки наследуются независимо.

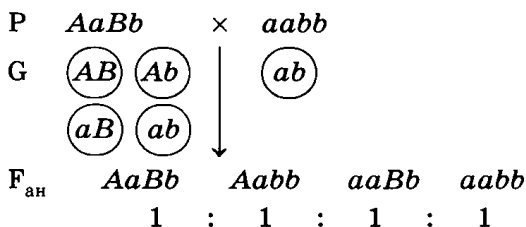
Если испытуемая особь гомозиготна по двум парам аллелей ($AABB$), то потомство будет единообразно ($AaBb$) и расщепления не произойдет.

$$\begin{array}{rcc}
 P & AABB & \times & aabb \\
 G & \textcircled{AB} & & \textcircled{ab} \\
 & \downarrow & & \\
 F_{\text{ан}} & AaBb & &
 \end{array}$$

Если испытуемая особь гомозиготна по одному и гетерозиготна по другому признаку (например, $AABb$), то в потомстве образуются два фенотипических класса ($AaBb$ и $Aabb$) в соотношении 1 : 1, т. е. произойдет расщепление по гетерозиготному признаку.

$$\begin{array}{rcc}
 P & AABb & \times & aabb \\
 G & \textcircled{AB} \textcircled{Ab} & & \textcircled{ab} \\
 & \downarrow & & \\
 F_{\text{ан}} & AaBb & & Aabb \\
 & 1 & : & 1
 \end{array}$$

Если испытуемая особь гетерозиготна по двум парам признаков ($AaBb$), то, поскольку признаки наследуются независимо, в потомстве произойдет образование четырех фенотипических классов ($AaBb$, $aaBb$, $Aabb$ и $aabb$) и их соотношение будет 1 : 1 : 1 : 1.



§ 3.13

Хромосомная теория наследственности

Вопрос 1. Что такое сцепленное наследование?

Сцепленное наследование — это совместное наследование генов, находящихся в одной хромосоме (т. е. в одной молекуле ДНК). Например, у душистого горошка гены, определяющие окраску цветков и форму пыльцы, расположены именно таким образом. Они наследуются сцепленно, поэтому при скрещивании у гибридов второго поколения образуются родительские фенотипы в соотношении 3 : 1, а расщепление 9 : 3 : 3 : 1, характерное для дигибридного скрещивания при независимом наследовании, не проявляется.

Вопрос 2. Что представляют собой группы сцепления генов?

Группа сцепления — это совокупность генов, расположенных в одной хромосоме. Так

как в гомологичных хромосомах содержатся одни и те же гены, то число групп сцепления равно гаплоидному числу хромосом (23 у человека, 7 у гороха, 4 у дрозофилы).

Вопрос 3. Что является причиной нарушения сцепления генов?

Причиной нарушения сцепления генов является обмен участками гомологичных хромосом в профазе I мейотического деления. Напомним, что на этом этапе парные хромосомы конъюгируют, образуя так называемые биваленты. Формирование бивалентов может привести к перекресту хромосом, что создает возможность обмена гомологичными участками ДНК. Если это происходит, то группы сцепления меняют свое содержание (в них оказываются иные аллели тех же генов) и в потомстве могут появиться особи с фенотипом, отличающимся от родительских.

Вопрос 4. Каково биологическое значение обмена аллельными генами между гомологичными хромосомами?

Перекрест хромосом (иначе — кроссинговер) приводит к рекомбинированию генетического материала и формированию новых сочетаний аллелей генов из группы сцепления. При этом увеличивается разнообразие потомков, т. е. повышается наследственная изменчивость, что имеет большое эволюционное значение. Действительно, если, например, у дрозофилы гены, определяющие окраску те-

ла и длину крыльев, находятся на одной хромосоме, то, скрещивая чистые линии серых мух с нормальными крыльями и черных мух с укороченными крыльями, в отсутствие кроссинговера мы никогда не получим иные фенотипы. Существование же перекреста хромосом позволяет появиться (в нескольких процентах случаев) серым мухам с короткими крыльями и черным мухам с нормальными крыльями.

Вопрос 5. Подтверждена ли цитологически теория сцепленного наследования?

Теория сцепленного наследования Томаса Ханта Моргана (1866—1945) подтверждена цитологическими наблюдениями. Было показано, что хромосомы при делении целиком расходятся к разным полюсам клетки. Следовательно, гены, расположенные на одной хромосоме, при мейозе попадают в одну гамету, т. е. действительно наследуются сцепленно.

§ 3.14

Современные представления о гене и геноме

Вопрос 1. Что такое геном?

Геном — это совокупность генов, характерных для гаплоидного набора хромосом данного биологического вида. Геном, в отличие от генотипа, является характеристикой вида, а не осо-

би, поскольку описывает набор генов, свойственных данному виду, а не их аллели, обуславливающие индивидуальные отличия отдельных организмов. Степень сходства геномов разных видов отражает их эволюционное родство.

Вопрос 2. Чем определяется существующая специализация клеток?

Специализация клеток организма определяется избирательным функционированием генов. В каждой клетке работают гены, характерные именно для данного типа тканей и органов: в клетках мускулатуры — гены мышечных белков, в клетках стенок желудка — гены пищеварительных ферментов и т. д. Большинство остальных генов при этом заблокировано, и их активация может привести к развитию серьезнейших заболеваний (например, к появлению раковой опухоли).

Вопрос 3. Какие обязательные элементы входят в состав гена эукариотической клетки?

Обязательными элементами гена эукариот являются:

- *регуляторные участки*, расположенные в начале и конце гена, а также иногда вне гена (на некотором удалении от него). Они определяют, когда, при каких обстоятельствах и в каких типах тканей будет работать этот ген;

- *структурная часть*, которая содержит информацию о первичной структуре кодируемого белка; обычно структурная часть меньше регуляторной.

Вопрос 4. Приведите примеры взаимодействия генов.

Примером взаимодействия генов может служить пигментация (окраска) шерсти у кролика. Формирование определенной окраски регулируется двумя генами. Один из них (назовем его *A*) отвечает за наличие пигмента, и в случае, если работа данного гена нарушена (рецессивный аллель), шерсть кролика будет белого цвета (генотип *aa*). Второй ген (назовем его *B*) отвечает за неравномерность окрашивания шерсти. В случае нормального функционирования этого гена (доминантный аллель), синтезируемый пигмент скапливается у основания волоса, и кролик имеет серую окраску (генотипы *AaBb*, *AABb*, *AaBB*, *AABB*). Если же второй ген представлен только рецессивными аллелями, то синтезируемый пигмент распределяется равномерно. У таких кроликов шерсть черного цвета (генотипы *Aaabb*, *AAbb*).

§ 3.15

Генетика пола

Вопрос 1. Какие хромосомы называют половыми?

Половые хромосомы — это пара хромосом, которые различаются у мужских и женских особей одного биологического вида. У одного из полов это, как правило, две одинаковые крупные хромосомы (*X*-хромосомы, генотип *XX*); у другого — одна *X*-хромосома и

одна меньшая по размеру Y-хромосома (генотип XY). У некоторых видов мужской пол формируется при отсутствии одной половой хромосомы (генотип XO).

Вопрос 2. Что такое аутосомы?

Аутосомы — это пары хромосом, которые идентичны у особей одного биологического вида, относящихся к разным полам. Число пар аутосом равно числу пар хромосом в генотипе минус единица (одна пара половых хромосом). Так, у человека 22 пары аутосом, у дрозофилы — 3 пары. Всем аутосомам каждого биологического вида даны порядковые номера в соответствии с их размером (первая — самая большая; последняя — самая короткая и, следовательно, несущая меньше всего генов).

Вопрос 3. Что такое гомогаметный и гетерогаметный пол?

Гомогаметным называют пол, который формирует гаметы одного типа по половым хромосомам (генотип XX).

Гетерогаметный пол в процессе гаметогенеза образует гаметы двух типов по половым хромосомам (генотип XY либо XO).

У человека гомогаметен женский пол, гетерогаметен мужской (генотип XY).

Вопрос 4. Когда происходит генетическое определение пола у человека и чем это обусловлено?

Пол младенца определяется генотипом сперматозоида, оплодотворившего яйцеклет-

ку: если сперматозоид содержал X -хромосому, родится девочка, если Y -хромосому — мальчик. Изначально зародыш человека бисексуален, однако присутствие Y -хромосомы на 4—8-й неделе эмбрионального периода вызывает развитие недифференцированных половых органов плода по мужскому типу. Если же у зародыша обе половые хромосомы X , то его развитие идет по женскому типу.

Вопрос 5. Какие вам известны механизмы определения пола? Приведите примеры.

Для большинства организмов характерно хромосомное определение пола, т. е. пол особи определяется в момент оплодотворения и зависит от набора половых хромосом. Почти у всех млекопитающих, включая человека, гомогаметен женский пол. Он несет пару хромосом XX , а мужской — XY . Также женский пол гомогаметен у большинства насекомых и многих ракообразных. У птиц и бабочек женский пол гетерогаметен (ZW), а мужской — гомогаметен (ZZ). У кузнечиков самки гомогаметны (XX), а самцы несут лишь одну половую хромосому ($X0$), у моли — наоборот.

У общественных насекомых (пчелы, муравьи) особи женского пола развиваются из диплоидных оплодотворенных клеток, а самцы — из неоплодотворенных гаплоидных.

Кроме того, принадлежность особей к тому или иному полу может определяться под влиянием внешней среды (химических веществ, температуры) уже после оплодотворения, как, например, у морского червя боннелии.

Вопрос 6. Объясните, что такое наследование, сцепленное с полом.

При наследовании, сцепленном с полом, интересующий нас ген расположен в половой хромосоме, а не в аутосоме. При этом, если ген расположен в Y -хромосоме, определяемый им признак будет обнаруживаться лишь у особей гетерогаметного пола. Если же ген расположен в X -хромосоме, то доминантный аллель будет чаще проявляться у особей гомогаметного пола, а рецессивный — у особей гетерогаметного пола. Это связано с тем, что для проявления рецессивного признака при XX -генотипе необходимо наличие рецессивных аллелей в обеих хромосомах, а при XY -генотипе — только в одной.

Примером может служить наследование у человека таких рецессивных генетических заболеваний, как дальтонизм и гемофилия. Гены, повреждение которых приводит к развитию этих заболеваний, расположены в X -хромосоме. Гемофилией и дальтонизмом гораздо чаще болеют мужчины, а женщины обычно являются лишь носительницами, так как если даже в одной из X -хромосом находится рецессивный дефектный аллель, другая X -хромосома, скорее всего, оказывается нормальной.

Вопрос 7. Как наследуется дальтонизм? Какое цветоощущение будет у детей, мать которых — дальтоник, а отец имеет нормальное зрение?

Дальтонизм вызывается рецессивным аллелем гена, расположенного в X -хромосоме (X^d);

нормальное цветоощущение обеспечивает доминантный аллель (X^D). Женщины, гетерозиготные по данному гену, не болеют дальтонизмом. Однако они являются носительницами рецессивного аллеля, и их сыновья с вероятностью 50% могут родиться дальтониками.

Если мать детей — дальтоник, то она гомозиготна по рецессивному аллелю (X^dX^d) и все ее яйцеклетки содержат X^d -хромосому. Отец, обладающий нормальным зрением, имеет генотип X^DY . Их дети могут иметь следующие генотипы: X^DX^d и X^dY , т. е. все мальчики будут дальтониками, а все девочки будут носительницами.

§ 3.16

Изменчивость: наследственная и ненаследственная

Вопрос 1. Какие виды изменчивости вам известны?

Существует два основных вида изменчивости — ненаследственная и наследственная.

Ненаследственная (фенотипическая или модификационная) изменчивость — это процесс появления новых признаков под влиянием факторов внешней среды, не затрагивающих генотип. В качестве примера можно привести дуб, листья которого в процессе развития приобрели разную площадь в зависи-

мости от освещенности (маленькую — при яркой освещенности, большую — при слабой).

Наследственная изменчивость связана с изменениями генотипа; признаки и свойства, приобретенные вследствие этого, передаются следующим поколениям.

Существует два типа наследственной изменчивости — комбинативная и мутационная.

Комбинативная изменчивость заключается в появлении новых признаков в результате образования новых комбинаций генов родителей в генотипах потомков. Комбинативную изменчивость обеспечивают случайное расхождение гомологичных хромосом в мейозе, обмен участками гомологичных хромосом в профазе I мейоза, случайная встреча гамет при оплодотворении, случайный выбор родительских пар.

Мутационная изменчивость обусловлена изменениями генов и хромосом.

Вопрос 2. Что такое норма реакции?

Норма реакции (иначе — пределы модификационной изменчивости) — это пределы, в которых возможно изменение признака при определенном генотипе. Норма реакции может быть как очень широкой (вес человека), так и очень узкой (группа крови). Обычно узкой нормой реакции обладают признаки, обеспечивающие жизненно важные качества организма. Важно также то, что от родителей потомству передается не жестко запрограммированное значение того или иного признака, а его норма реакции.

Вопрос 3. Почему фенотипическая изменчивость не передается по наследству?

Фенотипическая изменчивость не затрагивает генотип, обеспечивая лишь то или иное проявление заложенных в нем признаков. Она обычно предсказуема и у разных особей одного вида проходит одинаково. Например, если пшеничное поле не получает достаточно влаги, то у всех его растений плохо формируется колос. Генотип у особей в этом случае остается неизменным, поэтому передачи информации о модификациях потомству не происходит. Следовательно, фенотипическая изменчивость не наследуется.

Вопрос 4. Что такое мутации? Охарактеризуйте основные свойства мутаций.

Мутации — это внезапные естественные или вызванные искусственно изменения генетического материала, приводящие к изменению тех или иных фенотипических признаков и свойств организма. Основные свойства мутаций:

- спонтанность — мутации возникают случайно;
- неспецифичность — могут возникать в любом участке генома;
- скачкообразность — вызывают новые качественные изменения;
- ненаправленность — возникшие изменения генотипа и фенотипа могут быть как биологически вредными, так и полезными.

Вопрос 5. Приведите классификацию мутаций по уровню изменений наследственного материала.

Различают три основных типа мутаций:

- *генные мутации* вызывают изменения в отдельных генах, нарушая порядок и число нуклеотидов в цепи ДНК. Это приводит к синтезу измененного (как правило, дефектного) белка. Следствием генных мутаций являются такие заболевания, как фенилкетонурия и мышечная дистрофия Дюшена;

- *хромосомные мутации* затрагивают значительный участок хромосомы, вызывая нарушения сразу в нескольких (иногда — многих) генах. Описаны случаи потери участка хромосомы, его переворота, перемещения, удвоения и т. п.;

- *геномные мутации* приводят к изменению числа хромосом в кариотипе. Они возникают в результате нарушения расхождения гомологичных хромосом. Примером может служить синдром Дауна, который возникает при появлении лишней 21-й хромосомы. При этом общее число хромосом становится равным 47. Другим примером геномных мутаций является формирование полиплоидных растений (чаще всего тетраплоидных).

Вопрос 6. Назовите основные группы мутагенных факторов. Приведите примеры мутагенов, относящихся к каждой группе.

Мутагенные факторы можно разделить на три группы:

- *физические мутагены* — все типы ионизирующих излучений (γ -лучи, рентгенов-

ские лучи), ультрафиолетовое излучение, высокая и низкая температура;

- *химические мутагены* — аналоги нуклеиновых кислот, перекиси, соли тяжелых металлов (свинца, ртути), азотистая кислота, многие органические соединения;

- *биологические мутагены* — чужеродная ДНК и вирусы, которые, встраиваясь в ДНК хозяина, нарушают работу генов.

§ 3.17

Генетика и здоровье человека

Вопрос 1. Как влияют соматические мутации на здоровье людей?

Соматические мутации (мутации в соматических клетках организма) обычно оказывают негативное воздействие: вызывают преждевременное старение, снижают продолжительность жизни, оказывают влияние на жизненно важные функции организма, ведут к образованию злокачественных опухолей (например, рак молочной железы). Вместе с тем соматические мутации не передаются потомству.

Вопрос 2. Каковы последствия возникновения генеративных мутаций?

Генеративные мутации возникают при формировании половых клеток. В тяжелых случаях они приводят к наследственным заболеваниям ребенка и даже его гибели. Однако чаще

результатом генеративных мутаций является возникновение скрытых генетических изменений (рецессивных аллелей генов). В этом случае генеративные мутации передаются в ряду поколений и, накапливаясь в популяции, могут спустя длительное время проявляться фенотипически у человека, гомозиготного по данному рецессивному аллелю. Резко повышает вероятность таких проявлений вступление в брак близких родственников.

Вопрос 3. Назовите известные вам наследственные заболевания человека. Каковы их причины?

Наследственные заболевания человека можно разделить на две группы.

Генные болезни возникают в результате мутации в одном гене, изменяя структуру или количество какого-либо белка. Примерами генных болезней являются:

- фенилкетонурия — мутация вызывает накопление в организме продуктов распада аминокислоты фенилаланина, что в дальнейшем, при отсутствии строгой диеты, приводит к формированию умственной отсталости;

- альбинизм — врожденное отсутствие пигментации кожи, волос и радужки глаз;

- серповидноклеточная анемия — мутация приводит к изменению структуры гемоглобина и формы эритроцитов, что отрицательно сказывается на их способности переносить кислород;

- гемофилия — резкое ухудшение свертываемости крови;

• миодистрофия Дюшена — мутация блокирует синтез одного из белков поперечнополосатой мышечной ткани, что приводит к ее недоразвитию.

Хромосомные болезни обусловлены геномными мутациями или изменениями отдельных хромосом. Приведем примеры:

• синдром Дауна — лишняя 21-я хромосома; вызывает серьезные нарушения в умственном развитии и строении органов;

• синдром Патау — лишняя 13-я хромосома; многочисленные нарушения развития плода приводят к тому, что 95% детей, имеющих три тринадцатые хромосомы, не доживают до года;

• синдром Клайнфельтера — дополнительная X-хромосома у мужчин (генотип XXY); приводит к бесплодию, изменениям скелета, умственной отсталости;

• синдром Шерешевского—Тернера — одна X-хромосома у женщин (X0); вызывает развитие бесплодия, укорочение шеи, формирование роста не выше 150 см;

• синдром «кошачьего крика» — утрата фрагмента 5-й хромосомы; приводит к нарушению строения гортани и голосовых связок, умственному и физическому недоразвитию.

Вопрос 4. Какова главная задача медико-генетического консультирования?

Основной задачей медико-генетического консультирования является прогнозирование появления детей с тем или иным наследственным отклонением. В результате проведения

исследования становится возможным определить вероятность рождения больного ребенка. Для этого в первую очередь составляют родословные родителей и исследуют их генотипы. В будущем, вероятно, у каждого человека будет свой «генетический паспорт» с указанием наличия либо отсутствия в хромосомах наиболее распространенных мутаций (напомним, что большинство из них имеет скрытый, рецессивный характер).

Вопрос 5. Что относится к методам дородовой (пренатальной) диагностики?

Методами пренатальной диагностики являются:

- ультразвуковое обследование плода;
- анализ околоплодной жидкости;
- взятие крови из пуповины.

Все эти методы позволяют на ранних этапах беременности определить наличие у эмбриона наследственных заболеваний. Особенно важна пренатальная диагностика при неблагоприятных результатах медико-генетического консультирования родителей. Другая важная причина провести пренатальную диагностику — болезни, травмы или возраст матери (как известно, после 35—40 лет у женщин значительно возрастает вероятность формирования яйцеклетки с лишней 21-й хромосомой, что ведет к развитию у ребенка болезни Дауна).

Селекция: основные методы и достижения

Вопрос 1. Что такое селекция?

Селекция — это наука о создании новых и улучшении существующих сортов растений, пород животных и штаммов микроорганизмов. Одновременно селекцией называют и сам процесс создания сортов, пород и штаммов. Теоретической основой селекции является генетика. Благодаря селекции из примерно 150 видов культурных растений и 20 видов одомашненных животных созданы тысячи разнообразных пород и сортов. Селекция пришла на смену стихийным, сформировавшимся на бытовом уровне приемам по содержанию и разведению растений и животных, которыми человек пользовался в течение тысяч лет.

Вопрос 2. Что называют породой, сортом, штаммом?

Порода, сорт или штамм — это совокупность особей одного вида, искусственно созданная человеком и характеризующаяся определенными наследственными свойствами. Все организмы этой совокупности обладают набором генетически зафиксированных морфологических и физиологических признаков. Это означает, что все ключевые гены переведены в гомозиготное состояние и расщепления в

ряду поколений не происходит. Породы, сорта и штаммы способны максимально проявить свои полезные для человека качества лишь в условиях, для которых они были созданы.

Вопрос 3. Какие основные методы селекции вы знаете?

Основными методами селекции являются отбор и гибридизация.

Отбор — это выбор в каждом поколении особей с определенными признаками с целью их последующего скрещивания. Отбор обычно ведут в течение нескольких подряд идущих поколений. Различают отбор массовый и индивидуальный.

Гибридизация — это направленное скрещивание определенных особей для получения новых или закрепления нужных признаков с целью выведения еще не существующей породы (сорта) или сохранения свойств уже имеющейся совокупности особей. Гибридизация бывает внутривидовая и межвидовая (отдаленная).

Вопрос 4. Что такое массовый отбор, индивидуальный отбор?

Массовый отбор производится по фенотипическим признакам и обычно используется в растениеводстве при работе с перекрестно-опыляющимися растениями. Если необходимые признаки популяции (например, вес семян) улучшились, то можно считать, что массовый отбор по фенотипу был эффективен. Именно таким путем были созданы многие сорта культурных растений. В случае селекции

микроорганизмов возможно использование только массового отбора.

При *индивидуальном отборе* идет выбор отдельных особей, причем потомство каждой из них изучают и контролируют на протяжении нескольких поколений. Это позволяет определить генотипы особей и использовать для дальнейшей селекции те организмы, которые обладают оптимальным сочетанием полезных для человека признаков и свойств. В результате получают сорта и породы с высокой однородностью и постоянством признаков, поскольку все входящие в них особи являются потомками небольшого числа родителей. Например, некоторые породы кошек и сорта декоративных растений являются результатом сохранения единичной мутации (т. е. измененного генотипа одной особи-предка).

Вопрос 5. Какие сложности возникают при постановке межвидовых скрещиваний?

Межвидовое скрещивание возможно только для биологически близких видов (лошадь и осел, хорек и норка, лев и тигр). Однако даже в этом случае гибриды, хотя и характеризуются гетерозисом (т. е. превосходят по своим свойствам родителей), часто оказываются бесплодными или низкоплодовитыми. Причина этого заключается в невозможности конъюгации хромосом разных биологических видов, в результате чего происходит нарушение мейоза и гаметы не образуются. Для решения этой проблемы используют различные приемы. В частности, с целью получения плодovитого гибрида

капусты и редьки селекционер Г. Д. Карпеченко использовал метод полиплоидизации. Он скрещивал не диплоидные, а тетраплоидные растения. В результате этого в первой профазе мейоза (профаза I) хромосомы, принадлежащие одному виду, могли образовывать биваленты. Деление проходило нормально, и формировались полноценные гаметы. Этот эксперимент стал важным этапом в развитии селекции.

§ 3.19

Биотехнология: достижения и перспективы развития

Вопрос 1. Что такое биотехнология?

Биотехнология — это использование организмов, биологических систем или биологических процессов в промышленном производстве. К отраслям биотехнологии относятся генная, хромосомная и клеточная инженерия, клонирование сельскохозяйственных растений и животных, использование микроорганизмов в хлебопечении, виноделии, производстве лекарств и др.

Вопрос 2. Какие проблемы решает генная инженерия? С какими трудностями связаны исследования в этой области?

Методы генной инженерии позволяют ввести в генотип одних организмов (например,

бактерий) гены других организмов (например, человека). Генная инженерия позволила решить проблемы промышленного синтеза микроорганизмами различных человеческих гормонов, например инсулина и гормона роста. Путем создания генетически модифицированных растений она обеспечила появление сортов, устойчивых к холодам, заболеваниям и вредителям. Основной трудностью для генной инженерии является наблюдение и контроль за деятельностью привнесенной извне ДНК. Важно знать, способны ли трансгенные организмы выдерживать «нагрузку» чужеродных генов. Существует также опасность самопроизвольного переноса (миграции) чужеродных генов в другие организмы, в результате чего они могут приобрести нежелательные для человека и природы свойства. Не на последнем месте стоит и этическая проблема: а имеем ли мы право переделывать живые организмы ради собственного блага?

Вопрос 3. Как вы думаете, почему селекция микроорганизмов приобретает в настоящее время первостепенное значение?

Существует несколько причин повышения интереса к селекции микроорганизмов:

- *легкость селекции* (по сравнению с растениями и животными), которая обусловлена большой скоростью размножения и простотой культивирования бактерий;

- *огромный биохимический потенциал* (разнообразие осуществляемых бактериями реакций — от синтеза антибиотиков и витами-

нов до выделения из руд редких химических элементов);

• *простота генно-инженерных манипуляций*; важно также то, что встроенный в ДНК бактерии ген автоматически начинает работать, поскольку (в отличие от эукариотических организмов) все гены прокариотов активны.

В результате на сегодняшний день существует огромное число примеров использования новых штаммов бактерий на практике: производство продуктов питания, гормонов человека, переработка отходов, очистка сточных вод и др.

Вопрос 4. Приведите примеры промышленного получения и использования продуктов жизнедеятельности микроорганизмов.

С давних времен кисломолочные бактерии обеспечивают приготовление простокваши и сыра; бактерии, для которых характерно спиртовое брожение, — синтез этилового спирта; дрожжи используют в хлебопечении и виноделии.

С 1982 г. в промышленных масштабах получают инсулин, синтезируемый кишечной палочкой. Это стало возможным после того, как при помощи методов генной инженерии ген инсулина человека был встроен в ДНК бактерии. В настоящее время налажен синтез трансгенного гормона роста, который используется для лечения карликовости у детей.

Микроорганизмы участвуют также в биотехнологических процессах по очистке сточных вод, переработке отходов, удалению нефтяных разливов в водоемах, получению топлива.

Вопрос 5. Какие организмы называют трансгенными?

Трансгенными (генетически модифицированными) называют организмы, содержащие искусственные дополнения в геноме. Примером (помимо упомянутой выше кишечной палочки) могут служить растения, в ДНК которых встроен фрагмент бактериальной хромосомы, ответственный за синтез токсина, отпугивающего вредных насекомых. В результате получены сорта кукурузы, риса, картофеля, устойчивые к вредителям и не требующие использования пестицидов. Интересен пример лосося, ДНК которого дополнили геном, активирующим выработку гормона роста. В результате лосось рос в несколько раз быстрее, и вес рыб оказался гораздо больше нормы.

Вопрос 6. В чем преимущество клонирования по сравнению с традиционными методами селекции?

Клонирование направлено на получение точных копий организма с уже известными характеристиками. Оно позволяет добиваться лучших результатов в более короткие сроки, чем традиционные методы селекции.

Клонирование дает возможность работать с отдельными клетками или небольшими зародышами. Например, при разведении крупного рогатого скота зародыш теленка на стадии недифференцированных клеток разделяют на фрагменты и помещают их в суррогатных матерей. В результате развиваются несколько идентичных телят с необходимыми признаками и свойствами.

При необходимости можно использовать и клонирование растений. В этом случае селекция происходит в клеточной культуре (на искусственно культивируемых изолированных клетках). И лишь затем из клеток, обладающих необходимыми свойствами, выращивают полноценные растения.

Наиболее известный пример клонирования — пересадка ядра соматической клетки в развивающуюся яйцеклетку. Эта технология в будущем позволит создать генетического двойника любого организма (или, что более актуально, его тканей и органов).

Вид

§ 4.1

Развитие биологии в додарвиновский период. Работа К. Линнея

Вопрос 1. Что было известно о живой природе в Древнем мире?

В эпоху Античности некоторые древнегреческие философы выделяли материальное начало, которое рассматривали как первоисточник всего живого. Фалес Милетский (ок. 625—547 до н. э.) таким первоисточником считал воду. Живший на полвека позже Анаксагор (ок. 500—428 до н. э.) утверждал, что живые организмы произошли из воздуха. Демокрит (ок. 470 или 460 до н. э. — умер в глубокой старости) был уверен, что основой зарождения жизни является ил. Серьезный вклад в развитие представлений о жизни внес Аристотель (384—322 до н. э.), создавший теорию непрерывного и постепенного развития живого из

неживого, первую систематику животных, а также «лестницу существ».

Вопрос 2. Чем можно объяснить господство представлений о неизменности видов в XVIII в.?

В XVIII в. в Европе господствовало мировоззрение, основанное на догматах христианской церкви. Ученые считали, что поскольку все живые организмы созданы Богом, то они совершенны, отвечают цели своего существования и неизменны во времени. Такое метафизическое направление в биологии получило название «креационизм».

Вопрос 3. Что такое систематика?

Систематика — это наука о классификации живых организмов. В древности существовало множество разнообразных систем классификации. Основы современной систематики были заложены в XVIII в. шведским естествоиспытателем Карлом Линнеем (1707—1778).

Вопрос 4. По какому принципу построена классификация организмов К. Линнея?

Основой классификации К. Линнея является принцип иерархичности таксонов (групп организмов), когда несколько более мелких таксонов объединяются в более крупный. Виды объединяются в род, роды — в отряд и т. д. Самой крупной таксономической единицей в системе К. Линнея являлся класс. Для обозначения видов К. Линней использовал бинарную

(двойную) номенклатуру: первое слово названия обозначало род, второе — видовую принадлежность. Например, *Homo sapiens* — человек разумный, *Convallaria majalis* — ландыш майский, *Ursus arctos* — медведь бурый.

Вопрос 5. Поясните мысль, высказанную К. Линнеем: «Система — это ариаднина нить ботаники, без нее гербарное дело превращается в хаос».

В XVIII в. было уже известно множество видов растений. При отсутствии строгой классификации становилось все сложнее работать с ними, отделять один вид от другого, объединять родственные виды в группы, определять степень их родства. Иными словами, как нить Ариадны вывела героя Тезея из Лабиринта, так и систематика помогла навести порядок в том хаосе знаний, которые накопили ученые до Линнея.

§ 4.2

Эволюционная теория Ж. Б. Ламарка

Вопрос 1. Какой вклад в биологию внес Ж. Б. Ламарк? Изложите основные положения его эволюционной теории.

Ж. Б. Ламарк (1744—1829) создал первую целостную эволюционную теорию. Он определил предпосылки эволюции (наследственность

и изменчивость) и указал ее направление (усложнение организации).

Перечислим основные положения теории Ж. Б. Ламарка.

- Первые организмы произошли из неорганической природы путем самозарождения. Их дальнейшее развитие привело к усложнению живых существ.

- У всех организмов существует стремление к совершенствованию, изначально заложенное в них Богом. Этим объясняется механизм усложнения живых существ.

- Процесс самозарождения жизни продолжается постоянно, что объясняет одновременное наличие в природе и простых, и более сложных организмов.

- Закон упражнения и неупражнения органов: постоянное употребление органа ведет к его усиленному развитию, а неупотребление — к ослаблению и исчезновению.

- Закон наследования благоприобретенных признаков: изменения, возникшие под действием постоянных упражнений и неупражнений органов, наследуются. Так, считал Ламарк, сформировалась, например, длинная шея жирафа и слепота крота.

Вопрос 2. Охарактеризуйте верные и ошибочные положения теории эволюции Ж. Б. Ламарка.

К верным положениям следует отнести утверждение об усложнении организации в процессе развития организмов, а также закон упражнения и неупражнения органов. Положение о постоянном самозарождении жизни из

неорганической природы неверно. Неверен и принцип наследования благоприобретенных признаков, который был экспериментально опровергнут опытами Августа Вейсмана (1834—1914). Исследователь отрезал хвосты мышам в течение двадцати двух поколений, однако укорочения хвостов потомков так и не произошло.

Вопрос 3. Могут ли наследоваться признаки, приобретенные в течение жизни организма?

Признаки, приобретенные в течение жизни организма, наследуются, только если их причиной является мутация, затрагивающая генетический материал гамет. Во всех иных случаях наследование признаков, приобретенных в течение жизни (например, в результате упражнения и неупражнения органов), невозможно.

Вопрос 4. Как объяснял Ж. Кювье палеонтологические данные о смене форм животных на Земле? Изложите его теорию катастроф.

Для объяснения исчезновения видов, встречающихся в более древних геологических отложениях, французский зоолог Жорж Кювье выдвинул теорию катастроф. Согласно ей, в результате стихийных бедствий на значительной части земного шара погибали все растения и животные. Затем на их место переселялись организмы, уцелевшие на других территориях и никак не связанные с предыдущими. Ученики Кювье впоследствии дополнили его теорию предположением, что после глобальных катастроф совершались новые акты божественного творения.

Предпосылки возникновения учения Чарлза Дарвина

Вопрос 1. Какие данные геологии послужили предпосылкой эволюционной теории Ч. Дарвина?

Благодаря исследованию слоев земной коры было получено большое количество палеонтологических данных и показано, что в самых древних слоях присутствуют лишь остатки моллюсков и рыб, в более поздних появляются остатки рептилий, еще позднее — млекопитающих. Жорж Кювье объяснял это своей теорией катастроф (резкие изменения условия обитания и глобальные стихийные бедствия), однако английский геолог Чарлз Лайель доказал, что поверхность Земли изменяется постепенно под действием природных факторов (ветра, дождя, прибоа, извержения вулканов и др.). Следовательно, теория катастроф, как способ объяснения палеонтологических находок, некорректна.

Вопрос 2. Назовите открытия в биологии, способствовавшие формированию эволюционных взглядов Ч. Дарвина.

Формированию взглядов Чарлза Дарвина способствовали следующие биологические открытия:

• Т. Шванн создал клеточную теорию, которая постулировала, что живые организмы состоят из клеток, общие черты которых одинаковы у всех растений и животных. Это послужило весомым доказательством единства происхождения живого мира;

• К. М. Бэр показал, что развитие всех организмов начинается с яйцеклетки, причем в ходе эмбрионального развития у позвоночных, принадлежащих разным классам, на ранних этапах обнаруживается явное сходство зародышей;

• исследуя строение позвоночных, Ж. Кювье установил, что все органы животного являются частями одной целостной системы. Строение каждого органа отвечает принципу строения всего организма, и изменение одной части тела должно вызывать изменения других частей.

Вопрос 3. Охарактеризуйте естественнонаучные предпосылки формирования эволюционных взглядов Ч. Дарвина.

Многие научные открытия стали предпосылками к формированию эволюционных взглядов Ч. Дарвина. Среди них:

• теория о происхождении космических тел естественным путем (И. Кант);

• математическое обоснование теории И. Канта (П. С. Лаплас);

• единство элементного состава живой и неживой природы (Й. Берцелиус);

• клеточная теория (Т. Шванн);

- наличие общих черт в эмбриональном развитии у зародышей разных классов (К. М. Бэр);

- взаимосвязанность всех органов животного и соответствие их строения (Ж. Кювье).

Вопрос 4. В чем сущность принципа корреляции Ж. Кювье? Приведите примеры.

Сущность принципа корреляции состоит в соответствии строения органов животного друг другу. Строение каждого органа отвечает принципу строения всего организма, и изменение одной части тела вызывает изменения других частей. Например, для хищника характерны когти и острые клыки, а для травоядных — копыта и сложный многокамерный желудок.

Вопрос 5. Какую роль в формировании эволюционной теории сыграло развитие сельского хозяйства?

Развитие животноводства и растениеводства привело к созданию новых пород коров, овец, свиней, выведению высокоурожайных сортов культурных растений. Были разработаны методы селекции, которые позволили максимально быстро менять в нужном направлении свойства и признаки животных и растений. Результаты этих работ противоречили представлениям о неизменности видов и способствовали постепенному развитию эволюционных идей.

Эволюционная теория Чарлза Дарвина

Вопрос 1. Какие наблюдения Чарлза Дарвина поколебали его веру в неизменность видов?

Определяющую роль в формировании научных взглядов Ч. Дарвина сыграло путешествие на корабле «Бигль». В Южной Америке Ч. Дарвин нашел ископаемые остатки гигантских ленивцев и броненосцев. Современные виды этих животных, обитающие в тех же местах, были очень похожи на вымерших, что навело Дарвина на мысль о возможном родстве этих организмов.

Большое впечатление произвели на Ч. Дарвина обнаруженные им различия в видовом составе флоры и фауны разных материков. В частности, в Австралии он изучил сумчатых — древних млекопитающих, практически вымерших в других местах земного шара. Наконец, чрезвычайно важными оказались наблюдения Ч. Дарвина за животными океанических островов, зачастую демонстрирующими прямую связь с исходными материковыми формами. Так, на Галапагосских вулканических островах Дарвин обнаружил разнообразные виды вьюрков, которые отличались по размеру и строению клюва, но были очень похожи на материковый вид. Дарвин предположил, что когда-то птицы попали на острова

с материка и видоизменились, приспособившись к разным источникам питания (твердые семена, фрукты, насекомые).

Вопрос 2. Каковы причины возникновения групповой изменчивости?

Выделенная Ч. Дарвином *групповая*, или *определенная*, *изменчивость* возникает под влиянием факторов внешней среды и у всех особей популяции проявляется примерно одинаково. Вместе с тем эта изменчивость не передается по наследству. Например, удобряя растения, можно получить хороший урожай. Но чтобы получить такой же урожай на следующий год, необходимо вновь вносить удобрения. Данную изменчивость в настоящее время называют ненаследственной (фенотипической, модификационной).

Вопрос 3. Что такое искусственный отбор?

Искусственный отбор — это процесс создания новых пород животных и сортов растений путем систематического сохранения и размножения особей с определенными, ценными для человека признаками и свойствами в ряду поколений. Если отбор ведут по совокупности признаков, т. е. просто отбирают «лучших» особей, не ставя перед собой определенной цели, то такой отбор называют бессознательным. Если же селекционер ставит перед собой конкретную задачу и ведет отбор по какому-то одному (двум) признакам, такой отбор называют методическим.

Благодаря искусственному отбору к середине XIX в. от одного вида дикого голубя было выведено более 150 пород, от банкивской курицы — десятки пород кур, от дикого тура — породы крупного рогатого скота.

Вопрос 4. Каковы причины борьбы за существование в живой природе?

Наиболее общей причиной борьбы за существование является несоответствие между запросами (потребностями) организма и условиями окружающей среды. Обычно реальные условия значительно отличаются от идеальных. Это позволило Ч. Дарвину выделить три основных формы борьбы за существование.

Борьба с неблагоприятными факторами внешней среды. Чаще всего причина этой борьбы — различные погодные явления, засухи, наводнения и многие другие природные катаклизмы. Как правило, при изменении условий обитания выживают и оставляют потомство особи, наиболее приспособленные к этим новым условиям.

Межвидовая борьба. В ее основе лежит взаимодействие видов. Выделяют два основных ее варианта: «хищник — жертва» и конкуренция схожих видов. Например, ель с плотной кроной не дает развиваться в своей тени соснам.

Внутривидовая борьба. Ее основной причиной является конкуренция особей внутри одного биологического вида. В этом случае борьба идет не только за пищу, но и за гнездовую (охотничью) территорию, а также за парт-

неров для размножения. Яркий пример — брачные турниры, когда самцы соревнуются за самку и лишь победитель может продолжить свой род, передав генетический материал потомству.

Вопрос 5. Следствием каких взаимоотношений является естественный отбор?

Вопрос 6. Какова роль естественного отбора в эволюции?

Охарактеризовав вначале искусственный отбор и его способность к созданию новых пород и сортов, Ч. Дарвин затем убедительно доказал наличие в природе аналогичного процесса. Он назвал его естественным отбором. *Естественный отбор* — это преимущественное выживание и размножение наиболее приспособленных особей каждого вида и гибель менее приспособленных организмов. Принцип естественного отбора, который впервые выдвинул Ч. Дарвин, имеет основополагающее значение в теории эволюции. Именно естественный отбор является тем фактором, который направляет эволюционный процесс и обеспечивает закрепление в популяции определенных изменений.

Естественный отбор основывается на *генетическом разнообразии и избыточной численности особей* в популяции. Большинство видов размножаются очень интенсивно. Несоответствие между потенциальными возможностями видов к размножению в геометрической прогрессии и ограниченностью ре-

сурсов является главной причиной борьбы за существование. Гибель организмов может происходить по разным причинам. Иногда она может носить случайный характер, например в результате пересыхания водоема или пожара. Однако обычно с большей вероятностью выживают и оставляют потомство те особи, которые максимально приспособлены к данным условиям обитания и имеют определенные преимущества. Наименее приспособленные имеют меньше шансов оставить потомков и чаще погибают. Таким образом, *естественный отбор — это результат борьбы за существование.*

Естественный отбор играет в природе творческую роль, потому что из всего многообразия ненаправленных наследственных изменений он отбирает и закрепляет только те, которые обеспечивают популяции или виду в целом оптимальные приспособления к данным условиям существования.

§ 4.5

Вид: критерии и структура

Вопрос 1. Дайте определение вида.

Вид — это совокупность особей, которые обладают сходными генетическими, морфологическими, физиологическими признаками, способны к скрещиванию с образованием плодovитого потомства, населяют определенный

ареал, имеют общее происхождение и сходное поведение. Вид представляет собой основную систематическую единицу. Он репродуктивно изолирован и имеет собственную историческую судьбу. Видовые признаки обеспечивают выживание как отдельной особи, так и вида в целом. При этом полезное для вида поведение даже может подавлять инстинкт самосохранения (пчелы гибнут, защищая семью).

Вопрос 2. Расскажите, какие биологические механизмы препятствуют обмену генами между видами.

Обмену генами между видами препятствует репродуктивная изоляция, т. е. невозможность скрещивания с особями другого вида. Существует несколько причин репродуктивной изоляции.

Географическая изоляция. Виды, обитающие на большом расстоянии или разделенные непреодолимой преградой, не способны обмениваться генетической информацией.

Сезонная изоляция. Обеспечивается различием сезонов размножения у разных видов. Например, у одного из видов калифорнийской сосны пыльца созревает в феврале, а у другого — в апреле.

Поведенческая изоляция. Характерна для высших животных. Например, у многих близких видов водоплавающих птиц брачное поведение имеет свои характерные особенности, что исключает возможность межвидового скрещивания.

Вопрос 3. В чем причина бесплодия межвидовых гибридов?

Каждый отдельный вид имеет свой собственный кариотип, который отличается числом хромосом, их формой, размерами, строением. Различие кариотипов приводит к нарушению оплодотворения, к смерти зародышей или рождению бесплодного потомства. Стерильность потомства связана с тем, что при отсутствии парных гомологичных хромосом нарушается конъюгация в профазе I мейоза. В результате не образуются биваленты, мейоз нарушается, и развития полноценных гамет у гибридного потомства не происходит.

Вопрос 4. Какие критерии используют ученые для характеристики вида?

Существует несколько основных критериев вида.

Морфологический — сходство внешнего и внутреннего строения организмов. С его помощью легко идентифицировать особей относительно хорошо различающихся видов.

Генетический — особенности строения кариотипа (число хромосом, их форма, размеры) и ДНК. Используется для разделения близких видов и видов-двойников.

Физиологический — сходство процессов жизнедеятельности. Например, разное время половой активности у близких видов дрозофилы. К этому критерию также можно отнести особенности полового и детско-родительского поведения: ритуалы ухаживания, заботу о потомстве и т. д.

Биохимический — сходство или различие в строении белков, химического состава клеток и тканей. С его помощью разделяют, например, близкие виды грибов, которые синтезируют разные химические вещества.

Экологический — определенные формы взаимодействия с другими видами и факторами неживой природы. К примеру, существуют близкие виды дубов, которые живут на различных почвах: один — на известняковой, другой — на песчаной, третий — на вулканической.

Географический — по ареалу (области распространения). Например, галапагосские вьюрки изолированы от южноамериканских, т. е. у островных и материковых видов совершенно разные ареалы.

Вопрос 5. Что такое ареал вида?

Ареал вида — это область распространения вида. Размеры ареалов могут сильно варьировать у разных видов. Например, сосна обыкновенная растет почти по всей территории России, а подснежник характерен только для Северного Кавказа.

Виды, занимающие обширные площади и встречающиеся повсеместно, называют *космополитами*, а обитающие только на небольших определенных территориях — *эндемиками*. Именно эндемичные виды вносят наибольший вклад в разнообразие жизни на нашей планете. И они же нуждаются в наиболее тщательной охране — в силу своей малочисленности, жесткой привязанности к определенным условиям обитания, определенной пище и т. д.

Вопрос 6. Охарактеризуйте по основным критериям вид кошка домашняя.

Морфологический критерий: млекопитающее небольшого размера, имеет четыре лапы и хвост, покрыто шерстью, обладает развитыми клыками и втягивающимися когтями.

Генетический — кариотип кошки представлен 19 парами хромосом, из которых 18 пар — соматические хромосомы и одна пара — половые.

Физиологический: предпочитает вечерне-ночной образ жизни, подстерегает (а не преследует) добычу, при необходимости издает характерные мяукающие и мурлыкающие звуки.

Биохимический: химический состав полимеров стандартен для теплокровных млекопитающих.

Экологический: является хищником, охотится на мелких грызунов, птиц.

Географический: вид космополитичен, обитает практически повсеместно и привязан к жилищу человека.

Вопрос 7. Дайте определение понятия «популяция».

Популяция — это совокупность особей одного вида, в течение длительного времени населяющих определенную территорию, свободно скрещивающихся между собой и частично либо полностью изолированных от особей других подобных совокупностей.

На территории ареала вида обычно обитает довольно значительное число популяций, каждая из которых является элементарной единицей эволюции.

§ 4.6

Популяция как структурная единица вида

Вопрос 1. Какими параметрами характеризуется каждая популяция?

Выделяют несколько основных параметров популяции.

Ареал популяции. У разных популяций он может быть различным. Его пределы образуют обычно географические и экологические преграды (водоемы, горы), а также популяции видов-конкурентов (см. § 4.4). В результате изменения численности особей ареал может сокращаться или расширяться. Выход особей за пределы ареала приводит не только к расширению уже существующей, но и к формированию новых популяций.

Численность популяции и ее динамика. Обычно измеряют не общую численность, а плотность популяции — число особей, обитающих на единице площади или в единице объема. Плотность популяции может колебаться в зависимости от сезона и года. Она зависит также от соотношения рождаемости и смертности. Часто для описания процессов,

происходящих в популяции, важно знать не общую численность, а эффективную — количество организмов, способных к размножению.

Состав популяции. Каждую популяцию образуют особи, различающиеся по полу и возрасту. Возрастная структура — соотношение в популяции особей разного возраста. Половая структура — соотношение особей разного пола, которое из-за разной выживаемости самцов и самок не всегда составляет 1 : 1.

Вопрос 2. Как вы думаете, почему нельзя изучить все признаки и свойства популяции или вида на примере одной особи?

Признаки и свойства популяции или вида — это признаки и свойства группы особей, а не отдельной особи, т. е. они характерны для большинства особей совокупности. Отдельная особь может не обладать некоторыми признаками или, напротив, нести нетипичные для популяции (вида) черты. Например, кролик альбинос имеет нехарактерную окраску, а особь, родившаяся с дефектом сетчатки, теряет некоторые присущие виду признаки (например, способность различать цвета).

Очевидно также, что, изучая мужскую особь, мы далеко не всегда сможем предугадать характеристики самки, а по строению личинки часто сложно судить о взрослом организме. Наконец, многие видоспецифичные признаки (в первую очередь особенности поведения) проявляются только при взаимодействии нескольких особей.

Вопрос 3. При каких условиях численность популяции может быстро достичь максимально возможной величины?

Численность популяции может быстро достичь максимально возможной величины в следующих благоприятных ситуациях:

- при большом урожае корма (популяции зайцев, мышей) либо просто появлении значительного количества пищи (стакан молока для кисломолочных бактерий);
- при попадании в новые регионы, где отсутствуют враги и конкуренты (кролики в Австралии);
- при исчезновении видов, сдерживающих рост популяции (насекомые в Китае после истребления воробьев);
- при особо комфортных погодных условиях (цветение воды);
- при поддержке человека.

Во всех этих случаях быстро достигнуть максимальной величины может популяция только активно размножающегося вида (одноклеточные, мелкие животные, растения и грибы, производящие большое количество семян либо спор).

Вопрос 4. От чего зависит возрастная структура популяции?

Возрастная структура популяции зависит от продолжительности жизни и частоты размножения отдельных особей. У однолетних растений в популяции все особи одного возраста. С другой стороны, популяция, состоящая

из нескольких поколений, может иметь очень сложную структуру, на которую накладываются отпечаток климатические процессы, стихийные бедствия, эпидемии и др. Иногда возрастная структура популяции определяется физиологическими особенностями вида, например размножением и последующей гибелью в строго определенный момент онтогенеза.

Вопрос 5. У каких популяций не определяется половая структура?

Половая структура не определяется у популяций животных-гермафродитов, например у моллюсков и дождевых червей. Это же справедливо для однодомных растений и растений с двуполыми цветками.

§ 4.7

Популяция как единица эволюции

Вопрос 1. Какими качествами должна обладать элементарная единица эволюции?

Элементарная единица эволюции должна:

- выступать во времени и пространстве как некое единство;
- быть способной формировать резерв наследственной изменчивости и наследственно изменяться во времени;
- реально существовать в определенных природных условиях в течение долгого времени, соизмеримого со сроками видообразования.

Таким требованиям удовлетворяет *популяция*, которая и является элементарной единицей эволюции.

Вопрос 2. Что такое генофонд популяции?

Генофонд популяции — это совокупность генотипов всех входящих в ее состав особей. При постоянных внешних условиях генофонд популяции остается практически неизменным относительно некоего среднего уровня. Увеличить разнообразие генофонда способны мутационные процессы, а также миграция особей из других популяций, где могут существовать иные аллели генов, характерных для данного вида.

Вопрос 3. Кто поставляет материал для эволюции?

Материалом для эволюции являются генетически различные особи, т. е. материал для эволюции поставляет *наследственная* (мутационная и комбинативная) *изменчивость*.

Вопрос 4. Что является элементарным эволюционным явлением?

Элементарное эволюционное явление — это направленное изменение генофонда популяции, приводящее к изменению признаков организмов. Для того чтобы элементарное эволюционное явление произошло, необходима некая смена внешних условий, которая повлекла бы за собой естественный отбор организмов по фенотипу.

Вопрос 5. Назовите условия, необходимые для осуществления эволюции.

Для осуществления эволюции необходимо, чтобы на популяцию воздействовали три типа факторов.

1) Факторы, вызывающие изменения в генофонде популяции. К ним относятся наследственная изменчивость, поставляющая в популяцию новый генетический материал, и популяционные волны, формирующие различия между генофондами различных популяций.

2) Фактор, позволяющий популяции развиваться самостоятельно относительно других популяций либо разделяющий исходную популяцию на две или более новых. Таким фактором является изоляция.

3) Фактор, направляющий эволюционный процесс и обеспечивающий закрепление в популяции определенных адаптаций и изменений организмов. Таким фактором служит естественный отбор.

§ 4.8

Факторы эволюции

Вопрос 1. Назовите основные факторы эволюции.

Основными факторами (силами) эволюции являются наследственная изменчивость, популяционные волны, изоляция и естественный отбор (см. также ответ на вопрос 5 к § 4.7).

Вопрос 2. Какой фактор обеспечивает возникновение нового генетического материала в популяции?

Фактором, обеспечивающим возникновение принципиально нового генетического материала, является мутационная изменчивость. Мутации происходят с определенной частотой у всех организмов, населяющих нашу планету. Место мутации (ген и хромосома) случайно, поэтому мутации способны затронуть любые признаки и свойства особи, в том числе влияющие на жизнеспособность, размножение, поведение. В ряду поколений сохраняется подавляющее большинство мутаций, начиная с тех, которые возникли у самых давних предков. В результате набор мутаций в двух популяциях одного вида оказывается очень сходным. С другой стороны, будут присутствовать и разные мутации. Их количество — показатель того, насколько давно две популяции оказались изолированными друг от друга.

Вопрос 3. Будет ли действовать отбор на носителей рецессивных мутаций?

Как правило, носители рецессивных мутаций (гетерозиготные организмы) заметно не отличаются по свойствам от гомозиготных доминантных организмов. Поэтому отбор на таких особей обычно не действует. По истечении определенного времени в популяции может накопиться достаточно большое число рецессивных аллелей, т. е. увеличится доля гетерозиготных организмов. Это приведет к повыше-

нию вероятности их встречи и, как следствие, к рождению (в 25% случаях) рецессивных гомозигот. Вот на них и может начать действовать естественный отбор.

Вопрос 4. Приведите пример, иллюстрирующий изменение значимости мутации при изменении условий среды.

В качестве примера можно привести мутацию у насекомых, обеспечивающую устойчивость к какому-либо пестициду. В течение долгого времени эта мутация будет нейтральной, а ее встречаемость в популяции низкой. Но после того, как данный пестицид начнут использовать для борьбы с насекомыми, мутация станет полезной, поскольку обеспечит выживание особей в изменившихся условиях. Благодаря действию отбора доля данной мутации в генофонде популяции резко возрастет — тем быстрее, чем жестче идет отбор, т. е. чем больший процент особей гибнет в каждом поколении от действия пестицида. Понятно, что подобные события проявятся гораздо ярче, если мутация устойчивости к пестициду носит доминантный характер.

В качестве еще одного примера можно привести существование на океанических островах эндемичных видов бескрылых насекомых. На континенте бескрылые особи оказываются неконкурентоспособными. Однако на островах в условиях избытка корма и отсутствия врагов, но при постоянном сильном ветре преимущество получают именно они, поскольку бес-

крылых насекомых не сносит ветром в океан. По сходным причинам произошло образование таких ныне истребленных человеком видов, как дронг и бескрылая гагарка.

Вопрос 5. Способен ли мутационный процесс оказывать направляющее влияние на процесс эволюции и почему?

Мутационный процесс — явление случайное, неспецифическое. Мутации возникают ненаправленно, не имеют приспособительного значения, т. е. обуславливают неопределенную наследственную изменчивость (по Ч. Дарвину). С равной вероятностью мутации могут привести к изменениям в любых системах органов. Таким образом, мутационный процесс сам по себе не способен оказывать направляющее действие на ход эволюции.

Вопрос 6. Что такое дрейф генов?

Дрейф генов — это процесс случайного ненаправленного изменения частот аллелей в популяции. Он наблюдается при прохождении популяции через состояние малой численности (так называемый эффект «бутылочного горлышка», который возникает в результате эпидемий, стихийных бедствий). В результате случайного дрейфа генов генетически однородные популяции, обитающие в сходных условиях, могут постепенно утратить свое первоначальное сходство. Дрейф генов — один из факторов, способствующих изменению популяций.

Вопрос 7. Какой фактор приводит к прекращению обмена генетической информацией между популяциями? Каково его эволюционное значение?

Прекращению обмена генетической информацией способствует *изоляция* — ограничение или прекращение скрещиваний особей, принадлежащих к разным популяциям. Изоляция бывает пространственная и экологическая.

Пространственная изоляция обеспечивается существованием географических преград между популяциями. *Экологическая изоляция* возникает, если особи разделены экологическими препятствиями в пределах одного ландшафта, например, вероятность встречи обитателей мелких и глубоких частей водоема в период размножения очень мала.

Эволюционное значение изоляции заключается в том, что она закрепляет, усиливает генетические различия между популяциями и создает предпосылки для дальнейшего преобразования этих популяций в отдельные виды.

§ 4.9

Естественный отбор — главная движущая сила эволюции

Вопрос 1. Что такое естественный отбор?

Естественный отбор — это преимущественное выживание и размножение в природе

более приспособленных особей каждого вида. При этом хуже приспособленные особи размножаются с меньшим успехом или даже гибнут. Естественный отбор является результатом борьбы за существование.

Вопрос 2. На чем основывается действие естественного отбора?

Естественный отбор основывается на генетическом разнообразии и борьбе за существование. Благодаря генетическому разнообразию создается материал для отбора. Борьба за существование, в свою очередь, возникает как результат избыточной численности популяции (внутривидовая конкуренция), взаимодействия популяции с особями других видов (хищниками, паразитами и т. д.), действия на организмы неблагоприятных факторов окружающей среды. Благодаря борьбе за существование менее приспособленные особи «отбраковываются» — гибнут или хуже размножаются.

Вопрос 3. Какие вам известны формы естественного отбора?

Существуют две основные формы естественного отбора — движущий и стабилизирующий. *Движущий отбор* действует при изменении условий внешней среды. При этом в популяции происходит сдвиг среднего значения признака до значения, соответствующего изменившимся условиям. Изменение признаков или свойств под действием движущего отбора

может происходить весьма быстро. Примером служит изменение окраски березовой пяденицы: под действием промышленного загрязнения стволы берез, на которых жили эти бабочки, потемнели, и преимущество — надежную маскирующую окраску — получили особи более темного цвета.

Стабилизирующий отбор — форма отбора, при которой преимущество имеют особи со средним значением признака. Примером может служить размер тела у травоядных животных: возрастание массы помогает противостоять хищникам, но снижает подвижность и увеличивает количество необходимого для существования корма. Поэтому в популяции травоядных животных преимущество получают особи с оптимальным средним весом.

Вопрос 4. В каких условиях внешней среды действует каждая форма естественного отбора?

Движущий отбор действует при изменении внешних условий. Он проявляет себя лишь время от времени и действует до тех пор, пока средняя величина признака в популяции не достигнет оптимального в новых условиях значения.

Стабилизирующий отбор действует при неизменных внешних условиях. Он проявляет себя постоянно, ограничивая размах вариаций признака и тем самым закрепляя эффект движущего отбора.

В ходе селекции аналогом движущего отбора является искусственный отбор, направлен-

ный на выведение новой породы (сорта), а стабилизирующему отбору соответствуют усилия человека по сохранению свойств породы, когда к скрещиванию допускаются лишь особи с «нужным» фенотипом.

Вопрос 5. В чем заключается причина появления у микроорганизмов, вредителей сельского хозяйства и других организмов устойчивости к ядохимикатам?

Причиной появления устойчивости к ядохимикатам у микроорганизмов, вредителей сельского хозяйства и других подобных организмов является проводимый человеком произвольный отбор. При использовании ядохимикатов (или антибиотиков) уничтожается почти вся популяция вредителей (возбудителей заболевания). Выживают лишь те особи, которые обладают ранее совершенно бесполезным и не проявляющим себя признаком — устойчивостью к данному яду. Потомство этих особей сохранит такую устойчивость и получит преимущество. В результате признак закрепится в популяции, и вскоре она в целом станет невосприимчива к ядохимикату (антибиотику). Так, например, некоторые возбудители инфекционных заболеваний в настоящее время приобрели устойчивость к препаратам, открытым в середине XX в. (пенициллину и другим антибиотикам). Фактически данный пример иллюстрирует действие движущего отбора.

Адаптации организмов к условиям обитания как результат действия естественного отбора

Вопрос 1. Приведите примеры приспособленности организмов к условиям существования.

В ходе эволюции организмы приобретают различные свойства, позволяющие им более успешно приспособляться к условиям обитания. Например, мех животных севера (песцов, медведей) имеет белую окраску, делая их практически незаметными на фоне снега. Насекомые, питающиеся цветочным нектаром, имеют строение и длину хоботка, идеально подходящие для этого. Ласты тюленей, преобразованные из лап их сухопутных предков, прекрасно приспособлены к передвижению в воде. Жирафы живут в саванне и поедают листья деревьев на большой высоте, в чем им помогает длинная шея.

Таких примеров можно привести множество, так как каждое живое существо обладает большим количеством признаков, приобретенных в процессе приспособления к конкретным условиям обитания.

Вопрос 2. Почему одни животные имеют яркую, демаскирующую окраску, а другие, наоборот, — покровительственную?

Двум типам окраски соответствуют два варианта стратегии поведения. При одном из них

животное стремится остаться незамеченным, пытаясь избежать встречи с хищником или подкрадываясь к жертве. Для этого используется *покровительственная окраска*, позволяющая сливаться с фоном. С другой стороны, животные, которые являются опасными или ядовитыми, часто всячески это подчеркивают. Они используют яркую *демаскирующую окраску*, предостерегающую: «не ешь меня». Кроме ядовитых организмов, эту стратегию применяют мимикрирующие под них безобидные виды. Организмы могут иметь демаскирующую окраску и по совершенно иной причине — в связи со стремлением привлечь партнера для размножения (яркая окраска многих самцов птиц, рыб, рептилий, бабочек и т. д.). В этом случае задача продолжения рода приходит в противоречие с инстинктом самосохранения, но оказывается для организма более значимой.

Вопрос 3. В чем состоит сущность мимикрии?

Сущность *мимикрии* (от греч. *mimikos* — подражательный) заключается в том, что безобидные животные в процессе эволюции приобретают сходство с опасными (ядовитыми) видами. Это позволяет им избегать нападения хищников. Примером служат некоторые неядовитые змеи: существует вид полоза, который расцветкой похож на смертельно опасного аспида и отличается от него лишь чередованием полос. Кроме окраски мимикрирующие животные обладают характерным поведением: мухи-журчалки ведут себя подобно осам, имитируя агрессию.

Вопрос 4. Распространяется ли действие естественного отбора на поведение животных? Приведите примеры.

Естественный отбор влияет не только на внешние признаки организма, но и на поведение. Это относится, прежде всего, к врожденным (инстинктивным) формам поведения. Такие формы очень разнообразны: способы добывания пищи, проявления страха и агрессии, половое поведение, родительское поведение и т. д. Паук плетет сеть, пчела строит соты, кошка в момент опасности принимает угрожающую позу, бурундуки делают запасы и впадают в спячку на зиму и т. д. Очень сложны брачные ритуалы, строгое следование которым является для животных одним из путей предотвращения межвидового скрещивания.

Вопрос 5. Каковы биологические механизмы возникновения приспособительной (скрывающей и предупреждающей) окраски у животных?

Биологическим механизмом, обеспечивающим возникновение приспособительной окраски, является *естественный отбор*. В процессе эволюции в популяции, которая в силу разнообразия генофонда отличалась очень широким спектром окраски, преимущественно выживали и оставляли потомство те особи, которые были менее заметны на фоне окружающей среды. В результате доля соответствующих генотипов постоянно росла. В дальнейшем данный фенотип, а следовательно,

и генотип закреплялся в популяции с помощью стабилизирующего отбора. В случае предостерегающей окраски происходили аналогичные процессы. Например, птицы исходно легче находят и поедают ярких насекомых. Если эти насекомые оказываются ядовитыми, то птицы быстро обучаются их не трогать и предпочитают более скромно окрашенную добычу. Тем самым особи с яркой окраской, которую легко идентифицировать как ядовитую, сохраняются и оставляют потомство. Со временем данный признак закрепляется в популяции.

Вопрос 6. Являются ли физиологические адаптации факторами, определяющими уровень приспособленности организма в целом?

Физиологические адаптации играют огромную роль в поддержании работоспособного состояния организма в изменяющихся условиях внешней среды. Они характеризуют приспособленность вида в целом, так как обеспечивают выполнение жизненно важных функций. Например, птицы и рептилии обладают специальными железами, обеспечивающими быстрое выделение избытка солей. Верблюд способен запасать большое количество жира в своем горбу. У дельфинов и летучих мышей развилась способность к эхолокации. У многих змей ферменты слюнных желез преобразовались в яд. В мозге человека получили развитие зоны, связанные с движениями пальцев, речью, мышлением.

Вопрос 7. В чем сущность относительности любого приспособления к условиям обитания? Приведите примеры.

Любая адаптация позволяет приспособиться к условиям окружающей среды, но только к каким-то определенным. При изменении (особенно при резком изменении) этих условий адаптация может оказаться бесполезной и даже вредной. Например, белая окраска животных, рассчитанная на снежный покров, будет выдавать их в случае внезапного таяния снега. Таким образом, все адаптации имеют относительную целесообразность. В особо резкой форме эта проблема стоит перед организмами, населяющими сушу, где условия могут меняться очень быстро. В океане условия окружающей среды более стабильны, и мы можем встретить здесь виды, не претерпевшие значительных изменений на протяжении сотен миллионов лет (акулы, многие моллюски).

§ 4.11

Видообразование как результат эволюции

Вопрос 1. Перечислите способы видообразования.

Видообразование может происходить за счет постепенного превращения исходного вида в новый либо за счет гибридизации двух ви-

дов (например, терн + алыча = слива). Однако гораздо чаще видообразование связано с расхождением (дивергенцией) признаков в популяциях. В итоге вид, ареал которого был разделен на несколько популяций (например, каждая обитает на своем острове), может в итоге образовать несколько новых видов.

Вопрос 2. Охарактеризуйте механизмы основных путей видообразования.

Существуют два основных пути видообразования — географический и экологический. При *географическом видообразовании* основным фактором является пространственная изоляция, приводящая к разделению ареала вида на отдельные изолированные зоны (и, как следствие, на изолированные популяции). Если условия обитания в этих зонах будут разные, могут постепенно сформироваться новые виды.

Экологическое видообразование происходит в том случае, если между особями одной популяции возникает изоляция в пределах единого ареала. Изолирующими барьерами в этом случае являются различия в способах взаимодействия организмов друг с другом и с окружающей средой (разные способы и места поиска пищи, разные сроки размножения и брачные ритуалы и т. д.).

Вопрос 3. Какую роль играет изоляция в процессе видообразования?

Разделение единого вида на несколько изолированных популяций и их дальнейшее су-

ществование в разных условиях является основным механизмом видообразования. При этом прекращается обмен генами между популяциями и постепенно накапливаются межпопуляционные различия, приводящие со временем к образованию новых видов. Особое значение имеют различия, изменяющие брачные ритуалы. Они предотвращают скрещивание особей, принадлежащих к разным популяциям, даже при случайной встрече.

Вопрос 4. Приведите примеры географического и экологического видообразования.

Примером *географического видообразования* может служить появление различных видов ландыша в результате разделения единого древнего ареала исходного вида ледником на несколько изолированных зон. Другой пример — знаменитые галапагосские вьюрки.

В качестве примера *экологического видообразования* можно привести различные виды дубов, которые растут на разных почвах: одни — на известняковых, другие — на магматических, третьи — на черноземных. Форели озера Севан распадаются на шесть отдельных популяций, нерестящихся в разных реках и ручьях, впадающих в озеро. Экологическая изоляция может быть следствием воздействия человека: на сенокосных лугах сохраняются лишь те растения, которые успевают отцвести и дать семена либо до сенокоса, либо после. Таким образом, из одной популяции формируются две: одна с раннецветущими растениями, другая — с позднецветущими.

Вопрос 5. Каково значение пространственной изоляции для образования новых видов?

Пространственная изоляция, как указано в ответах на вопросы 1—4 к данному параграфу, является важнейшей предпосылкой, способной привести к географическому видообразованию. В качестве факторов пространственной изоляции чаще всего выступают горные массивы и обширные водные пространства. Ими могут также являться пустыни, области с какими-либо специфическими отклонениями в составе почвы (засоление, закисление) и др.

§ 4.12

Сохранение многообразия видов как основа устойчивого развития биосферы

Вопрос 1. Что такое биологический прогресс?

Биологический прогресс — это направление эволюции, в ходе которого таксон оптимально адаптируется к условиям окружающей среды, а его численность и ареал растут.

Биологический прогресс приводит к процветанию таксона и обычно сопровождается усложнением организации: появление теплокровности у птиц и млекопитающих, семени у цветковых растений и т. д. Однако упрощение организации также может способствовать биологическому прогрессу. Примером служат

многие паразитические организмы, а также животные-биофильтраторы (двустворчатые моллюски и др.).

Вопрос 2. Что является показателями биологического прогресса? Регресса?

Показатели биологического прогресса:

- увеличение численности особей таксона;
- расширение ареала обитания;
- появление подчиненных систематических групп (популяций в видах, видов в родах и т. д.).

Показатели биологического регресса:

- уменьшение численности особей таксона;
- сужение ареала обитания;
- уменьшение числа подчиненных систематических групп.

В настоящее время основным фактором, вызывающим биологический регресс множества видов, является антропогенное воздействие, т. е. влияние человека на биосферу. В состоянии же биологического прогресса находятся преимущественно виды, чье существование неразрывно связано с человеком (домашние животные и культурные растения, паразиты и сорняки, виды-квартиранты вроде тараканов и др.).

Вопрос 3. Как можно объяснить существование на Земле организмов разной степени сложности?

Вершинами эволюции на нашей планете являются высшие растения, членистоногие, теплокровные позвоночные. Однако существует множество других гораздо проще организо-

ванных таксонов. Причина этого связана с тем, что усложнение строения вовсе не является обязательной целью эволюции. Цель состоит в достижении максимальной приспособленности к условиям окружающей среды, которая может наступить и на относительно низком уровне организации. Этому способствуют стабильные, «монотонные» условия обитания, наличие постоянного, не очень интенсивного источника энергии (пищи). Примерами служат многие организмы-редуценты (бактерии, черви, грибы), кишечнополостные и губки, бактерии-хемосинтетики.

Вопрос 4. Какое направление биологической эволюции поднимает группу организмов на более высокую степень организации?

Основные направления эволюции охарактеризованы в классических работах российских ученых А. Н. Северцова и И. И. Шмальгаузена. В числе прочего они выделили изменения, которые ведут к общему подъему организации живых существ, повышают интенсивность их жизнедеятельности и не являются узкими приспособлениями к определенным условиям обитания. Такие изменения называли ароморфозами. *Ароморфозы*, как направления эволюции, ведут к возникновению крупных систематических групп — классов и типов; как правило, они позволяют живым организмам освоить принципиально новые области обитания. Так, значительное число ароморфозов обусловило выход растений и животных из океана на сушу.

Вопрос 5. Каковы причины вымирания видов?

Вымирание видов может происходить по нескольким причинам. Во-первых, вид может не выдерживать конкуренции со сходными видами (бычок-ротан вытесняет других рыб из водоемов средней полосы России). Во-вторых, в результате адаптации вид может стать высокоспециализированным (приспособиться к экстремальным условиям обитания или строго определенной пище). При быстром изменении условий он может не успеть измениться, что особенно справедливо по отношению к видам-эндемикам. Вымирание может быть также результатом эпидемии или глобальных природных катаклизмов. В настоящее время основной фактор вымирания — антропогенные воздействия, приводящие как к изменению условий обитания, так и к прямому истреблению вида (дронт, морская корова).

Вопрос 6. Объясните, что такое генетическая эрозия.

Генетическая эрозия — это сокращение и обеднение генофонда вида. Она приводит к тому, что вид теряет возможность быстро реагировать на изменение условий окружающей среды. Кроме того, растет вероятность близкородственного скрещивания, а значит, проявления неблагоприятных рецессивных мутаций. В результате малочисленные изолированные популяции и даже целые виды могут исчезать.

Доказательства эволюции органического мира

Вопрос 1. Докажите существование эволюции с точки зрения эмбриологии.

Все многоклеточные организмы, способные к половому размножению, развиваются из одной оплодотворенной яйцеклетки. При этом хорошо заметно сходство ранних стадий формирования эмбриона с таковыми у достаточно далеких (с точки зрения эволюционного родства) групп организмов. Эмбрион в своем развитии повторяет стадии зародышевого развития предковых форм, и чем ближе родство двух видов (таксонов), тем больше стадий совпадает. Например, у всех зародышей птиц и млекопитающих закладывается двухкамерное сердце и появляются жаберные щели, характерные для рыб. Однако позже нарастают отличия эмбриона млекопитающего от эмбриона птицы. Еще позднее, чем отличия между классами, начинают формироваться признаки, характерные для рода и вида. Все это доказывает, что организмы имеют общее эволюционное происхождение, которое можно проследить по зародышевым стадиям.

Вопрос 2. Расскажите о палеонтологических доказательствах эволюционного процесса.

В процессе изучения ископаемых остатков живых организмов были установлены следующие закономерности:

- в наиболее древних породах разнообразие организмов невелико, оно становится тем больше, чем более молодые породы мы исследуем;

- более древние организмы имеют относительно простое строение; усложнение организации также идет в направлении более молодых отложений;

- обнаружен целый ряд переходных форм между таксонами, которые в настоящее время четко разделены (зверозубые ящеры, археоптерикс и др.), что доказывает происхождение таких таксонов от общих предков;

- найдены предковые формы многих ныне живущих видов.

На основании палеонтологических данных удалось установить, как происходил филогенез (эволюционное развитие) многих групп организмов. В некоторых случаях (лошади, слоны) удалось построить даже так называемые филогенетические ряды — непрерывные последовательности предковых форм.

Вопрос 3. Какие органы называют гомологичными, какие — аналогичными?

Гомологичные органы формируются в процессе эмбрионального развития из одних и тех же зачатков и выполняют сходные функции. Примером гомологичных органов являются конечности всех наземных позвоночных.

Аналогичные органы имеют разное происхождение и строение, но характеризуются внешним сходством и выполняют одинаковые функции. В качестве примера можно привести

конечности собаки и конечности муравья, крыло бабочки и крыло летучей мыши.

Вопрос 4. Приведите примеры сходства строения органов у неродственных групп животных, обитающих в одинаковых условиях.

Примером может являться развитие крыльев у организмов, освоивших воздушную среду обитания. Крылья бабочек и стрекоз не родственны крыльям птиц и летучих мышей, хотя и выполняют те же функции. Другие примеры: хвостовые плавники акулы, дельфина и ихтиозавра; «стреляющие» языки лягушки и хамелеона; глаз осьминога и глаз человека.

Вопрос 5. В чем причина появления рудиментов и атавизмов? Почему они служат доказательствами процесса эволюции?

Рудименты — это органы, утратившие в процессе эволюции свое значение. Они закладываются во время эмбриогенеза, но полностью не развиваются. Причиной наличия рудиментов является то, что у предковых форм была необходимость в соответствующих органах, однако затем она исчезла, и органы подверглись дегенерации. Наличие рудиментов — доказательство процесса эволюции, как изменения строения органов при изменении условий окружающей среды. Примерами рудиментов являются третье веко и ушные мышцы человека, остатки тазового пояса у змей и китообразных, «глаза» пещерных и подземных животных.

Атавизмы — это появляющиеся у отдельных особей признаки, характерные для предковых форм, но утраченные в процессе эволюции. Причиной возникновения атавизмов является активация обычно заблокированных генов, ответственных за развитие таких признаков. В норме эти гены, доставшиеся организму от предков, не проявляются. Например, у современной лошади может развиться трехпалая конечность вместо однопалой. Атавизмы встречаются и у человека, например дополнительная пара молочных желез, хвост, волосяной покров на лице.

§ 4.14

Развитие представлений о происхождении жизни на Земле

Вопрос 1. Какие условия необходимы для возникновения живых организмов по мнению древнегреческих философов?

Древнегреческие философы считали, что живые организмы возникают из неживых путем самозарождения. По мнению Аристотеля, должно существовать некое «активное начало», которое способно, используя неживую материю, создать живой организм. Он считал, что такое активное начало присутствует в оплодотворенном яйце, солнечном свете и гниющем мясе.

Вопрос 2. В чем заключается смысл опытов Ф. Реди?

В начале XVII в. было распространено убеждение, что личинки мух самопроизвольно зарождаются из гнилого мяса. Франческо Реди (1626—1698) в своих опытах решил опровергнуть это заблуждение. Он помещал мясо в сосуды и часть из них закрывал марлей. В сосудах, закрытых марлей, куда не могли попасть мухи, личинки не появлялись, а в открытых через несколько дней обнаруживалось множество личинок. Опыты Ф. Реди нанесли серьезный удар по теории самозарождения и подтвердили концепцию биогенеза, согласно которой жизнь может возникнуть только из уже существующей жизни.

Вопрос 3. Опишите опыты Л. Пастера, доказывающие невозможность самозарождения жизни в обычных условиях.

Луи Пастер в своих опытах пользовался колбами собственного изобретения с длинным тонким горлышком в форме буквы S. Он наливал в колбу питательный бульон и кипятил его на огне, оставляя горлышко открытым. Это было важно, поскольку считалось, что причиной отсутствия самозарождения жизни в закрытых сосудах является невозможность проникновения в них «жизненной силы», необходимой для самозарождения. Пастер в своих опытах не препятствовал возможному проникновению «жизненной силы» в колбу, однако не давал попасть туда микроорганизмам (они

оседали на изгибах трубки). В итоге бульон мог храниться долгое время, оставаясь стерильным. Если же горлышко отламывали, то бульон очень быстро мутнел из-за появления в нем бактерий.

Вопрос 4. Что вам известно о гипотезе вечности жизни?

Гипотеза вечности жизни, или гипотеза стационарного состояния, утверждает, что жизнь на Земле никто не создавал, поскольку она существует вечно. Виды тоже никогда не возникали, они были и есть, а эволюции не существует. Может происходить лишь изменение численности видов или их вымирание. Гипотеза вечности жизни была выдвинута немецким ученым В. Прейером в 1880 г. Он предполагал, что даже раскаленные области внутри земного шара могут являться скоплением живых организмов со своим обменом веществ.

Вопрос 5. Какие вы знаете материалистические теории возникновения жизни?

Существует несколько основных концепций возникновения жизни:

- жизнь была создана Творцом в определенное время (креационизм);
- жизнь возникла самопроизвольно из неживого вещества (этой точки зрения придерживался, в частности, Аристотель);
- жизнь существовала всегда — концепция стационарного состояния (см. ответ на вопрос 4 к § 4.14);

• концепция панспермии — внеземного происхождения жизни (см. ответ на вопрос 6 к § 4.14);

• концепция происхождения жизни на Земле в историческом прошлом в результате процессов, подчиняющихся физическим и химическим законам.

Полностью идеалистической является только первая из этих концепций, полностью материалистической — только последняя. В законченном виде ее сформулировал А. И. Опарин в 20-е гг. XX в. Правильность ее основных положений была подтверждена в дальнейшем многими учеными (см. ответы на вопросы 1—5 к § 4.15).

Вопрос 6. Что вы думаете о гипотезе занесения жизни на Землю из космоса?

Гипотеза панспермии, или занесения жизни извне, была выдвинута шведским физиком и химиком, создателем теории электролитической диссоциации и гипотезы о парниковом эффекте Сванте Аррениусом (1859—1927). Он утверждал, что жизнь попала на нашу планету из космоса вместе с метеоритами или космической пылью, перемещающимися под давлением лучей света. Примером, свидетельствующим в пользу этой гипотезы, является способность некоторых организмов переносить крайне неблагоприятные условия. Споры и семена растений способны длительное время находиться в жидком кислороде и азоте и при этом не терять всхожести. Сперматозоиды, находившиеся десятки лет в замороженном со-

стоянии, сохраняют способность к оплодотворению. Споры бактерий выдерживают колебания температур от -273 до $+140$ °С. Данная гипотеза не лишена права на существование, однако она не решает проблему собственно возникновения жизни.

§ 4.15

Современные представления о возникновении жизни

Вопрос 1. Какие космические факторы на ранних этапах развития Земли явились предпосылками для возникновения органических соединений?

На ранних этапах развития Земли органические соединения образовывались из неорганических абиогенным путем. Источником энергии для этих процессов служило ультрафиолетовое излучение Солнца. В атмосфере не существовало ни озона, ни кислорода, поэтому ультрафиолет ничем не задерживался и достигал поверхности планеты. Под его воздействием, а также при участии электрических гроздовых разрядов из воды и газов образовывались простейшие органические вещества: формальдегид, глицерин, аминокислоты, мочевина и др.

Вопрос 2. Назовите основные стадии возникновения жизни согласно теории биопоэза.

Согласно теории биопоэза, сформулированной в 1947 г. английским физиком и истори-

ком науки Джоном Берналом (1901—1971), можно выделить три стадии возникновения жизни:

1) абиогенный синтез и накопление органических мономеров (формирование «первичного бульона»);

2) образование биологических полимеров и коацерватов (от лат. coacervus — сгусток);

3) формирование мембранных структур и первичных организмов (пробионтов).

Основное место протекания всех этих процессов — древний океан.

Вопрос 3. Как образовывались, какими свойствами обладали и в каком направлении эволюционировали коацерваты?

Образование коацерватов было бы невозможно без взаимодействия органических веществ друг с другом и с неорганическими соединениями. В результате такого взаимодействия из жирных кислот и спиртов образовались липиды, из аминокислот — пептиды, из нуклеотидов — нуклеиновые кислоты. Липиды формировали пленки на поверхности водоемов, а белки — растворенные в воде полимерные комплексы. Такие комплексы, сливаясь друг с другом, образовывали коацерваты — структуры, обособленные от остальной массы воды. Коацерваты были способны, обмениваясь с окружающей средой, концентрировать различные вещества. Так, накопление ионов металлов и их взаимодействие с белками привело к образованию ферментов. Нуклеиновые кислоты, попавшие в коацерваты, имели боль-

ше шансов сохранить свою структуру и не разрушиться. Коацерваты обладали некоторыми признаками живого, но для превращений их в первые живые организмы не хватало биологических мембран.

Вопрос 4. Расскажите, как возникли пробионты.

Мембраны пробионтов могли образовываться из липидных пленок на поверхности водоемов, к которым присоединялись плавающие в воде коацерваты. Для эволюции жизни были важны те коацерваты, которые содержали не только белок, но и нуклеиновые кислоты. Из их комплексов с липидами можно считать живыми организмами лишь те, которые оказались способны к самовоспроизведению нуклеиновых кислот. Так возникли пробионты — примитивные гетеротрофы, живущие за счет органических веществ абиогенного происхождения («первичного бульона»). На этом этапе закончилась химическая и началась биологическая эволюция.

Вопрос 5. Опишите, как могло происходить усложнение внутреннего строения первых гетеротрофов.

Постепенно количество органических веществ абиогенного происхождения стало уменьшаться. Это привело к жесткой конкуренции между пробионтами, которая ускорила возникновение автотрофов, использующих для создания органики энергию солнечного

света. Первые автотрофы использовали бескислородный путь фотосинтеза. Позднее появились цианобактерии, способные к фотосинтезу с выделением кислорода. Следствием накопления кислорода в атмосфере стало, во-первых, возникновение аэробных организмов, во-вторых, формирование защитного озонового слоя.

Параллельно происходило усложнение внутреннего строения клеток, которое в итоге привело к появлению эукариотов. Некоторые гетеротрофы вступали в симбиоз с аэробными бактериями, захватывая их и используя в качестве «энергетических станций» — будущих митохондрий. Такие симбионты дали начало животным и грибам. Другие гетеротрофы, помимо аэробных бактерий, захватывали и автотрофов-цианобактерий, которые стали хлоропластами. Так появились предшественники растений.

Вопрос 6. Почему невозможно самозарождение жизни в современных условиях?

Самозарождение жизни на Земле в настоящее время невозможно, поскольку в условиях современной богатой кислородом атмосферы органические соединения быстро разрушаются, не накапливаются и не достигают должной степени сложности. Кроме того, появления коацерватов и пробионтов не происходит из-за огромного количества гетеротрофов, очень быстро «поедающих» любое скопление органических веществ.

Развитие жизни на Земле

Вопрос 1. По какому принципу историю Земли делят на эры и периоды?

Разделение истории Земли на этапы произошло после того, как геологи и палеонтологи сравнили между собой разноуровневые пласты осадочных пород и находящиеся в них окаменелости. Временные границы между эрами и периодами были установлены с учетом особенностей геологических процессов, климата, появления и исчезновения определенных групп живых организмов.

Вопрос 2. Когда возникли первые живые организмы?

Первые живые организмы возникли около 3,5 млрд лет назад. Это были анаэробные гетеротрофы, которые питались органическими веществами, содержащимися в «первичном бульоне».

Вопрос 3. Какими организмами был представлен живой мир в криптозое (докембрии)?

Криптозой состоит из нескольких эр. В архейскую эру Землю населяли первые анаэробные гетеротрофы; 3 млрд лет назад появились цианобактерии. В протерозойскую эру (2,5—0,5 млрд лет назад) в атмосфере накопилось

достаточно кислорода, чтобы возникли первые аэробные организмы. В результате симбиоза разных групп древних простейших организмов сформировались эукариотические клетки, близкие к современным. В итоге в протерозое на клеточном уровне уже обнаруживаются все царства живых организмов (растения, животные и грибы). В последние 100 млн лет этой эры появилась многоклеточность; возникли губки, кишечнополостные, черви, иглокожие, членистоногие, моллюски и, наконец, первые хордовые.

Вопрос 4. Почему в пермский период палеозойской эры вымерло большое количество видов амфибий?

В пермский период (285—230 млн лет назад) климат стал существенно холоднее и суше, чем в карбоне. Поэтому численность амфибий, которым вода необходима для увлажнения кожи и развития личинок, стала резко сокращаться. Многие крупные и гигантские виды быстро исчезли. В целом произошла довольно быстрая смена амфибий рептилиями, которые были гораздо лучше приспособлены к сухопутному образу жизни.

Вопрос 5. В каком направлении шла эволюция растений на суше?

Первыми растениями, появившимися на Земле, были водоросли, которые росли и развивались в океане. Первые наземные растения — псилофиты вышли на сушу в силуре

(440—410 млн лет назад). Карбон (350—285 млн лет назад) представлял собой царство споровых — папоротников, хвощей, плаунов. Их древовидные формы достигали в высоту 30—40 м и образовывали огромные леса. Первые виды голосеменных возникли в пермский период, и почти всю мезозойскую эру (230—67 млн лет назад) голосеменные доминировали на Земле. В меловом периоде (137—67 млн лет назад) появляются и быстро распространяются покрытосеменные. Они постепенно вытеснили споровых, существенно потеснили голосеменных и господствуют на планете в настоящее время.

В целом эволюция растений шла в сторону все большего приспособления к жизни на суше: развитие тканей (в том числе покровных, механических и проводящих), переход к оплодотворению, не зависящему от наличия воды, появление семян и плодов.

Вопрос 6. Охарактеризуйте эволюцию животных в палеозойскую эру.

Палеозойская эра (570—230 млн лет назад) разделяется на шесть периодов. В кембрии (570—500 млн лет назад) и ордовике (500—440 млн лет назад) в океане преобладают медузы и кораллы. Появляются древние членистоногие — трилобиты. Постепенно усложняются хордовые. В силуре образуются настоящие позвоночные — бесчелюстные рыбы, от которых произошли современные рыбы. На сушу выходят первые беспозвоночные — древние паукообразные.

В девоне (410—350 млн лет назад) господствуют хрящевые рыбы и уже появляются первые костные. Возникновение кистеперых и двоякодышащих рыб приводит к постепенному выходу позвоночных на сушу. Появляются первые амфибии, в том числе крупные стегоцефалы. В карбоне в лесах обитают первые крылатые насекомые, напоминающие гигантских стрекоз, и множество амфибий. В пермский период численность амфибий сокращается, и хозяевами суши становятся пресмыкающиеся.

Вопрос 7. Расскажите об особенностях эволюции в мезозойскую эру.

Мезозойская эра состояла из трех периодов. Триасовый период (230—195 млн лет назад) — это начало расцвета гигантских пресмыкающихся — динозавров. Появляются крокодилы и черепахи, а также первые млекопитающие; резко сокращается численность амфибий; почти полностью вымирают семенные папоротники (предки семенных растений).

В юрском периоде (195—137 млн лет назад) господствуют голосеменные растения. В океане появляются головоногие моллюски. В конце периода возникают археоптериксы и другие переходные формы между рептилиями и птицами.

В меловом периоде появляются высшие млекопитающие и птицы. Покрытосеменные растения постепенно вытесняют голосеменные и споровые. В конце периода происходит массовое вымирание динозавров.

Вопрос 8. Какое влияние оказали обширные оледенения на развитие растений и животных в кайнозойскую эру?

Четыре гигантских оледенения в антропогенный период (начался 1,5 млн лет назад) привели к появлению животных, приспособленных к суровому климату: мамонтов, шерстистых носорогов, овцебыков. Оледенения ускорили эволюцию и многих других млекопитающих (в том числе человека). После глобального потепления мамонты и значительная часть крупных копытных вымерли.

Оледенения привели к значительному обеднению видового разнообразия растений. Особенно это сильно проявилось в Евразии, где основные горные цепи (в отличие от Америки) идут в широтном направлении и многие виды растений при наступлении ледников были лишены возможности сместить свой ареал к югу.

Вопрос 9. Как вы можете объяснить сходство фауны и флоры Евразии и Северной Америки?

В течение длительного времени в антропогенном периоде Евразия и Америка были соединены участком суши в районе современного Берингова пролива. Благодаря такому «мосту» растения и животные широко расселились по всей территории единой суши. Лишь относительно недавно по геологическим меркам (10—12 тыс. лет назад) континенты разделились. Поэтому флора и фауна Евразии и Северной Америки в настоящее время сохраняют большое сходство.

Другим примером из этой области является относительно недавнее формирование Панамского перешейка. Взаимное проникновение флоры и фауны Северной и Южной Америки протекает в настоящее время, поэтому животный и растительный мир этих двух соседних континентов сильно отличается.

§ 4.17

Гипотезы происхождения человека

Вопрос 1. Какие идеи о возникновении человека существовали в Древнем мире?

В древности многие племена и народности выбирали себе тотемы — священных животных, и почитали их как своих прародителей.

Древнегреческий философ Анаксимандр выдвигал идеи о возникновении человека путем последовательных превращений животных. Сократ считал, что человек стал тем, кем является, благодаря развитой кисти руки. Исократ подчеркивал первенство речи. Аристотель относил человека к животным, имеющим кровь, и ставил его рядом с обезьянами. Но он считал, что первичен разум человека, а рука — лишь продукт разума.

Вопрос 2. Что вам известно о взглядах российских ученых XVIII—XIX вв. на проблему происхождения человека?

Российский естествоиспытатель *Афанасий Каверзнев* в 1775 г. опубликовал труд «О пе-

рерождении животных», в котором подробно развивал идею родства человека и обезьян. *А. Н. Радищев* в конце XVIII в. в своем трактате «О человеке, о его смертности и бессмертии» также писал о сходстве человека с животными. Одновременно Радищев подчеркивал такие специфически человеческие черты, как строение руки и большого пальца. Вместе с тем он не оспаривал представление о бессмертной душе человека.

Вопрос 3. Кто впервые разделил вид *Homo sapiens* (Человек разумный) на расы?

Первым выделил вид *Homo sapiens* и разделил его на четыре расы *Карл Линней*. В десятом издании «Системы природы» (1758) он описал четыре географических варианта внутри вида *Homo sapiens*: американский, европейский, азиатский, африканский, а также предложил отдельный вариант для лопарей. Принципы выделения рас были тогда еще не очень четкими: в характеристику рас *К. Линней* включал не только признаки внешности, но также темперамент (люди Америки — холерики, Европы — сангвиники, Азии — меланхолики и Африки — флегматики) и даже такие культурно-бытовые черты, как покррой одежды.

Вопрос 4. Какова роль трудов *Ч. Дарвина* в истории развития взглядов на происхождение человека?

Огромную роль в развитии взглядов на происхождение человека сыграли труды *Чарльза Дарвина* «Происхождение человека и половой

отбор» (1871) и «О выражении эмоций у человека и животных» (1872). Ученый доказывал происхождение человека от животных путем сравнения строения его тела и тела высших обезьян. Дарвин придавал большое значение отбору не только по морфологическим признакам, но и по умственным и нравственным качествам. Прародиной человека Дарвин справедливо считал Африку.

Вопрос 5. Какому фактору в эволюции человечества придавал особое значение Ф. Энгельс?

Особое значение в эволюции человечества Ф. Энгельс придавал труду. Он писал: «Изготовление орудий труда — первое основное условие всей человеческой жизни, и притом в такой степени, что мы в известном смысле должны сказать: труд создал самого человека». Кроме трудовой деятельности, он обратил внимание также на другие факторы антропогенеза — речь и общественный образ жизни.

§ 4.18

Положение человека в системе животного мира

Вопрос 1. Охарактеризуйте систематическое положение человека в животном мире.

Вид *Homo sapiens* (Человек разумный) относится к царству Животные, подцарству

Многоклеточные, типу Хордовые, подтипу Позвоночные, отряду Приматы, подотряду Человекоподобные (антропоиды), секции Узконосые обезьяны, семейству Гоминиды. В семейство Гоминиды входит только один род *Номо*, а в этот род — только один вид *Номо sapiens*. Кроме подотряда антропоидов, к приматам относят еще лемурув и долгопятов.

Вопрос 2. Укажите признаки человека как представителя класса млекопитающих.

Человека можно отнести к классу Млекопитающие по следующим признакам:

- семь шейных позвонков;
- волосяной покров, потовые и сальные железы кожи;
- хорошо развитые губы и мускулистые щеки;
- диафрагма и альвеолярные легкие;
- ушная раковина и три слуховые косточки среднего уха;
- одна дуга аорты (левая) и безъядерные эритроциты;
- теплокровность;
- молочные железы, забота о потомстве.

Вопрос 3. Какие признаки являются общими для человека и человекообразных обезьян?

Человека с человекообразными обезьянами (понгидами) роднят большая величина тела, отсутствие хвоста и защечных мешков, хорошее развитие мимической мускулатуры, сходная структура черепа и скелета вообще.

Кроме того, общими у людей и человекообразных обезьян являются группы крови и резус-фактор, различные заболевания, длительный срок беременности и продолжительный препубертатный (дорепродуктивный) период. Объединяет их и высокий уровень развития высшей нервной деятельности, способность к быстрому обучению, хорошая память, богатые эмоции. В качестве примера можно привести эксперименты по обучению человекообразных обезьян языку глухонемых, в ходе которых гориллы и шимпанзе усваивали до 200—300 слов-жестов. Геном человека и шимпанзе совпадает на 98,5%.

Вопрос 4. Перечислите особенности строения, присущие только человеку.

Человека отличает от человекообразных обезьян целый ряд признаков:

- настоящее прямохождение и, как следствие, развитие длинных и мощных ног, сводчатой стопы, широкого таза, S-образного позвоночника;

- гибкая кисть и чрезвычайно подвижные пальцы;

- сложно устроенный головной мозг объемом около 1350 см^3 (у гориллы — 400 см^3);

- развитые структуры гортани, которые обеспечивают способность к членораздельной речи;

- наличие сознания, речи, сложного абстрактного мышления, способности к общественному труду.

Вопрос 5. Какое значение в антропогенезе имело увеличение объема мозга?

Увеличение размера и усложнение структуры мозга обеспечили человеку возможность развития множества функций, таких как высокоорганизованная нервная деятельность, способность к обучению, наличие большого объема памяти и сложных эмоций, речи. Также они способствовали возникновению абстрактного мышления и способности к труду. Центры, связанные с органами чувств, обеспечивают тончайший анализ зрительной и слуховой информации, что позволяет нам воспринимать и понимать мимику и речь. Двигательные центры мозга осуществляют чрезвычайно точное и оперативное управление мышцами пальцев, голосовых связок и т. д. Во многом именно развитие мозга позволило человеку достичь той высокой ступени эволюционного развития, которую он сейчас занимает.

§ 4.19

Эволюция человека

Вопрос 1. Что является источником информации для исследования антропогенеза?

Основным источником информации для исследования антропогенеза являются ископаемые останки. В последнее время появилась возможность в ходе их анализа применять не только морфо-анатомические, но и молекуляр-

но-генетические методы (оценка степени сходства ДНК предковых форм и ДНК современного человека).

Вопрос 2. От какой группы млекопитающих произошел отряд приматов?

В конце мезозойской эры возникли первые плацентарные млекопитающие. Позднее, около 35 млн лет назад, от примитивных насекомоядных отделилась группа животных, которая впоследствии дала начало отряду приматов. Самая примитивная группа обезьян, так называемые тупайи, сохранила ряд черт насекомоядных (когти на пальцах, удлинённая мордочка).

Вопрос 3. Как черты строения и образ жизни обезьяноподобных предков предопределили развитие признаков вида Человек разумный?

Наши далекие предки парапитеки (30 млн лет назад) питались насекомыми и растениями, их зубы и челюсти были такие же, как у человекообразных обезьян. У дриопитеков, живших на деревьях (20 млн лет назад), возникла необходимость развития подвижных конечностей и кисти, способной к точному захвату ветвей. Наличие ключицы обеспечило высокую подвижность плечевого сустава и дало возможность разводить руки в стороны. Для эффективного перемещения по деревьям с большой скоростью было необходимо совершенствование двигательных отделов головного мозга. Развитое бинокулярное зрение требо-

валось для оценки расстояния при прыжках. Жизнь на деревьях способствовала уменьшению плодовитости, параллельно развивалась забота о потомстве.

После того как часть дриопитеков переселилась в саванны, для ориентировки на местности важным стало умение подниматься на задние конечности. Отсутствие развитых клыков и когтей предопределило особое значение стайного образа жизни. В результате преимущественно выживали те обезьяны, которые объединяли свои силы, распределяя обязанности внутри стаи, а также использовали руки для манипуляций с предметами, добывания пищи, защиты и нападения, ухода за детенышами. Так произошел переход к австралопитекам — более крупным видам с хорошо выраженным прямохождением и развитой кистью руки. Для их дальнейшей эволюции характерно использование простейших орудий труда, а также использование значительного количества мясной пищи. Последний фактор, интенсифицируя обмен веществ, по-видимому, способствовал росту уровня активности центральной нервной системы.

Вопрос 4. Охарактеризуйте прогрессивные черты в развитии древнейших людей.

Объем мозга древнейших людей (архантропов) составлял 800—1100 см³, что вполне достаточно для развития речи. Они изготавливали каменные орудия, использовали огонь, строили шалаши и обустроивали пещеры. Судя по строению подбородка, у них уже существовала чле-

нораздельная речь. Останки питекантропов были найдены на о. Ява. Кроме этого, древнейшие люди обитали в Европе (гейдельбергский человек) и Китае (синантроп). Возраст этих находок составляет 400—600 тыс. лет.

Вопрос 5. Какое значение в эволюции человека имело овладение членораздельной речью?

Овладение членораздельной речью позволило обмениваться информацией как в пределах одного поколения, так и между поколениями. Развитие речи способствовало появлению совместной трудовой деятельности, коллективной охоты, накоплению и передаче опыта. В результате преимущество получали те группы (племена), которые поддерживали не только физически сильных особей, но и стариков, как носителей знаний.

Иными словами, естественный отбор, направляющий эволюцию человека, стал учитывать новый фактор — социальную значимость особи для племени.

Вопрос 6. Когда появились современные люди (неоантропы)?

Современные люди (кроманьонцы) возникли около 40—50 тыс. лет назад. Некоторое время они сосуществовали с неандертальцами, но затем вытеснили их (результат борьбы за существование). С появлением неоантропов эволюция человека вышла из-под ведущего контроля биологических факторов и приобрела черты социального процесса.

Человеческие расы

Вопрос 1. Какие большие расы выделяют внутри вида Человек разумный?

Вид Человек разумный разделяют на три большие расы: евразийскую (европеоидную), азиатско-американскую (монголоидную) и австрало-негроидную (экваториальную).

Представители *европеоидной расы* характеризуются относительно светлой кожей, мягкими прямыми или волнистыми волосами, тонкими губами, нешироким выступающим носом. У мужчин обычно хорошо растут борода и усы. Внутри расы существует большая изменчивость по цвету волос и глаз, поэтому ее делят на три крупные части: светлоокрашенную северную (скандинавы), темноокрашенную южную (индусы, арабы) и среднеевропейскую с промежуточным типом пигментации.

Типичные представители *монголоидной расы* обладают смуглой кожей желтоватого оттенка, темно-кариими глазами, темными и прямыми жесткими волосами. У мужчин волосяной покров на теле развит слабо. Для большинства монголоидов характерен эпикантус — особая складка верхнего века, которая прикрывает внутренний угол глаза. Нос довольно узкий.

Для представителей *экваториальной расы* характерны черные курчавые волосы, очень темная кожа и карие глаза. Борода и усы у мужчин растут слабо. Нос довольно плоский, мало выступающий, с широкими крыльями. У большинства представителей толстые губы и выступающий челюстной отдел черепа.

Вопрос 2. Какие механизмы лежат в основе формирования человеческих рас?

Известно, что среди неантропов существовало множество различных физических типов. В результате миграций по земному шару отдельные популяции людей приспособлялись иногда к диаметрально противоположным условиям окружающей среды. Изоляция способствовала закреплению признаков и возникновению рас, которые были максимально адаптированы к местным условиям. Классическим примером является темная кожа негроидов, защищающая их от солнечной радиации. Эпикантус у монголоидов служил для защиты глаз от пыли, которой много в степи, или от снежной пурги на Севере.

Вопрос 3. Приведите доказательства единства происхождения человеческих рас.

Все расы человека едины по происхождению. Главным доказательством этого является возможность межрасовых браков, дающих плодovитое потомство. В настоящее

время в связи с легкостью перемещения людей по всему земному шару количество смешанных браков растет. Например, в России более 45 млн человек относятся к переходному европеоидно-монголоидному типу. Смешение рас говорит о видовом единстве человека.

Другими доказательствами этого единства являются анатомические и физиологические сходства рас, общность групп крови и заболеваний, сходство (на невербальном, эмоциональном уровне) способов коммуникации. Наконец, степень отличий геномов у людей разных рас составляют около 0,1%, что явно меньше среднего уровня межвидовых различий (более 1%).

Вопрос 4. Почему в процессе эволюции ни одна из рас не достигла в своем развитии уровня вида?

Основная причина этого — недостаточный срок эволюции *Homo sapiens*, как биологического вида, и недостаточный уровень географической изоляции человеческих популяций. Кроме того, по ходу эволюции человека значение биологических (расовых) характеристик, как объектов естественного отбора, уступило свое место социальной значимости индивида. То есть по мере развития общества отбор все меньше затрагивал специфические расовые качества, что замедлило процесс генетического разделения рас.

Вопрос 5. В чем заключается отличие расы и нации?

Раса — это биологическое образование, и для ее определения первостепенное значение имеет генетическое наследование специфических признаков. Различия между *нациями* формируются в результате действия хозяйственных, политических, религиозных и других социальных (общественных) факторов. Для нации огромную важность представляет самосознание и культурное наследие.

Экосистема

§ 5.1

Организм и среда. Экологические факторы

Вопрос 1. Расскажите о задачах экологии.

Экология — наука о взаимоотношениях организмов между собой и с окружающей средой. Она изучает:

- воздействие окружающей среды на растительные и животные организмы, популяции, виды и экосистемы;
- взаимодействие живых организмов друг с другом;
- структуру популяций и механизмы, определяющие численность особей в них;
- продуктивность экосистем и закономерности их функционирования;
- влияние экологических факторов на человека и воздействие человека на другие организмы, популяции, виды и экосистемы.

Важнейшие проблемы, решаемые экологией:

- сохранение природных экосистем;
- создание безотходных промышленных предприятий;
- предсказание последствий хозяйственной деятельности;
- создание высокопродуктивных агроценозов.

Вопрос 2. Какие экологические факторы вы знаете?

Экологические факторы подразделяют на три типа.

1) *Абиотические факторы* — элементы неживой природы, воздействующие на живой организм. К ним относят свет, температуру, влажность, химический состав почвы, воздуха, воды. Также в эту группу входят такие сложные факторы, как рельеф местности, ветер, водные течения, приливы и отливы, смена времен года и др.

2) *Биотические факторы* — все виды влияний на организмы со стороны других живых организмов. Воздействие может быть прямым (например, отношения «хищник — жертва») либо косвенным — если один вид изменяет среду обитания другого (например, земляной червь, питаясь, рыхлит землю, и это оказывает благоприятное действие на растения, поскольку улучшается аэрация корней).

3) *Антропогенные факторы* — все формы активности человека, которые производят воздействие на живую природу — повреждающее (вырубка лесов, загрязнение водоемов, воздуха) или благоприятное (создание заповедников, сохранение редких видов).

Вопрос 3. Сформулируйте закон минимума Либиха.

Юстус Либих (1803—1873) — немецкий ученый, основатель агрохимии, изучал минеральное питание растений, процессы гниения, брожения. В 1840-е гг. он сформулировал так называемый *закон минимума*: «Веществом, находящимся в минимуме, управляется урожай и определяется его величина и устойчивость». В более современном прочтении закон звучит следующим образом: «Даже единственный фактор за пределами зоны своего оптимума приводит к стрессовому состоянию организма, а в пределе — к его гибели».

Вопрос 4. Поясните, каким образом может проявиться ограничивающее действие фактора среды.

Фактор, интенсивность которого сильно отклоняется от оптимальной величины, называют ограничивающим или лимитирующим. Лимитирующим, в принципе, может стать любой абиотический фактор. Например, для растений в теплице одинаково вредны слишком высокая либо низкая температура, избыточный и недостаточный полив, избыток и дефицит удобрений в почве и т. д. В реальных условиях обычно можно выделить один наиболее значимый ограничивающий фактор. Так, в сухих зонах для деревьев, произрастающих на богатой почве при оптимальной температуре, таким фактором является количество осадков. Действие лимитирующего фактора нарушает обмен веществ в тканях и клетках, приводит

к стрессовому состоянию организма, замедлению (остановке) роста, заболеваниям и даже гибели.

Вопрос 5. Что такое экологическая ниша? Охарактеризуйте экологическую нишу хорошо известного вам вида.

Экологическая ниша — это совокупность всех факторов среды, которые требуются для существования вида. С другой стороны, экологическую нишу можно определить как местоположение вида в биоценозе. Экологическая ниша может сильно варьировать у разных видов. Например, местом обитания жирафа является сухая жаркая саванна, в которой растут высокие деревья; для пингвина — это холодное побережье с большим количеством рыбы в океане и т. д. Образование экологической ниши — сложный процесс перераспределения ресурсов экосистемы между видами, результат межвидовой борьбы за существование, дивергенции и видообразования.

§ 5.2

Абиотические факторы среды

Вопрос 1. Какие приспособления к изменениям температуры окружающей среды существуют у растений и животных?

Хорошо выдерживают температурные перепады покоящиеся стадии организмов — цис-

ты, куколки насекомых, семена растений. Споры некоторых бактерий способны переносить колебания температур от -273 до $+140$ °С. Теплокровные животные — птицы и млекопитающие — поддерживают постоянную температуру тела при помощи высокого уровня обмена веществ, совершенной терморегуляции и хорошей теплоизоляции. К примеру, некоторые китообразные и ластоногие, благодаря наличию толстого слоя подкожного жира, живут в северных морях, где температура воды постоянно около 0 °С. На зиму многие млекопитающие отращивают более плотный мех, часть из них (например, сурки) впадают в спячку. У птиц увеличивается масса перьев, многие виды мигрируют в более теплые зоны.

Способны организмы защитить себя и от повышенных температур. Днем в пустыне температура превышает 60 °С, поэтому многие животные прячутся в норах и выходят на поверхность лишь в ночное время. В жару растения увеличивают испарение с поверхности листьев. У многих млекопитающих защитой от перегрева служит активное выделение пота. Наиболее впечатляющим примером адаптации к высоким температурам являются водоросли и бактерии горячих источников, где температура воды превышает 70 °С. Благодаря особой структуре их белки способны противостоять денатурации.

Вопрос 2. Расскажите о приспособлениях живых организмов к недостатку воды.

Вода жизненно необходима для живых существ. Поэтому в случае ее недостатка организмы вынуждены формировать приспособления для экономии воды. Засухоустойчивые растения (верблюжья колючка, саксаул, пустынная полынь) обладают очень длинной, уходящей в глубину на 10 и более метров корневой системой. Их листья обычно узкие и жесткие, с восковым налетом на поверхности, что снижает потери воды при испарении. Эвкалипт для снижения транспирации поворачивает листья ребром к солнцу. У некоторых растений (кактусы, молочаи) образуется толстый стебель с хорошо развитой фотосинтезирующей и водозапасающей тканью, а листья превращаются в колючки или чешуйки. Ряд трав успевает вырасти и отцвести за влажный весенний период, а затем переживает засуху в состоянии семян, луковиц, клубней.

Многие животные также хорошо приспособлены к условиям пониженной влажности. Часть из них никогда не пьет, используя метаболическую воду и воду из пищи (см. ответ на вопрос 3 к § 2.4). Членистоногих защищает от испарения плотный хитиновый панцирь, а пресмыкающихся — ороговевшие покровы, утратившие кожные железы. Продуктом выделения у многих животных является практически безводная мочевая кислота. Существует и множество поведенческих адаптаций: ночной образ жизни, спячка в засушливый период и т. д.

Вопрос 3. Благодаря какой части спектра солнечного излучения у растений осуществляется фотосинтез?

Для осуществления фотосинтеза растения используют видимую часть спектра. При этом водоросли и высшие растения, обладающие зеленым светочувствительным пигментом (хлорофиллом), более эффективно используют крайние участки спектра — красно-оранжевый и сине-фиолетовый. Зеленый цвет листьев обусловлен тем, что именно эту составляющую солнечного излучения хлорофилл поглощает слабее (а значит, сильнее отражает). Бурые и красные водоросли, обладающие несколькими иными светочувствительными пигментами, настроены преимущественно на сине-зеленую часть спектра.

Вопрос 4. Расскажите, что вам известно о биологических ритмах живых организмов.

Поведенческая и физиологическая активность очень многих организмов характеризуется ритмичностью: дыхание и сердцебиение, деятельность, синхронная с приливами и отливами (т. е. с фазами луны), и т. д. Наиболее распространенный фактор, определяющий биологические ритмы, — это освещенность, которая меняется в течение суток и сезонно. Зависимость активности живых существ от света называют *фотопериодизмом*. Приведем примеры суточных и сезонных ритмов.

Многие цветы открываются и закрываются в определенное время; животные также организуют свой распорядок дня в зависимости от

освещенности (дневная либо ночная активность). Целый ряд биохимических и физиологических процессов в организме человека изменяется с ритмом в 24 часа (сон и бодрствование, температура тела, артериальное давление, выделение гормонов).

Для сезонных ритмов определяющей является длина светового дня. От нее зависят сроки цветения и созревания плодов, а также начало листопада у растений, миграция птиц, смена шерстного покрова у млекопитающих, начало брачного сезона, подготовка к спячке и т. д.

§ 5.3

Биотические факторы среды

Вопрос 1. Назовите известные вам типы взаимоотношений организмов в природе.

Существует несколько различных типов взаимоотношений живых организмов в природе. Основными среди них являются:

- хищничество;
- паразитизм;
- конкуренция;
- симбиоз.

Вопрос 2. Приведите примеры симбиоза и отметьте положительные стороны такого типа взаимодействия для обоих партнеров.

Термин *симбиоз* образован от греческого слова *symbiosis* — «совместная жизнь». Под

симбиозом обычно понимают форму совместного существования двух организмов, выгодную для каждого из них. Примером может служить взаимодействие клубеньковых бактерий с растениями. Растения обеспечивают приток питательных веществ к бактериям, а бактерии усваивают азот, образуя азотсодержащие органические соединения, необходимые растениям. Бактерии, живущие в желудочно-кишечном тракте жвачных, питаются клетчаткой, переваривая ее. При этом значительная часть продуктов переваривания достается млекопитающему-хозяину.

Вопрос 3. Расскажите о хищничестве в животном и растительном мире и дайте определение этого явления.

Хищничество — это тип взаимоотношений между организмами, когда одна особь (хищник) ловит, умерщвляет и поедает другую (жертву). Первая из них называется хищником, вторая — жертвой. Хищничество широко распространено в природе, особенно в царстве животных. Хищниками являются волки, совы, змеи, крокодилы и т. д. Хищные растения встречаются гораздо реже (например, росянка и венерина мухоловка). Также есть несколько видов хищных грибов.

Хищничество оказывает сильное воздействие как на хищника, так и на жертву. Хищники, как правило, уничтожают более слабых и больных, способствуя обновлению и укреплению популяции жертвы. Многие жертвы адаптируются в целях защиты: используют сложное при-

способительное поведение, мимикрирующую окраску, различные яды. Хищники тоже совершенствуются, у некоторых из них в ходе эволюции сформировалось согласованное охотничье поведение (охота стаей у волков, дельфинов).

Долгое совместное существование хищников и жертв приводит к относительной стабилизации численности как одной, так и другой популяции. Когда возрастает численность жертв, то в связи с улучшением питания возрастает и численность хищников, тем самым ограничивая разрастание первой популяции. Когда же хищники чрезмерно уменьшают популяцию жертвы, то и их количество снижается.

Вопрос 4. Что такое паразитизм? Что вы можете сказать о разных формах паразитизма? Приведите примеры.

Паразитизм — это форма межвидовых отношений, в процессе которых один из видов (паразит) использует другого (хозяина) в качестве среды обитания и источника пищи. Существует несколько форм паразитизма. Он может быть *обязательным*, когда вид не может жить, не паразитируя (ленточные черви), или *необязательным* (некоторые круглые черви). Также паразиты бывают наружными и внутренними. *Наружные* паразиты обитают на поверхности тела хозяина, на коже и жабрах (комары, слепни, клещи), а *внутренние* — в полостях тела, органах, клетках (аскариды, печеночный сосальщик, малярийный плазмодий). Паразитизм может быть *временным*, когда паразит использует хозяина

только в момент питания (кровососущие насекомые), или *постоянным*. В последнем случае паразит связан с хозяином в течение всей жизни. Некоторые паразиты меняют хозяина на разных стадиях жизненного цикла.

Вопрос 5. По каким критериям можно отличить хищничество от паразитизма?

Хищничество принципиально отличается от паразитизма по нескольким параметрам:

- хищники активно ищут добычу, а паразиты ведут преимущественно прикрепленный образ жизни;

- хищник сначала умерщвляет добычу, а потом ее поедает; паразит способен питаться лишь на живом хозяине;

- для хищника смерть жертвы обязательна; для паразита — обычно нежелательна и даже опасна (поскольку гибнет «среда обитания» паразита);

- хищник за свою жизнь уничтожает и поедает много жертв; паразит использует одного, реже нескольких хозяев;

- анатомически хищники приспособлены для захвата и умерщвления добычи (наличие когтей, зубов, паутины и др.); паразиты имеют органы для прикрепления (крючья, присоски и т. п.).

Вопрос 6. Как сказывается конкуренция на интенсивности жизнедеятельности соперничающих видов?

Представим себе, что в установившуюся экосистему проник новый вид животных. Его кон-

куренция со сходным видом-аборигеном может привести к трем различным результатам.

Во-первых, эти виды могут достичь постепенной специализации на определенном типе корма (насекомоядные и зерноядные птицы).

Также взаимная изоляция может наступить в том случае, если виды займут разные места обитания (например, один оставит за собой верхний ярус леса, а другой спустится на уровень травяного покрова). В обоих случаях общее количество пищи, получаемое популяцией вида-аборигена, скорее всего, снизится, т. е. интенсивность жизнедеятельности и численность этого вида уменьшатся.

Если же виды не смогут разделить «сферы влияния», то, как правило, в результате межвидовой борьбы за существование произойдет конкурентное исключение — один вид вытеснит другой.

§ 5.4

Структура экосистем

Вопрос 1. Что такое биogeоценоз?

Биogeоценоз — это экологическая система (экосистема), границы которой определены растительным сообществом. Совокупность биogeоценозов земного шара образует глобальную систему, биосферу. Примерами биogeоценозов являются дубрава, луг, ельник, березовая роща и др.

Вопрос 2. Расскажите о пространственной структуре экосистемы.

Пространственная структура экосистемы определяется ярусным расположением растительности. Сверху вниз над землей выделяют *пологовой (древесный), кустарниковый, травяной и надпочвенный (приземный)* ярусы. В почве также идет разделение на уровни, образованные корнями растений разных видов. Такая пространственная организация позволяет растениям эффективно использовать свет и другие ресурсы, а животным — занимать разные экологические ниши и ослаблять конкуренцию между близкими видами.

Вопрос 3. Какие обязательные компоненты включает любая экосистема?

В любой экосистеме можно выделить два основных структурных компонента — биотоп и биоценоз. *Биотоп* — это комплекс факторов неживой природы, которые в сумме формируют определенные климатические, географические, почвенные и другие параметры экосистемы. *Биоценоз* — это совокупность всех живых организмов (популяций) экосистемы. Он разделяется на зооценоз (сообщество животных), фитоценоз (сообщество растений) и микробиоценоз (сообщество микроорганизмов).

Вопрос 4. В каких отношениях находятся друг с другом обитатели биоценозов? Охарактеризуйте эти связи.

С точки зрения экологической структуры в экосистеме можно выделить три группы особей.

1) *Продуценты*, или *производители*, — автотрофы, синтезирующие органические вещества из неорганических. Их биомасса — это первичная продукция экосистемы, которая служит пищей и источником энергии для всех остальных организмов сообщества. Автотрофами являются растения, фотосинтезирующие и хемосинтезирующие прокариоты.

2) *Консументы*, или *потребители*, — гетеротрофные организмы, использующие первичную биомассу или биомассу других консументов для собственной жизнедеятельности. Консументами являются многие животные, паразитические бактерии, хищные растения.

3) *Редуценты*, или *разлагатели*, — организмы, перерабатывающие мертвое органическое вещество (детрит) до минеральных соединений. Редуценты — это дождевые черви, многоножки, термиты, грибы, бактерии.

Таким образом, продуценты используют неорганические соединения, создавая первичную продукцию. Далее часть консументов (растительноядные животные) используют первичную продукцию, создавая вторичную биомассу, которая используется другими консументами (хищники, паразиты). После смерти продуценты и консументы разлагаются редуцентами до минеральных соединений, которые вновь используются продуцентами.

Вопрос 5. Опишите видовой состав и пространственную структуру экосистемы дубравы.

Видовой состав дубравы очень разнообразен, что обеспечивает ее стабильность как экосистемы. Растения дубравы образуют четко разделенные ярусы. В верхнем древесном «этаже» расположены крупные многолетние дубы и липы. Второй ярус составляют низкорослые и менее светолюбивые груша, клен, яблоня. Далее следует кустарниковая растительность: лещина, бересклет, калина, боярышник, бузина. Травянистый ярус состоит из кустарничков, всходов деревьев, папоротников и различных трав (медуница, хохлатка, ветреница, иван-да-марья и т. д.). Приземный ярус представлен мхами, низкими травами; здесь также обитают лишайники и грибы.

Животный мир дубравы не менее разнообразен. Членистоногие населяют все ее уровни. Из позвоночных в верхних ярусах мы встретим много птиц — сороку, зяблика, дроздов, синиц, ночных и дневных хищников. В кустарниках обитают зарянка, мухоловка-пеструшка, пеночки, славки, крапивник. В травянистом слое живут мыши, землеройки, ежи. Некоторые животные, например серая белка, способны перемещаться почти по всем ярусам.

В подстилке преобладают редуценты: дождевые черви, мокрицы, личинки мух, жуки-навозники и мертвоеды, клещи, нематоды. В почве обитают различные животные, роющие землю (например, кроты).

Пищевые связи. Круговорот веществ и энергии в экосистемах

Вопрос 1. Что такое пищевая цепь (цепь питания) и что лежит в ее основе?

Каждый организм, участвующий в круговороте веществ и энергии, находится на определенном пищевом (трофическом) уровне, образуя пищевое (трофическое) звено. Пищевая цепь — это соединение нескольких трофических звеньев. Выделяют несколько трофических уровней:

- первый уровень — автотрофы-продуценты (в основном зеленые растения);
- второй уровень — растительноядные животные (консументы 1-го порядка) и растения-паразиты;
- третий уровень — плотоядные животные, питающиеся травоядными (консументы 2-го порядка), и паразиты травоядных;
- четвертый уровень — крупные плотоядные животные (консументы 3-го порядка, или, иначе, хищники 2-го порядка); к этому же уровню относятся паразиты консументов 2-го порядка;
- особый трофический уровень составляют редуценты, которые потребляют мертвое органическое вещество.

Вопрос 2. Чем определяется устойчивость экосистемы?

В реальных экосистемах сосуществуют многие трофические цепи. Они сложным обра-

зом переплетаются, поскольку каждый биологический вид (популяция) может использовать разные источники пищи и сам является поставщиком органических веществ для многих видов. В результате возникают так называемые *трофические (пищевые) сети*, которые и определяют устойчивость экосистемы. Действительно, если цепь изолирована, то после исчезновения одного из звеньев все последующие трофические уровни тоже исчезнут (волки, питающиеся только оленями, после истребления оленей вымрут). Если же возможны разветвления и переплетения цепей, то просто произойдет переключение на другие источники пищи (волки могут питаться оленями, зайцами и грызунами, следовательно, в случае вымирания оленей они станут охотиться на мелкую добычу).

Вопрос 3. Составьте пищевую цепь, начинающуюся от растений.

Трофические цепи, которые начинаются от растений, называют пастбищными пищевыми цепями. Приведем в качестве примера цепь, характерную для сообщества луга: луговые растения \longrightarrow кузнечик \longrightarrow бурозубка \longrightarrow полевой лунь. Еще один пример — пищевая цепь пресного водоема: фитопланктон (одноклеточные водоросли) \longrightarrow зоопланктон (дафнии, циклопы) \longrightarrow мелкие рыбы (уклейки, плотва) \longrightarrow крупные рыбы (окунь, щука).

Вопрос 4. Приведите примеры детритных пищевых цепей.

Термин *детрит* образован от латинского слова *detritus* — «истертый». Им обозначают мертвое органическое вещество, обычно существующее в виде мелких (в том числе, микроскопических) частиц. Детрит образуется из погибших растений и животных или их выделений и служит источником энергии для детритных пищевых цепей. Приведем примеры: лиственный опад → дождевой червь → певчий дрозд → ястреб-перепелятник; озерный детрит → мотыль (личинка комара-звонца) → колюшка → зимородок.

Вопрос 5. Объясните, что такое экологическая пирамида.

Если анализировать, как изменяется биомасса при переходе от более низкого трофического уровня экосистемы к более высокому, то заметно, что она быстро уменьшается. Суммарная масса растений оказывается больше, чем биомасса всех травоядных животных, масса которых, в свою очередь, превышает массу всех крупных хищников. Данное явление называют *экологической пирамидой (пирамидой биомассы)*. Оно обусловлено тем, что на каждом очередном трофическом уровне организмы используют для построения тела лишь 5—15% энергии пищи. Остальное расходуется на обеспечение жизнедеятельности, движение и просто рассеивается в виде тепла либо не усваивается. В результате пищевая цепь не может быть слишком длинной (обычно не более 4—5 звеньев). Кроме пирамиды биомассы различают пирамиды численности и пирамиды энергии.

Причины устойчивости и смены экосистем

Вопрос 1. Какое значение для устойчивости экосистемы имеет ее видовое разнообразие?

Видовое разнообразие является определяющим фактором, обеспечивающим стабильность экосистемы. Чем разнообразнее пищевые цепи и сложнее их переплетение, тем устойчивее биоценоз. Действительно, в сложных цепях с большим видовым разнообразием экологические возможности разных видов дополняют и компенсируют друг друга. В результате даже при значительном изменении условий окружающей среды сложная система сохраняет свою целостность. Наиболее опасно (с точки зрения нарушения устойчивости) для экосистемы уменьшение биомассы продуцентов, а также повреждения на уровне таких элементов биотопа, как почва, вода, воздух.

Вопрос 2. Что такое равновесное состояние экосистемы?

Равновесное состояние экосистемы означает, что та биомасса (первичная продукция), которую синтезируют зеленые растения и другие автотрофы, в энергетическом отношении соответствует потребностям экосистемы. При уменьшении потребностей консументов и редуцентов начинается накопление органического вещества, при увеличении — расходование его. Резуль-

татом накопления является, например, отложение торфа. Перерасход ведет к снижению численности консументов, а в некоторых случаях — к радикальным экологическим изменениям (козы, завезенные на мелкие тропические острова, истребили исходную растительность и привели к превращению лесов в полупустыню).

Вопрос 3. Приведите примеры быстрой смены экосистем.

Примером быстрой смены экосистем является зарастание озера. Сначала у берегов образуется сплавина — поверхностный слой влаголюбивых и водных растений. Затем происходит накопление торфа, постепенно заполняющего чашу водоема. В итоге озеро исчезает, сменяясь болотистым мелким лесом.

В случае смены сосняка ельником семена ели, попадающие в сосновый лес, сначала развиваются под сосновыми кронами. Затем, когда ели вырастают достаточно высокими, они начинают угнетать рост светолюбивых сосен. Ель же является растением теневыносливым и продолжает прекрасно развиваться. Со временем сосны в лесу замещаются елями; происходит смена и нижних ярусов: на место кустарничков и трав приходят мхи, устойчивые к недостатку света и повышенной влажности.

Другой пример — зарастание места, где прошел лесной пожар. В этом случае в средней полосе России в течение относительно короткого времени происходит последовательная смена основных продуцентов: травы — кустарники — лиственные деревья — хвойные деревья.

Вопрос 4. От чего зависит конечный этап развития экосистемы?

Конечный этап развития экосистемы зависит от климатических (прежде всего, годовые колебания температуры и количество осадков), почвенных и топографических условий. Например, в полярных широтах типичной экосистемой является тундра, в умеренном поясе — смешанные леса, в горах на высоте 2—3 км — альпийские луга. В случае водных экосистем важнейшее значение имеют температура и соленость воды, глубина и тип водоема. С течением времени условия на Земле (особенно для наземных экосистем) изменяются, что приводит к смене биоценозов.

§ 5.7

Влияние человека на экосистемы

Вопрос 1. Сформулируйте, что такое экологическое нарушение. Приведите примеры подобных явлений.

Экологические нарушения — это внезапные изменения в естественных экосистемах, которые вызывают резкое увеличение численности популяций одних видов и гибель других. Чаще всего эти изменения вызываются действиями человека. Примером экологических нарушений является уничтожение во-

робьев в Китае. Птицы наносили вред посевам, и потому было принято решение их уничтожить. В результате в огромном количестве размножились насекомые-вредители, численность которых ранее контролировалась воробьями. Другой пример — ввоз кроликов в Австралию. В отсутствие ограничивающего действия хищников они распространились по всему континенту, нанося вред пастбищам, и стали бедствием для овцеводов. Впрочем, овцы также являются причиной экологических нарушений, серьезно обедняя видовое разнообразие трав на пастбищах.

Вопрос 2. Чем отличаются агроценозы от естественных экосистем? Назовите известные вам агроценозы.

Агроценозы имеют ряд характерных отличий от естественных экосистем:

- в природных экосистемах существует богатое видовое разнообразие; продуценты агроценоза обычно представлены одним сортом сельскохозяйственной культуры, посаженной человеком;

- структура природных сообществ формируется в результате действия естественного отбора; в агроценозах отбор и формирование пищевых цепей осуществляет человек;

- в естественных экосистемах круговорот веществ и энергии сбалансирован, обеспечивая биоценозу устойчивость; из агроценоза человек изымает часть продукции в виде урожая, и ему приходится восполнять возникший

дефицит веществ и энергии (удобрения, вспашка, полив).

Примерами агроценозов являются разнообразные искусственно созданные экосистемы: поля, сады, огороды, рыбопродуктивные пруды и т. д.

Вопрос 3. Как, по вашему мнению, можно сократить потери энергии в цепях питания в искусственном сообществе организмов — агроценозе?

Для минимизации потерь энергии необходимо создать систему, в которой все параметры по возможности учтены, а пищевые цепи — максимально укорочены. В случае растениеводства важно ослабить межвидовую конкуренцию (использование гербицидов против сорняков) и исключить возможных консументов — потребителей растительной биомассы (сельскохозяйственных вредителей). Вместе с тем нельзя забывать, например, о насекомых-опылителях. В случае животноводства важно как можно большее количество пищи предлагать в виде растительного (а не животного) корма, замещая, в частности, животные белки протеинами бобовых.

Еще раз подчеркнем, что, в отличие от биогеоценоза, агроценоз должен быть несбалансированной системой и создавать избыток первичной продукции. Тогда при изъятии части биомассы в качестве урожая система будет приводиться в равновесие, что служит важным условием ее стабильного существования.

Вопрос 4. Какая экосистема — естественная или искусственная — характеризуется большим видовым разнообразием?

Значительно большим видовым разнообразием характеризуются естественные экосистемы; в их состав входит множество популяций растений, животных, бактерий, грибов. В искусственной экосистеме основой пищевых цепей часто является единственный растительный вид, внесенный человеком. Кроме того, в состав искусственных экосистем может входить несколько видов консументов и редуценты. Сказанное относится не только к агроценозам (сельскохозяйственные угодья, теплицы), но и, например, к микроэкосистемам (аквариум, комнатные растения).

§ 5.8

Биосфера — глобальная экосистема

Вопрос 1. Расскажите о структуре биосферы.

Биосфера — это та часть Земли, в пределах которой существует жизнь (причем в активной форме, а не в виде спор, пылицы и т. п.). Также биосферу можно определить как особую оболочку Земли, состав, структура и энергетика которой определяются совокупной деятельностью всех живых организмов нашей планеты. Структурно биосфера охватывает часть воздушной оболочки (атмосферы), водную оболочку (гидросферу) и верхнюю

часть литосферы. Она состоит из нескольких взаимосвязанных типов вещества:

- *живое вещество* — совокупность всех живых организмов (животные, растения, грибы, микроорганизмы);

- *биогенное вещество* — органоминеральные продукты, созданные в результате жизнедеятельности организмов (нефть, каменный уголь, газ, торф, известняки и др.);

- *косное вещество*, образованное без участия живых организмов (горные вулканические породы);

- *биокосное вещество*, созданное совместно живыми организмами и неорганическими процессами (почва, ил).

Вопрос 2. Охарактеризуйте оболочки Земли, в которых обитают живые организмы, — атмосферу, гидросферу и литосферу.

Атмосфера является воздушной оболочкой Земли. Она содержит кислород, необходимый для дыхания организмов, и углекислый газ, используемый автотрофами в ходе фотосинтеза. Будучи частично прозрачной для излучения Солнца, атмосфера позволяет видимой части спектра, а также тепловому (инфракрасному) излучению достигать поверхности Земли. Атмосфера также обладает теплоизолирующими свойствами, замедляя остывание ночной стороны нашей планеты. Осадки, ветра и другие атмосферные явления играют важнейшую роль в существовании экосистем.

Гидросфера — водная оболочка. Для населяющих ее организмов огромное значение имеют освещенность, температура, соленость конкретного водоема. Для биосферы в целом очень важна большая теплоемкость воды и то, что она, замерзая, формирует ледяной покров, под которым сохраняется жизнь. Условия обитания в гидросфере гораздо стабильнее, чем на суше. Это и сделало океан колыбелью жизни (хорошо адаптировавшийся вид может сотни миллионов лет процветать в океане без видимых изменений).

Литосфера — твердая оболочка Земли. Она поставляет для создания почвы косное вещество (горные породы). Это же косное вещество является для живых организмов источником минеральных солей, а бактерии-хемосинтетики (серобактерии, железобактерии) используют энергию, выделяющуюся при окислении неорганических соединений.

Вопрос 3. Чем определяются границы распространения живых организмов в биосфере?

Границы распространения живых организмов в биосфере определяются абиотическими факторами: количеством осадков, температурой, давлением, содержанием кислорода, уровнем ультрафиолетового излучения и др. Там, где эти факторы сильно отклоняются от оптимальных значений, жизнь становится невозможной (высокогорье, полярные зоны, пустыни, вулканы, пещеры).

Признаки жизни в атмосфере обнаруживаются вплоть до высоты 20 км (уровень озонового слоя), где можно встретить споры, бактерий, мельчайших членистоногих. Однако полноценные экосистемы располагаются вблизи поверхности планеты (в горах — до высоты 3—5 км). Водная оболочка Земли заселена практически полностью; живые организмы встречаются даже на дне Марианской впадины (глубина более 11 км). Вместе с тем основная часть биомассы сосредоточена в верхних слоях гидросферы, где возможно существование фотосинтетиков. Жизнь в литосфере почти полностью сосредоточена в почве, толщина которой может достигать нескольких метров. Однако бактерии в месторождениях полезных ископаемых (например, нефти) обнаружены на глубине до 3—4 км.

Вопрос 4. Как формируется биокосное вещество биосферы?

Биокосное вещество образуется в результате взаимодействия живых организмов и неорганической природы. Примерами биокосного вещества являются ил и почва. Первый этап почвообразования — это почти исключительно физико-химические процессы: солнечные лучи вызывают неравномерное нагревание горных пород, происходит их выветривание, вымывание и т. д. Но параллельно с этим начинают действовать и постепенно выходят на первый план биологические факторы: накоп-

ление органических остатков и за счет активности редуцентов формирование перегноя и гумуса. Начальные шаги в этом направлении осуществляют «пионеры жизни» — лишайники и цианобактерии, способные существовать практически на голых камнях и ускорять их разрушение. Затем, по мере накопления доступных для высших растений запасов минеральных веществ, к почвообразованию подключаются мхи, травы, кустарники и т. д.

Вопрос 5. Охарактеризуйте распределение биомассы на земном шаре.

Общая масса живых существ на нашей планете составляет около $2,43 \times 10^{12}$ т. Биомасса водных организмов составляет лишь немногим более $\frac{1}{1000}$ (0,13%) от этой величины; остальные живые существа обитают на суше. Биомасса организмов суши на 99,2% представлена растениями, на 0,8% — животными, грибами и микроорганизмами. Распределение биомассы в Мировом океане имеет обратную закономерность: 93,7% — животные и лишь 6,3% — растения и микроорганизмы. Плотность биомассы увеличивается от полюсов к экватору, что в первую очередь связано с климатическими факторами. Максимальная плотность наблюдается в тех районах, которые в течение всего года обеспечены теплом и влагой (тропические леса, мелководье теплых морей и пр.).

Роль живых организмов в биосфере

Вопрос 1. В чем заключается влияние живых организмов на биосферу?

Живые существа способствуют переносу и круговороту веществ в природе. Благодаря деятельности фотосинтетиков в атмосфере снизилось количество углекислого газа, появился кислород и сформировался защитный озоновый слой. Деятельность живых организмов определяет состав и структуру почвы (переработка редуцентами органических остатков), предохраняет ее от эрозии. В значительной мере животные и растения определяют также содержание различных веществ в гидросфере (особенно в небольших по размеру водоемах). Некоторые организмы способны избирательно поглощать и накапливать определенные химические элементы — кремний, кальций, иод, серу и т. д. Результатом активности живых существ являются отложения известняков, железных и марганцевых руд, запасов нефти, угля, газа.

Вопрос 2. Расскажите о круговороте воды в природе.

Круговорот воды имеет огромное значение для существования биосферы. Вода испаряется в первую очередь с поверхности океанов. Далее она в качестве водяного пара частично

переносится ветрами и выпадает в виде осадков над сушей. Обратное в океан вода возвращается через реки и грунтовые воды.

В круговороте воды участвуют и живые существа. Растения поглощают большое количество воды из почвы и испаряют ее с поверхности листьев. В экваториальных лесах подобное испарение влаги значительно смягчает климат. В северных лесах относительно слабо испаряющие воду хвойные деревья (особенно ели), и растущие под ними мхи могут способствовать переувлажнению и заболачиванию почвы.

Вопрос 3. Какие организмы поглощают диоксид углерода из атмосферы?

Диоксид углерода из атмосферы поглощают фотосинтезирующие организмы, которые усваивают его и запасают в виде органических соединений (в первую очередь глюкозы). Кроме того, часть атмосферного углекислого газа растворяется в воде морей и океанов, а затем в форме ионов угольной кислоты может захватываться животными — моллюсками, кораллами, губками, использующими карбонаты для построения раковин и скелетов. Результатом их активности может быть образование осадочных пород (известняков, мела и др.).

Вопрос 4. Опишите путь возвращения связанного углерода в атмосферу.

В процессе дыхания животные, растения и микроорганизмы окисляют органические вещества до диоксида углерода и выделяют его в

атмосферу. Кроме этого, возвращению углерода в атмосферу способствует деятельность человека. Ежегодно в воздух выбрасывается около 5 млрд т углерода в результате сжигания ископаемого топлива и до 2 млрд т — при переработке древесины. Возвращение углерода в атмосферу из горных осадочных пород зависит от вулканической деятельности и геохимических процессов.

Вопрос 5. Какие факторы, кроме деятельности живых организмов, влияют на состояние нашей планеты?

Кроме деятельности живых организмов на состояние нашей планеты влияют абиотические факторы: движение литосферных плит, вулканическая активность, реки и морской прибой, климатические явления, засухи, наводнения и другие природные процессы. Некоторые из них действуют очень медленно; другие же способны практически мгновенно изменить состояние большого количества экосистем (масштабное извержение вулкана; сильное землетрясение, сопровождаемое цунами; лесные пожары; падение крупного метеорита).

Вопрос 6. Кто впервые ввел в науку термин «ноосфера»?

Ноосфера (от греч. *noos* — разум) — это понятие, обозначающее сферу взаимодействия природы и человека; это эволюционно новое состояние биосферы, при котором разумная деятельность человека становится решаю-

щим фактором ее развития. Впервые термин «ноосфера» в 1927 г. ввели в науку французские ученые Эдуард Леруа (1870—1954) и Пьер Тейяр де Шарден (1881—1955).

§ 5.10

Биосфера и человек

Вопрос 1. Как отражалась на окружающей среде деятельность первобытного человека?

Уже более 1 млн лет назад питекантропы добывали пищу путем охоты. Неандертальцы использовали для охоты разнообразные каменные орудия, загоняли добычу коллективно. Кроманьонцы создали силки, остроги, копьеметалки и другие приспособления. Однако все это не вносило серьезных изменений в структуру экосистем. Воздействие человека на природу усилилось в эпоху неолита, когда все большее значение стали приобретать скотоводство и земледелие. Человек начал разрушать естественные сообщества, не оказывая, однако, пока еще глобального воздействия на биосферу в целом. Тем не менее нерегулируемый выпас скота, а также сведение лесов ради топлива и под посевы уже в то время изменяли состояние многих природных экосистем.

Вопрос 2. К какому периоду развития человеческого общества относится зарождение сельскохозяйственного производства?

Сельское хозяйство появилось после окончания оледенения в эпоху неолита (нового каменного века). Обычно этот период датируют 8—3 тысячелетиями до н. э. В это время человек одомашнил несколько видов животных (сначала собаку, затем копытных — свинью, овцу, козу, корову, лошадь) и начал возделывать первые культурные растения (пшеницу, ячмень, бобовые).

Вопрос 3. Назовите причины возможного возникновения недостатка воды в ряде районов мира.

Недостаток воды может возникнуть в результате различных действий человека. При возведении плотин, изменении русла рек происходит перераспределение водостока: одни территории заливаются, другие начинают страдать от засухи. Усиленное испарение с поверхности водохранилищ ведет не только к образованию дефицита воды, но и изменяет климат целых регионов. Поливное земледелие истощает запасы поверхностных и почвенных вод. Вырубка лесов на границе с пустынями способствует формированию новых территорий с недостатком воды. Наконец, причинами могут быть высокая плотность населения, чрезмерные потребности промышленности, а также загрязнение имеющихся водных запасов.

Вопрос 4. Как сказывается на состоянии биосферы уничтожение лесов?

Сведение лесов катастрофически ухудшает состояние биосферы в целом. В результате вы-

рубки усиливается поверхностный сток воды, что повышает вероятность наводнений. Начинается интенсивная эрозия почвы, ведущая к разрушению плодородного слоя и загрязнению водоемов органическими веществами, цветению воды и т. п. Сведение лесов увеличивает количество углекислого газа в атмосфере, что является одним из факторов усиления парникового эффекта; в воздухе растет количество пыли; актуальна и опасность постепенного уменьшения количества кислорода.

Вырубка крупных деревьев разрушает устойчивые лесные экосистемы. Они сменяются гораздо менее продуктивными биоценозами: мелколесьем, болотами, полупустынями. При этом могут безвозвратно исчезать десятки видов растений и животных.

В настоящее время основными «легкими» нашей планеты являются экваториальные тропические леса и тайга. Обе эти группы экосистем нуждаются в чрезвычайно бережном отношении и охране.

§ 5.11

Основные экологические проблемы современности

Вопрос 1. Что является причиной и каковы последствия загрязнения атмосферы?

На ранних этапах истории Земли атмосферу загрязняли только извержения вулканов и

лесные пожары. После появления человека, который стал активно использовать огонь, воздействие на атмосферу стало гораздо сильнее. Развитие промышленности и транспорта привело к ее сильному загрязнению. Последствиями загрязнения являются:

- *кислотные дожди* — возникают в результате растворения оксидов серы и азота в каплях атмосферной влаги; обычны для окрестностей металлургических и химических комбинатов (например, медеплавильных заводов); оказывают разрушающее действие на растения, почву, водоемы, здания (в том числе на памятники архитектуры);

- *парниковый эффект* — задержка тепла у поверхности Земли из-за повышенной концентрации в атмосфере метана и CO_2 ; приводит к постепенному росту средней температуры планеты, что может вызвать серьезные климатические изменения, а также таяние ледников, рост уровня Мирового океана и затопление части суши;

- *смог* — ядовитый туман, образуется под действием солнечного света из веществ, содержащихся в выхлопных газах автомобилей; вредно действует на организм человека, на животных и растения;

- *озоновые дыры* — области истончения озонового слоя планеты; при этом поверхности Земли начинает достигать слишком большое количество солнечной радиации, что опасно для всего живого; ученые считают, что причина образования озоновых дыр — накопление в атмосфере продуктов распада хладагентов (хлорфторуглеродов холодильных установок).

Вопрос 2. Как сказывается хозяйственная деятельность человека на структуре и плодородии почвы?

Человек, собирая урожай, изымает из почвы огромное количество минеральных веществ (прежде всего, солей калия, фосфора, азота). Если не вносить удобрения, то за 50—100 лет почва полностью истощится.

Распахивание степей, выпас скота, уничтожение лесов провоцируют эрозию почвы, ветровую и водную. Избыточное орошение в условиях жаркого климата приводит к засолению. Последнее означает, что при длительном (в течение столетий) поливе посевов пресной водой ее интенсивное испарение приведет к накоплению в почве вредных для растений соединений (сульфатов, хлоридов и др.). В результате плодородие почвы постепенно падает. Именно эти процессы, наряду с вырубкой лесов, привели к превращению в пустыни и полупустыни многие зоны древнего земледелия (Египет, Междуречье, Средняя Азия).

Вопрос 3. К каким последствиям приводит загрязнение вод Мирового океана?

Загрязнение вод Мирового океана представляет собой серьезнейшую проблему. С полей и пастбищ в воду попадают органические вещества, минеральные удобрения, пестициды и гербициды. Аварии танкеров и трубопроводов приводят к образованию огромных пятен нефти, являющихся причиной массовой гибели фито- и зоопланктона, а также более крупных

животных. Соли тяжелых металлов, накапливающиеся в воде и водных организмах, вызывают у человека и других живых существ тяжелые отравления. Наконец, загрязнение океана ведет к разрушению водных экосистем, снижению их продуктивности, обеднению видового состава. Примером служит гибель коралловых рифов, не только лишаящая пищи и места обитания тысячи уникальных организмов, но и нарушающая процесс использования обитателями океана CO_2 из атмосферы.

Вопрос 4. Каково прямое влияние человека на растительный и животный мир Земли?

К сожалению, на сегодняшний день это влияние является преимущественно негативным. Человек вырубает леса, занимает огромные территории под сельскохозяйственные культуры, разводит скот, вытаптывающий пастбища и часто превращающий их в полупустыню. Человек охотится на животных, истребляя иногда целые виды. Но еще опаснее для живых организмов уничтожение среды их обитания, т. е. целых экосистем (а значит, десятков видов растений и животных одновременно). Процессы глобального загрязнения и разрушения почвы, гидросферы, атмосферы нашей планеты заходят все глубже; с ними тесно связаны проблемы здравоохранения, дефицита энергии, пищевых ресурсов и др.

Вместе с тем все больше примеров не только разрушительной, но и созидательной (по отношению к биосфере) деятельности человека: сохранение редких животных, создание при-

родоохранных зон, заповедников и заказников, экологически чистые промышленные технологии и т. д. Наибольшую важность представляют изменения в мировоззрении людей, развитие их экологической грамотности и ответственности, переход от позиции «покорителя природы» к осознанию необходимости защиты и охраны окружающей среды, к пониманию того, что человечество является частью биосферы и в случае ее разрушения само окажется на краю гибели.

Вопрос 5. Какое воздействие на биогеоценозы и биосферу в целом оказывает расширение сельскохозяйственного производства?

В целом сельское хозяйство оказывает сильное негативное воздействие на биогеоценозы, поскольку, вмешиваясь в природные экосистемы, нарушает их структуру, снижает продуктивность, обедняет видовое разнообразие. Это, в свою очередь, негативно сказывается на состоянии биосферы в целом. Во многих регионах планеты естественные экосистемы практически полностью замещены агроценозами. Несовершенство большинства из них приводит к падению плодородия и эрозии почвы, загрязнению водоемов, истощению запасов воды. В погоне за урожайностью нередко в жертву приносится качество сельскохозяйственной продукции, а значит, обостряются проблемы, связанные со здоровьем населения, и т. д.

Пути решения экологических проблем

Вопрос 1. Что такое предельно допустимые концентрации (ПДК)?

Предельно допустимая концентрация (ПДК) — это максимальное количество вредного вещества в единице объема или массы, которое при ежедневном воздействии в течение неограниченного времени не вызывает каких-либо болезненных изменений в организме человека. ПДК установлена для тяжелых металлов (свинца, меди, ртути), оксидов азота и серы, угарного газа, большого количества органических соединений (например, содержащих бензол и фенолы).

Вопрос 2. Какие способы снижения загрязнения окружающей среды используют на промышленных предприятиях?

Наиболее эффективным и современным способом снижения загрязнения окружающей среды является организация на промышленных предприятиях замкнутых циклов производства. В этом случае, например, вода вообще не сбрасывается в реки, а вновь и вновь используется в технологических процессах. Если же такой сброс все же происходит, необходима система глубокой очистки сточных вод (в том числе с применением особых штаммов

бактерий — редуцентов органических соединений). Обязательным требованием является установка на трубах предприятий дымо- и пылеуловителей. Особую проблему представляют твердые отходы. При невозможности сжигания в особых высокотемпературных печах производится их накопление в отвалах и последующее захоронение на максимально возможной глубине с учетом расположения подземных вод, сейсмоопасности района и т. д. Поверхностный слой почвы на месте бывших отвалов должен быть рекультивирован.

В настоящее время наиболее «грязными» производствами являются тепловые электростанции (сжигание огромного количества жидкого и твердого топлива), нефтеперерабатывающие и химические заводы, металлургические комбинаты.

Вопрос 3. Известны ли вам какие-либо международные соглашения, направленные на решение общих экологических проблем?

Примерами международных соглашений в области экологии являются:

- Монреальское соглашение (1987) о запрете на использование хлорфторуглеродов — веществ, разрушающих озоновый слой;
- Киотский протокол (1997), ограничивающий выброс в атмосферу углекислого газа и других соединений, усиливающих парниковый эффект;
- Стокгольмская многосторонняя ядерно-экологическая программа (2003).

В настоящее время активно развивается новая отрасль права — Международное экологическое право (см. <http://www.ecogid.ru>).

Вопрос 4. Расскажите, что вам известно о работе природоохранных организаций, направленной на сохранение исчезающих видов.

В 1948 г. был создан МСОП — Международный союз по охране природы и природных ресурсов. В настоящее время он является крупнейшей природоохранной организацией и объединяет около 80 государств (в том числе Российскую Федерацию в лице Министерства природных ресурсов). Союз издает Красную книгу редких и находящихся под угрозой исчезновения видов растений и животных (см. <http://www.iucn.ru>).

Всемирный фонд дикой природы, эмблемой которого является панда, создан в 1961 г. В настоящее время он объединяет около 30 национальных отделений. Специалистами фонда выявлено 200 важнейших экологических регионов планеты, 16 из которых находятся в России (см. <http://www.wwf.ru>).

Перечисленными выше и другими организациями ведутся работы по созданию заповедников, заказников, национальных парков и других охраняемых природных территорий. Огромное значение имеет искусственное разведение редких и исчезающих животных. Так, например, в Приокско-Террасном биосферном заповеднике (Московская область) действует питомник зубров и бизонов.

<i>Предисловие</i>	3
------------------------------	---

Глава 1. Биология как наука.

Методы научного познания

1.1. Краткая история развития биологии	4
1.2. Сущность жизни и свойства живого	9
1.3. Уровни организации живой материи. Методы биологии	13

Глава 2. Клетка

2.1. История изучения клетки. Клеточная теория	19
2.2. Химический состав клетки	23
2.3. Неорганические вещества клетки	27
2.4. Органические вещества. Общая характеристика. Липиды	30
2.5. Органические вещества. Углеводы. Белки	34
2.6. Органические вещества. Нуклеиновые кислоты	39
2.7. Эукариотическая клетка. Цитоплазма. Органоиды	43
2.8. Клеточное ядро. Хромосомы	48
2.9. Прокариотическая клетка	52

2.10. Реализация наследственной информации в клетке	56
2.11. Неклеточная форма жизни: вирусы	60

Глава 3. Организм

3.1. Организм — единое целое. Многообразие организмов	64
3.2. Обмен веществ и превращение энергии. Энергетический обмен	66
3.3. Пластический обмен. Фотосинтез	69
3.4. Деление клетки. Митоз	73
3.5. Размножение: половое и бесполое	76
3.6. Образование половых клеток. Мейоз	80
3.7. Оплодотворение	84
3.8. Индивидуальное развитие организмов	87
3.9. Онтогенез человека. Репродуктивное здоровье	92
3.10. Генетика — наука о закономерностях наследственности и изменчивости. Г. Мендель — основоположник генетики	96
3.11. Закономерности наследования. Моногибридное скрещивание	98
3.12. Закономерности наследования. Дигибридное скрещивание	103
3.13. Хромосомная теория наследственности	106

3.14. Современные представления о гене и геноме	108
3.15. Генетика пола	110
3.16. Изменчивость: наследственная и ненаследственная	114
3.17. Генетика и здоровье человека . . .	118
3.18. Селекция: основные методы и достижения	122
3.19. Биотехнология: достижения и перспективы развития	125

Глава 4. Вид

4.1. Развитие биологии в додарвиновский период. Работа К. Линнея	130
4.2. Эволюционная теория Ж. Б. Ламарка	132
4.3. Предпосылки возникновения учения Чарлза Дарвина	135
4.4. Эволюционная теория Чарлза Дарвина	138
4.5. Вид: критерии и структура	142
4.6. Популяция как структурная единица вида	147
4.7. Популяция как единица эволюции	150
4.8. Факторы эволюции	152
4.9. Естественный отбор — главная движущая сила эволюции	156
4.10. Адаптации организмов к условиям обитания как результат действия естественного отбора	160

4.11. Видообразование как результат эволюции	164
4.12. Сохранение многообразия видов как основа устойчивого развития биосферы	167
4.13. Доказательства эволюции органического мира	171
4.14. Развитие представлений о происхождении жизни на Земле	174
4.15. Современные представления о возникновении жизни	178
4.16. Развитие жизни на Земле	182
4.17. Гипотезы происхождения человека	187
4.18. Положение человека в системе животного мира	189
4.19. Эволюция человека	192
4.20. Человеческие расы	196

Глава 5. Экосистема

5.1. Организм и среда. Экологические факторы	200
5.2. Абиотические факторы среды	203
5.3. Биотические факторы среды	207
5.4. Структура экосистем	211
5.5. Пищевые связи. Круговорот веществ и энергии в экосистемах	215
5.6. Причины устойчивости и смены экосистем	218
5.7. Влияние человека на экосистемы	220
5.8. Биосфера — глобальная экосистема	223

5.9. Роль живых организмов	
в биосфере	228
5.10. Биосфера и человек	231
5.11. Основные экологические	
проблемы современности	233
5.12. Пути решения экологических	
проблем	238

**Хлебникова Надежда Николаевна
Агафонова Инна Борисовна
Сивоглазов Владислав Иванович**

**ПРАВИЛЬНЫЕ ОТВЕТЫ НА ВОПРОСЫ
УЧЕБНИКА В. И. СИВОГЛАЗОВА,
И. Б. АГАФОНОВОЙ, Е. Т. ЗАХАРОВОЙ
«БИОЛОГИЯ. ОБЩАЯ БИОЛОГИЯ. БАЗОВЫЙ
УРОВЕНЬ. 10—11 КЛАССЫ»**

Ответственный редактор *И. Б. Морзунова*
Младший редактор *Л. Ю. Таценко*
Художественный редактор *М. Г. Мицкевич*
Художественное оформление *М. Г. Мицкевич*
Технический редактор *И. В. Грибкова*
Компьютерная верстка *Е. Ю. Пучкова*
Корректор *И. А. Никанорова*

Санитарно-эпидемиологическое заключение
№ 77.99.60.953.Д.008763.07.07 от 25.07.2007.

Подписано к печати 18.12.07. Формат 70×90^{1/32}.

Бумага типографская. Гарнитура «Школьная».
Печать офсетная. Усл. печ. л. 9,3. Тираж 5000 экз.
Заказ № 2182.

ООО «Дрофа». 127018, Москва, Сушевский вал, 49.

**Предложения и замечания по содержанию и оформлению
книги просим направлять в редакцию общего
образования издательства «Дрофа»:**
127018, Москва, а/я 79.

Тел.: (495) 795-05-41. E-mail: chief@drofa.ru

**По вопросам приобретения продукции издательства
«Дрофа» обращаться по адресу:**

127018, Москва, Сущевский вал, 49.

Тел.: (495) 795-05-50, 795-05-51. Факс: (495) 795-05-52.

Торговый дом «Школьник».

109172, Москва, ул. Малые Каменщики, д. 6, стр. 1А.

Тел.: (495) 911-70-24, 912-15-16, 912-45-76.

Сеть магазинов «Переплетные птицы».

Тел.: (495) 912-45-76.

Интернет-магазин: <http://www.drofa.ru>

Отпечатано в ОАО «ЧПК»

Сайт: www.chpk.ru E-mail: marketing@chpk.ru

факс 8(49672) 6-25-36, факс 8(499) 270-73-00

отдел продаж услуг многоканальный: 8(499) 270-73-59