

БИОЛОГИЯ

Учебник для 11 класса общественно-гуманитарного направления
общеобразовательной школы

В двух частях

ЧАСТЬ 2

11

Рекомендовано Министерством образования и науки
Республики Казахстан



Алматы «Атамұра» 2020

УДК 373.167.1

ББК 28.0я 72

Б 63

Учебник подготовлен в соответствии с Типовой учебной программой по предмету «Биология» для 10–11 классов уровня общего среднего образования общественно-гуманитарного направления по обновленному содержанию.

Авторы:

А. Ф. Ковшарь, Н. Г. Асанов, А. Р. Соловьева, Б. Т. Ибраимова, С. А. Куприй

Условные обозначения:



– Что нужно повторить для успешного изучения темы?



– Дополнительный материал



– Лабораторные работы



– Вопросы и задания

Ключевые слова

Цель изучения темы

Вспомните

Б63 Биология: Учебник для 11 кл. общеобразоват. шк. обществ.-гуманит. направления. В двух частях. Часть 2. / А. Ф. Ковшарь, Н. Г. Асанов, А. Р. Соловьева, Б. Т. Ибраимова, С. А. Куприй. – Алматы: Атамұра – 208 с.

ISBN 978-601-331-724-3

Часть 2. – 2020 – 208 с.

ISBN 978-601-331-726-7

ISBN 978-601-331-726-7 (Часть 2)

ISBN 978-601-331-724-3

© Ковшарь А. Ф., Асанов Н. Г.,
Соловьева А. Р., Ибраимова Б. Т.,
Куприй С. А., 2020
© «Атамұра», 2020

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	5
Раздел VII. Закономерности наследственности и изменчивости	
§ 25. Спонтанные мутации дезоксирибонуклеиновой кислоты как ошибки генетических процессов – репликаций	7
§ 26. Спонтанные мутации дезоксирибонуклеиновой кислоты как ошибки генетических процессов – рекомбинаций.....	11
§ 27. Секвенирование геномной дезоксирибонуклеиновой кислоты человека	16
§ 28. Международный проект «Геном человека». Биологическое значение исследований, проведенных в рамках проекта.....	20
Раздел VIII. Клеточная биология	
§ 29. Определение основных компонентов клеток	27
Лабораторная работа № 6. Описание основных компонентов клеток с использованием микрофотографий.....	34
§ 30. Расчет линейного увеличения органоидов. Различие между разрешением и увеличением оптического и электронного микроскопов	36
Раздел IX. Биотехнология	
§ 31. Особенности строения грамположительных и грамотрицательных бактерий	45
§ 32. Понятие «рекомбинантная дезоксирибонуклеиновая кислота»	51
§ 33. Способы получения рекомбинантных дезоксирибонуклеиновых кислот	55
§ 34. Применение рекомбинантных дезоксирибонуклеиновых кислот	60
§ 35. Понятие «клонирование»	65
§ 36. Способы клонирования организмов растений	69
§ 37–38. Способы клонирования организмов животных	74
§ 39. Применение ферментов в химии, промышленности и медицине	83
Раздел X. Биомедицина и биоинформатика	
§ 40–41. Особенности воздействия электромагнитных и звуковых волн на организм человека	91
§ 42. Понятие «биоинформатика»	98
§ 43–44. Метод экстракорпорального оплодотворения, его история и эффективность	102
§ 45. Медицинские аспекты метода ЭКО: несколько подробнее о самой технологии (для дополнительного чтения)	108

§ 46. Этические аспекты экстракорпорального оплодотворения.....	111
§ 47. Моноклональные антитела, их выработка, получение и практическое применение	114
Раздел XI. Биосфера, экосистема, популяция	
§ 48. Взаимосвязь между биоразнообразием и устойчивостью экосистем. Биоразнообразие видов	121
§ 49. Закон генетического равновесия Харди – Вайнберга.....	127
§ 50. Сохранение редких и исчезающих видов растений и животных	131
§ 51. Использование различных биологических и статистических методов при анализе состояния экосистем	142
Лабораторная работа № 7. Исследование состояния экосистемы своего региона с использованием статистических методов анализа.....	147
Раздел XII. Экология и влияние человека на окружающую среду	
§ 52. Глобальное потепление: причины, последствия, пути решения.....	151
Моделирование: Компьютерное моделирование глобального потепления климата.....	156
§ 53. Экологические проблемы Республики Казахстан	160
§ 54. Экология атмосферного бассейна и водных ресурсов Казахстана (для дополнительного чтения)	164
§ 55. Проблемы опустынивания (для дополнительного чтения).....	168
§ 56. Пути решения экологических проблем Республики Казахстан.....	170
§ 57. Законодательство страны по охране природы, История и современное состояние заповедного дела в Казахстане (для дополнительного чтения)	176
§ 58. Формирование экологического мировоззрения (для дополнительного чтения)	181
Дополнительные дидактические материалы за II полугодие	185
Приложения	194
Краткий словарь терминов	198
Список литературы	207

ВВЕДЕНИЕ

Дорогие ребята!

Во втором полугодии вы продолжите изучать курс биологии для 11 класса общественно-гуманитарного направления по обновленному содержанию уровня основного среднего образования Типовой учебной программы. Это пятый год изучения биологии в школе.

Базовое содержание учебного предмета «Биология» 11 класса включает те же разделы, с которыми вы познакомились в 10 классе. Именно поэтому вам необходимо будет постоянно вспоминать учебный материал прошлых лет обучения. Для облегчения этой работы перед каждым параграфом приводятся вопросы, на которые нужно постараться ответить до изучения новой темы, и номера параграфов учебников «Атамұра» прошлых лет.

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

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

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

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

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

Раздел VII

ЗАКОНОМЕРНОСТИ НАСЛЕДСТВЕННОСТИ И ИЗМЕНЧИВОСТИ



§ 25. Спонтанные мутации дезоксирибонуклеиновой кислоты как ошибки генетических процессов – репликаций

Цель изучения этой темы: установить связь мутаций с репликацией дезоксирибонуклеиновой кислоты.

*Что такое **мутации**? К какому типу изменчивости относятся мутации? На какие группы делятся мутации в зависимости от размера изменений наследственного материала? Какие из них самые мелкие? Что такое **репликация ДНК**? Когда она происходит и для чего необходима? Как осуществляется полуконсервативный механизм репликации?*



Что нужно повторить для успешного изучения темы? § 50 – учебник для 7 класса; § 7 и 34 – учебник для 10 класса.

Мутации индуцированные и спонтанные. Как вы помните, мутации – это устойчивые изменения наследственного материала, связанные со случайными «нарушениями», ошибками в нормальных процессах передачи наследственных признаков.

Все мутации можно подразделить на *спонтанные* (естественные) и *индуцированные*, вызванные искусственно и (или) при обязательном воздействии мутагенов. Индуцированными будут считаться мутации: 1) целенаправленно полученные в лабораториях под воздействием определенных доз мутагенов; 2) полученные при выбросе мутагенов в результате ядерной бомбардировки или аварии на АЭС; 3) при резком изменении природного мутагенного воздействия без участия человека, например при выходе на поверхность радиоактивных ископаемых в результате смещения геологических пластов при землетрясении.

Спонтанные мутации возникают постоянно, самопроизвольно, без каких-либо воздействий, в обычных условиях обитания организма. Но количество таких мутаций очень мало. Так, учеными подсчитано, что каждый нуклеотид может мутировать за время нахождения в одной клетке с вероятностью от 0,0000000001 до 0,000000000001 процента. Но учитывая количество нуклеотидов в клетке и количество клеточных делений на протяжении жизни многоклеточного организма (или количество потомков бактериальных клеток), появление некоторых естественных мутаций уже не кажется таким невероятным.

Мутации появляются постоянно в результате процессов, происходящих в живой клетке. Основные процессы, в ходе которых могут возникать мутации, – это *репликация ДНК* и *генетическая рекомбинация* (процессы обмена генетическим материалом).

Связь мутаций с репликацией объясняется сложностью и высокой частотой этого явления. Напомним, что *репликация* – это процесс удвоения молекулы ДНК, который обязательно предшествует размножению любой клетки. Этот процесс достаточно сложный и одновременно невероятно быстрый. Так у эукариот реплицируется примерно 100 нуклеотидов в секунду, а у прокариот – около тысячи. Как вы знаете, ДНК – двуцепочная молекула, в которой нуклеотиды образуют строго определенные пары А–Т и Г–Ц по принципу *комплементарности*. Во время репликации, которая контролируется большим количеством сложных ферментов, неизбежно возникают «ошибки». Самые часто встречающиеся и самые мелкие из них – это мутации, которые называются *генными*, или *точковыми*. Они представляют собой изменение всего одного или нескольких нуклеотидов в пределах одного гена. К ошибкам репликации в данном случае относятся именно изменения порядка нуклеотидов во вновь синтезированных молекулах ДНК.

Все мутации – «ошибки» репликации – можно обобщенно поделить на четыре группы:

1. **Выпадение нуклеотида**, когда ген в целом становится на один нуклеотид короче. В результате такого изменения чаще всего меняется вся последовательность аминокислот в белке (зашифрованных после аминокислот мутантного нуклеотида).

Таблица 5

Генные мутации

Немутантный ген	Выпадение нуклеотида	Удвоение нуклеотидов	Вставка нуклеотида	Замена нуклеотида
$\begin{Bmatrix} \text{А} \\ \text{А} \\ \text{А} \end{Bmatrix}$	$\begin{Bmatrix} \text{А} \\ \text{А} \\ \text{А} \end{Bmatrix}$	$\begin{Bmatrix} \text{А} \\ \text{А} \\ \text{А} \end{Bmatrix}$	$\begin{Bmatrix} \text{А} \\ \text{А} \\ \text{А} \end{Bmatrix}$	$\begin{Bmatrix} \text{А} \\ \text{А} \\ \text{А} \end{Bmatrix}$
$\begin{Bmatrix} \text{Т} \\ \text{А} \\ \text{Ц} \end{Bmatrix}$	$\begin{Bmatrix} - \\ \text{А} \\ \text{Ц} \\ \text{Г} \end{Bmatrix}$	$\begin{Bmatrix} \text{Т} \\ \text{Т} \\ \text{А} \end{Bmatrix}$	$\begin{Bmatrix} \text{Ц} \\ \text{Т} \\ \text{А} \end{Bmatrix}$	$\begin{Bmatrix} \text{А} \\ \text{А} \\ \text{Ц} \end{Bmatrix}$
$\begin{Bmatrix} \text{Г} \\ \text{Г} \\ \text{А} \end{Bmatrix}$	$\begin{Bmatrix} \text{Г} \\ \text{А} \\ \text{Т} \end{Bmatrix}$	$\begin{Bmatrix} \text{Ц} \\ \text{Г} \\ \text{Г} \end{Bmatrix}$	$\begin{Bmatrix} \text{Ц} \\ \text{Г} \\ \text{Г} \end{Bmatrix}$	$\begin{Bmatrix} \text{Г} \\ \text{Г} \\ \text{А} \end{Bmatrix}$
$\begin{Bmatrix} \text{Т} \\ \text{Г} \\ \text{Ц} \end{Bmatrix}$	$\begin{Bmatrix} \text{Г} \\ \text{Ц} \\ ? \end{Bmatrix}$	$\begin{Bmatrix} \text{А} \\ \text{Т} \\ \text{Г} \end{Bmatrix}$	$\begin{Bmatrix} \text{А} \\ \text{Т} \\ \text{Г} \end{Bmatrix}$	$\begin{Bmatrix} \text{Т} \\ \text{Г} \\ \text{Ц} \end{Bmatrix}$
		Ц	Ц	

2. **Удвоение нуклеотидов.** Здесь происходит то же, что и при выпадении, т. е. сдвиг.

3. **Вставка нуклеотидов** – появление в генетическом коде нехарактерного для материнской ДНК лишнего нуклеотида. Это одна из форм удвоения.

4. **Замена** – изменение, связанное с заменой одного нуклеотида другим. Данные по всем четырем типам мутаций представлены в табл. 5.

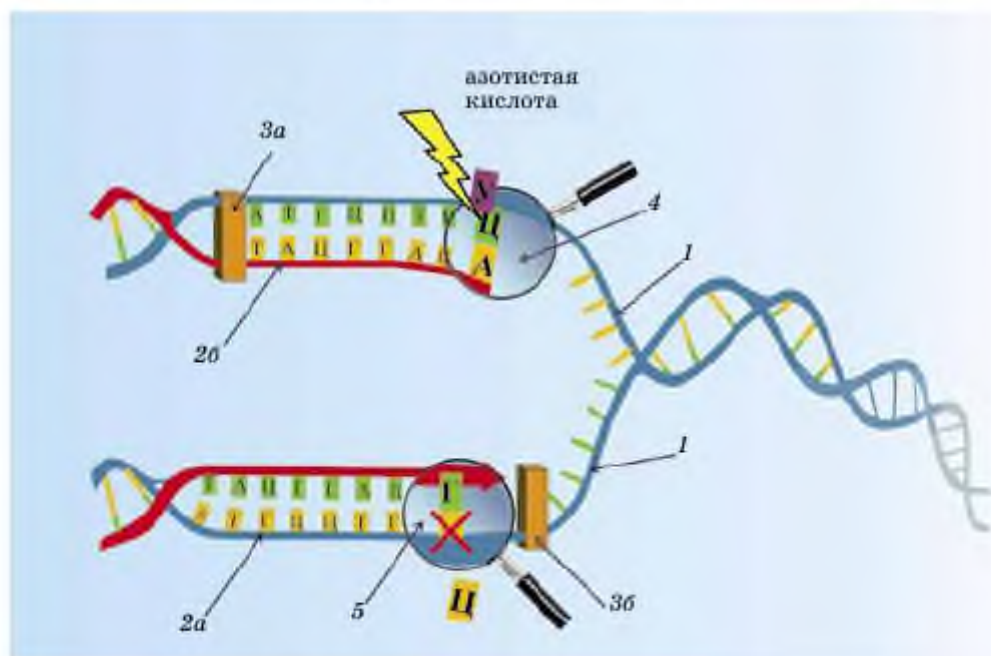


Рис. 21. Спонтанные мутации как ошибки репликации

1 – цепи матричной, или материнской, молекулы ДНК;

2 – вновь синтезируемые или «дочерние» цепи ДНК, комплементарные матричным: 2а – основная цепь; 2б – «запаздывающая», или прерывистая, цепь.

3 – ДНК-полимераза – основной фермент репликации (другие многочисленные вспомогательные ферменты в схеме не указаны);

4 – точечная генная мутация – «замена». Нуклеотид *аденин* возник вместо гуанина, так как в предыдущем туре репликации *цитозин* изменился на *урацил* под воздействием химического мутагена – *азотистой кислоты*.

5 – точечная генная мутация – «выпадение». Нуклеотид *гуанин* под воздействием химического мутагена любой природы не получил комплементарного основания.

(Следует иметь в виду, что в реальности обе эти мутации не могут возникнуть напротив друг друга.)

Замены нуклеотидов. Существуют мутагены (чаще это химические вещества, реже – физические агенты), которые могут изменять нуклеотиды химически. Например, отнимать у цитозина азотную группу. Цитозин становится химически похожим на аденин. В результате напротив него вместо гуанина в цепь ДНК может включаться урацил (образуется пара У–Г вместо Ц–Г). При репликации ДНК напротив урацила в новую цепь включается аденин, образуется пара У–А, а при следующей репликации она заменяется на пару Т–А (рис. 21).

Такой тип мутаций-замен подразделяют на два вида в зависимости от того, какие пары на какие заменились. Если произошла замена пиримидина на другой пиримидин или пурина на другой пурин, они называются *транзисиями*. Если же пурин изменился на пиримидин, или наоборот, то такие точечные мутации-замены называются *трансверсиями*.

Считается, что именно такие замены – трансверсии чаще, транзисии реже – могут быть причиной опухолевых заболеваний.

Спонтанные мутации, индуцированные мутации, репликация ДНК.



Знание и понимание

1. Объясните, почему важно, чтобы при репликации генетическая информация была скопирована абсолютно точно.
2. Как вы понимаете, что такое *спонтанные мутации*?

Применение

1. Для чего необходимо изучать мутации?
2. Сравните четыре вида точечных мутаций.

Анализ

1. Сравните имеющуюся схему немутантного фрагмента ДНК № 1 с его мутантными фрагментами № 2, № 3, № 4, № 5. Определите: 1) какой нуклеотид и в каком из триплетов мутировал в каждом из вариантов; 2) к какому типу мутаций относится каждое из предложенных изменений:

№ 1 ТАЦ–ААГ–ЦЦА–ГЦА–ТТЦ–

№ 2 ТАЦ–ЦАА–ГЦЦ–АГЦ–АТТ–

№ 3 ТАЦ–ААГ–ЦЦЦ–ГЦА–ТТЦ–

№ 4 ТАЦ–ААГ–ЦЦА–ГАТ–ТЦГ–

№ 5 ТАЦ–ААА–ГЦЦ–АГЦ–АТТ–

2. Изобразите в виде схемы изменения, произошедшие в каждом из четырех типов мутаций, гипотетически обозначив аминокислоты номерами. Какие из аминокислот в каком случае подверглись изменениям?

Синтез

1. Порассуждайте, почему мутации часто происходят именно в процессе репликации.

2. Порассуждайте над верностью высказывания ученых: «Все мы, ныне живущие организмы планеты Земля, мутанты относительно первых ее обитателей».

Оценка

1. Напишите реферат о трансверсиях, транзциях, нонсенс-, миссенс-мутациях и разнице между ними.

2. Используя дополнительные источники информации и таблицу генетического кода, постарайтесь расшифровать немутантную и мутантные нуклеотидные последовательности ДНК № 1–5, предложенные в качестве заданий «Анализа». Запишите аминокислоты мутантных и немутантного белков. Оцените возможные последствия разного рода мутаций на данном примере.

§ 26. Спонтанные мутации дезоксирибонуклеиновой кислоты как ошибки генетических процессов – рекомбинаций

Цель изучения этой темы: установить связь мутаций с рекомбинацией дезоксирибонуклеиновой кислоты.

Что такое делеция, дупликация, инверсия, транслокация? Что такое комбинативная изменчивость, конъюгация, кроссинговер, гомологичные и негомологичные хромосомы?



Что нужно повторить для успешного изучения темы? § 35 – учебник для 10 класса.

Рекомбинация в широком биологическом смысле – это перераспределение генетического материала родителей в потомстве. В этом смысле в основе рекомбинации лежит половое размножение, в ходе которого потомки наследуют новое сочетание признаков двух родителей.

Кроме полового процесса, рекомбинация осуществляется с помощью *кроссинговера* – обмена участками гомологичных хромосом. *Конъюгация* (процесс сближения и переплетения гомологичных хромосом) и следующий за ней *кроссинговер* всегда происходят в *профазе мейоза I*. Без обмена участками между гомологичными хромосомами отца и матери в телах их детей гаметы не формируются. Значит, у каждого взрослого человека в ходе гаметогенеза в зоне *созревания* во время первой профазы мейоза хромосомы отца и матери обмениваются определенными участками. Так внуки получают от родителей не целые хромосомы своих дедушек и бабушек, а комбинации, состоящие из разных их фрагментов. Такая рекомбинация происходит постоянно и называется *гомологичной*.

Интересен тот факт, что подобный процесс, также относящийся к *гомологичной рекомбинации*, есть даже у бактерий и вирусов, хотя никакого мейоза у них нет. Это может происходить при разрыве реплицированной цепи ДНК у бактерий и последующем ее «вшивании» в новое место, а не в место разрыва.

Также примером рекомбинации у бактерий может служить явление *транспозиции*. Она происходит при переносе фрагмента ДНК из одной бактериальной клетки в другую. Оказывается, существуют небольшие фрагменты ДНК, способные выходить из клетки и встраиваться в геном другой клетки. Их называют *мобильными генетическими элементами*, или *транспозонами*. Это подвид мобильных генетических элементов, способных вести себя подобно вирусам, но не вызывающих процессы генетического «заражения» и гибели клетки. Их появление лишь приводит к группе рекомбинационных процессов, характерных как для прокариот, так и для эукариот.

Также существует *сайт-специфичная рекомбинация*. Это явление, когда небольшие по размеру участки ДНК (от 10 до 200 пар нуклеотидов), имеющие в себе некую особую «узнаваемую» последовательность, опознаются ферментами как специфичные и встраиваются в геном клеток. Так происходит с некоторыми нелитическими вирусами в клетках бактерий и (или) дрожжей.

Рекомбинация в результате мутаций. Однако если речь заходит о мутациях, то под рекомбинацией понимают только *незаконную рекомбинацию*. Это процесс рекомбинации, происходящий между молекулами ДНК, представляющими собой негомологичные хромосомы. Происходит между молекулами ДНК, представляющими негомологичные хромосомы и не являющимися результатом репликации. Значит, под *мутантной рекомбинацией* понимают такие хромосомные перестройки, которые связаны с процессами встраивания участка одной негомологичной хромосомы в другую. К ним относятся транслокации, инверсии, делеции.

Напомним, что *хромосомные мутации* приводят к изменению части хромосомы, т. е. изменения захватывают, как правило, множество генов. Если представим себе верное расположение генов в хромосоме в виде букв алфавита: АБВГДЕ, то *дупликация* – удвоение участка хромосомы – выглядела бы, например, так: АББВГДЕ или АБВГГГДДЕ.

Делеция – потеря какого-либо участка в хромосоме – будет выглядеть, например, так: АВГЕ.

Однако сами по себе ни *дупликация*, ни *делеция* не являются примером *мутантной рекомбинации*. Для того чтобы говорить о рекомбинации, должна произойти еще какая-то хромосомная мутация, кроме делеции и (или) дупликации, такая как *инверсия* или *транслокация*.

Как вы помните *инверсия* – это мутация, при которой происходит поворот участка хромосомы на 180°. Например: ЕДГВВА.

Транслокация – это «встраивание» или «обмен» участками между двумя негомологичными хромосомами. Например: ABSGLE.

Из процессов, связанных с мутационной рекомбинацией, наиболее часто встречается *неравный кроссинговер*. Он происходит обычно в тех случаях, когда в хромосоме имеется несколько копий исходного гена. Это само по себе является результатом мутации – дупликации. В результате неравного кроссинговера в одной из рекомбинантных хромосом происходит *дупликация*, а в другой – *делеция*. И вместе они меняют обе хромосомы, что и является *мутационной рекомбинацией*. В нашем буквенном примере результаты такой рекомбинации выглядели бы так:

АБВВВГДЕ
АГДЕ

Одна хромосома стала гораздо длиннее, вобрав в себя гены, другая – короче, потеряв их. При этом в результате мейоза мутантные хромосомы оказались бы в разных гаметах и попали в разные организмы (рис. 22).

Следует отметить, что роль мутантной рекомбинации такая же неоднозначная, как и у других мутантных процессов.

В данном разделе не рассматривались мутации, связанные с нарушением процесса репарации. *Репарация* – это процесс самовосстановления молекулы ДНК после возникновения спонтанных ошибок (исправленных мутаций).

Спонтанные повреждения ДНК происходят постоянно и, по мнению большинства ученых, имеют место в каждой клетке. Если бы в эволюции не были выработаны механизмы «исправления ошибок», жизнь или погибла бы, или

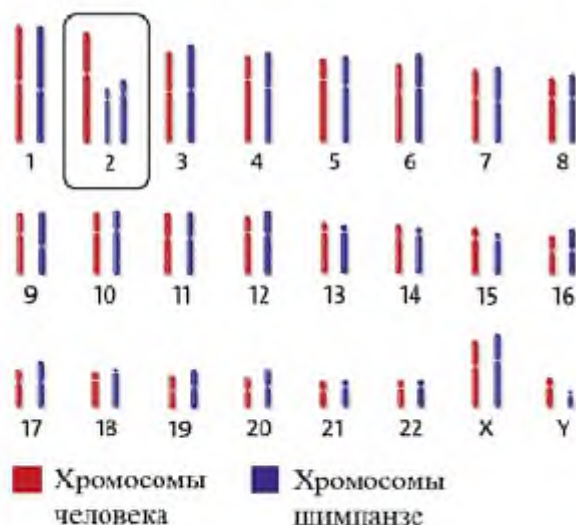


Рис. 22. Хромосомы человека и обезьяны

точно не была бы такой, какой мы ее знаем. Видов не существовало бы, так как каждый живой организм, получивший огромное количество мутаций, если бы даже выжил и смог оставить потомство (что вряд ли возможно), точно не был бы похож даже на дедушку с бабушкой, не то что на прабабушек и прадедушек.

Для устранения мутантных повреждений ДНК в клетке имеются специальные репарационные механизмы (например, ошибочный участок ДНК вырезается и на этом месте восстанавливается исходный). Мутации возникают лишь тогда, когда репарационный механизм не справляется с работой, т. е. повреждения не устраняются. Мутации, возникающие в генах, кодирующих белки, ответственные за репарацию, могут приводить к многократному повышению (мутаторный эффект) или понижению (антимутаторный эффект) частоты мутирования других генов. Так, мутации генов многих ферментов системы репарации приводят к резкому повышению частоты соматических мутаций у человека, а это, в свою очередь, приводит к нарушениям пигментации кожи и злокачественным опухолям покровов. Мутации могут появляться не только при нарушениях репликации, но и при нарушении репарации. Данный аспект в материале этого учебника рассматриваться не будет.

Очень небольшой процент мутаций (примерно 1 на 10 000) бывает полезен для организмов. Большая же часть мутаций (9 999) вредна для живого и несет потенциальную угрозу. Вместе с тем при полном отсутствии мутаций эволюция как таковая была бы невозможна. Зародившись однажды в виде бактерий, жизнь так и существовала бы на уровне прокариот бесконечно долгое время.

Рекомбинация, кроссинговер, мутация, делеция, инверсия, транслокация.



Знание и понимание

1. Что такое *рекомбинация* в широком смысле слова?
2. Опишите виды мутантной и немутантной рекомбинации.

Применение

1. Для чего изучают мутантную рекомбинацию?
2. Определите связь между разными типами рекомбинации и определенными признаками, заполнив в таблице знаком X совпадение признака и типа рекомбинации.

Признак	Рекомбинация	
	общая (гомологичная)	незаконная (мутантная)
Происходит обязательно и постоянно у всех и каждого из высших организмов		
Происходит не у всех, а лишь у единиц из высших организмов		
Непосредственно связана с половым процессом		
Связана с воздействием мутагенов		
Транслокация		
Конъюгация хромосом		
Дупликация и делеция		
Классический кроссинговер		
Неравный кроссинговер		
Участвуют две гомологичные хромосомы		
Участвуют негомологичные хромосомы		
Может участвовать более двух хромосом		

Анализ

1. Изобразите в виде схемы различные виды мутантной рекомбинации на основе хромосомных мутаций.

2. Выскажите ваше мнение о причинах существования рекомбинантных явлений, не связанных с мутациями. Какие преимущества они дают организмам?

Синтез

1. Порассуждайте, почему в природе вообще имеет место явление рекомбинации наследственного материала. Считаете ли вы, что цели и результаты у мутационной и немутационной рекомбинаций сходны?

2. Систематизируйте различные типы рекомбинации. Какая из схем кажется вам наиболее верной? Как бы вы дополнили каждую из них?



Схема 1



Схема 2

Оценка

1. Напишите реферат о применении транслокаций и результатов неравного кроссинговера в селекции и их роли в эволюции.

2. Обсудите следующее высказывание ученых: «Вероятно, у вида *Homo sapiens* произошла делеция и транслокация относительно общих предков горилл и шимпанзе. В результате этих рекомбинантных мутаций из 48 хромосом обезьян сформировались 46 хромосом, характерных для человека. Хромосомы современных видов человека и шимпанзе имеют аналогичное окрашивание, форму и размеры».

§ 27. Секвенирование геномной дезоксирибонуклеиновой кислоты человека

Цель изучения этой темы: обсудить значение международного проекта «Геном человека».

Как называется основной фермент репликации?



Что нужно повторить для успешного изучения темы? § 7 – учебник для 10 класса.

Базовые генетические понятия. Как вы помните, единицами наследственности и изменчивости являются гены. Ген – это участок молекулы ДНК, кодирующий первичную структуру белка (полипептида), тРНК или рРНК.

Этапы развития генетики связаны с именами таких известных ученых, как Г. Мендель, Т. Морган, Ф. Крик, Дж. Уотсон и ряд других.

В последующих исследованиях передовым достижением стала разработка методов анализа первичной структуры ДНК, т. е. последовательности нуклеотидов в ней. Эти открытия и возникшие методы послужили началом становления нового научного направления – *геномики*. Одним из определяющих методик изучения структуры ДНК является *секвенирование*.

Что такое секвенирование? Секвенирование (*sequencing*) – это общее название методов, которые позволяют установить последовательность нуклеотидов в молекуле ДНК. Секвенирование ДНК – прочтение нуклеотидной последовательности первичной структуры дезоксирибонуклеиновой кислоты. В настоящее время нет ни одного метода секвенирования, который работал бы для молекулы ДНК целиком. Все они устроены так: сначала готовится большое число копий фрагментов ДНК (они многократно клонируются и в случайных местах «разрезаются»), затем читается каждый участок по отдельности. Клонирование проводится либо выращиванием клеток в чашке Петри, либо с помощью метода *ПЦР – полимеразной цепной реакции* (в случаях, когда это было бы слишком медленно или по каким-то причинам не получилось бы).

В самом обобщенном виде работу этого метода можно представить в виде следующих этапов:

1. Сначала ДНК денатурируется, т. е. разрушаются водородные связи и получаются отдельные нити.

2. Затем к нитям ДНК присоединяют так называемые *праймеры*. Это короткие участки ДНК, к которым может присоединиться *ДНК-полимераза*. Как вы помните, это основной фермент репликации. Именно он и будет заниматься собственно копированием нитей ДНК.

3. На следующем этапе полимеразы копирует фрагмент ДНК, после чего процесс можно многократно повторять: для каждого цикла отдельных нитей будет уже вдвое больше.

Все эти эффекты достигаются в основном с помощью изменений температуры смеси из ДНК, праймеров и полимеразы. Для достижения целей исследования важно, что это достаточно точный процесс и ошибки в нем редки, а на выходе получается большое число копий – участков одной и той же ДНК. Другими словами, с помощью ПЦР получают большое (какое только необходимо) число копий коротких фрагментов исследуемой ДНК (рис. 23).

Важным подспорьем в ускорении секвенирования стало открытие полимеразной цепной реакции. В 1993 г. Нобелевская премия по химии была присуждена К. Муллису за метод амплификации (умножения) ДНК с помощью полимеразной цепной реакции.

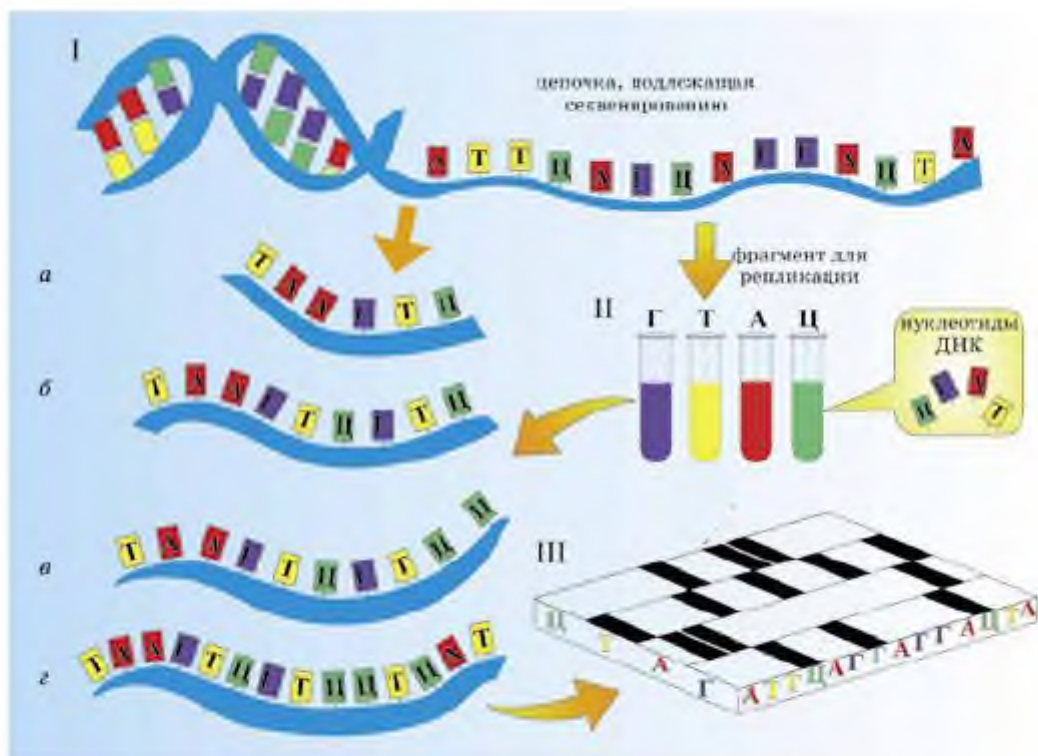


Рис. 23. Секвенирование фрагмента ДНК

I – фрагмент одной цепи молекулы ДНК, который будет подвергаться секвенированию – расшифровке нуклеотидной последовательности;

II – выбранный фрагмент ДНК многократно реплицируется, создается большое количество его копий, чтобы быть подвергнутым последующему анализу – ПЦР. Процесс происходит *in vitro* (в лабораторной посуде) в среде, содержащей ферменты репликации (*ДНК-полимеразу*) и готовые нуклеотиды (с изотопными метками, обогащенные энергией).

Этапы репликации схематично изображены от а (реплицированный фрагмент состоит из 6 нуклеотидов) до г (фрагмент состоит из 14 нуклеотидов);

III – расшифровка последовательности нуклеотидов в анализируемом фрагменте ДНК с помощью хроматографии на геле методом электрофореза. Полоски отражают реальную последовательность нуклеотидов в ДНК.

Разные методы секвенирования отличаются друг от друга не методикой клонирования ДНК (с помощью ПЦР или иным способом), а тем, как потом прочесть получившуюся «смесь» из многочисленных копий одного и того же фрагмента ДНК.

Наука не стоит на месте, методы секвенирования постоянно улучшаются. Практически все современные методы выдают относительно короткие «читаемые» фрагменты: всего от 100 до 400 нуклеотидов. Кроме того, современные секвенаторы гораздо дешевле. Так, например, проект по полному «прочтению» первого человеческого генома, завершённый в 2008 г., занял 13 лет и стоил 3,8 млрд долларов. Новые технологии секвенирования обещают научиться обрабатывать полный геном одного человека за 1000 долларов и даже меньше, что открывает возможности для массового секвенирования в медицинских целях.

Геномика, секвенирование, полимеразная цепная реакция (ПЦР).



Знание и понимание

1. Что такое *секвенирование*?
2. Определите связь между ПЦР и секвенированием.

Применение

1. Для чего изобретают и применяют методы секвенирования?
2. Назовите причины, по которым необходимо вести исследования в данном направлении.

Анализ

1. Изобразите в виде схемы взаимосвязь методов секвенирования и ПЦР-анализа. Какой из них является этапом для другого?
2. Проанализируйте этапы ПЦР-анализа. Сравните их с этапами репликации в интерфазе.

Синтез

1. Порассуждайте, как могли бы развиваться дальнейшие методы секвенирования.
2. Смоделируйте ситуацию: *«В ближайшем будущем секвенирование станет таким же обыденным методом исследования, как общий анализ крови»*. К каким экономическим, социальным и этическим последствиям может привести широкое применение этого метода?

Оценка

1. Напишите реферат о применении секвенирования и ПЦР-анализа.
2. Обсудите и оцените следующее мнение: *«Секвенирование не панацея и даже не претензия на панацею. Это всего лишь еще один диагностический метод, как термометр или тонометр. Само по себе секвенирование ничего не изменит ни в фармакологии, ни в терапии, а только лишь в диагностике наследственных заболеваний»*.

§ 28. Международный проект «Геном человека».

Биологическое значение исследований, проведенных в рамках проекта

Цель изучения этой темы: обсудить значение международного проекта «Геном человека».

Что такое **геном**? Кто авторы **двухспиральной модели молекулы ДНК**?



Что нужно повторить для успешного изучения темы? § 7 – учебник для 10 класса.

Центральная догма молекулярной биологии. После исследования основных процессов хранения и реализации наследственной информации в 60-х годах XX в. сформировалась *центральная догма молекулярной биологии*, выраженная в виде схемы (см. § 5):



Джеймс Дьюн Уотсон
(род. в 1928 г.)

Согласно центральной догме молекулярной биологии основная программа химических процессов, происходящих в любом организме, записана в последовательности пар оснований молекулы ДНК. В связи с этим была поставлена цель – полностью расшифровать последовательность всех нуклеотидов в 23 хромосомах ДНК хотя бы одного человека. В 1986 г. в США группа ученых начала работу над этим проектом. В 1988 г. известный ученый Джеймс Уотсон инициировал создание **международного проекта «Геном человека»**. Лаборатории ведущих стран мира объединили свои усилия для реализации этой

сложной задачи. Цель – выяснение последовательности азотистых оснований и расположения генов (картирование) в каждой из 23 молекул ДНК клетки человека. Проект состоял из пяти основных этапов:

- 1) составление карты, на которой помечены гены, отстоящие друг от друга не более чем на 2 млн оснований, на языке специалистов – с разрешением 2 Мб (*мегабаза*, от англ. слова *base* – «основание»);
- 2) завершение физических карт каждой хромосомы с разрешением 0,1 Мб;
- 3) получение карты всего генома в виде набора описанных по отдельности клонов (0,005 Мб);
- 4) полное секвенирование ДНК (разрешение – 1 основание);

5) нанесение на карту с разрешением в 1 Мб оснований всех генов человека.

В июле 2000 г. лидеры стран «Большой восьмерки» на саммите на острове Окинава официально объявили о том, что геном человека расшифрован. По мнению специалистов, 85% информации абсолютно достоверно, поскольку перепроверено многократно.

В результате проведенных исследований пришло понимание, что основной путь к исправлению несовершенств человека лежит через детальное изучение строения и работы его наследственной информации, содержащейся в геноме.

Интересен тот факт, что исследовали ДНК не какого-то случайного, «гипотетического» человека, а вполне конкретной личности. Как вы, наверное, догадались, в качестве образцов для исследования использовались биологические материалы, содержащие ДНК самого Джеймса Уотсона, одного из двух авторов модели молекулы ДНК.

Среди наиболее значимых результатов расшифровки генома человека следует выделить изучение последовательностей нуклеотидов в генах, повреждение которых вызывает наследственные болезни человека.

В настоящее время описано примерно 10 тыс. различных заболеваний человека. Из них около 3000 – наследственные болезни. Они обязательно должны быть наследуемыми, т. е. передаваться от поколения к поколению. Слово «наследственный» означает, что причина болезни – поломка наследственного аппарата, т. е. генов (в том числе в соматических клетках, а не только в генеративных). Выявление молекулярной причины «поломки» генов прямо вытекает из результатов исследования генома. Можно видеть, как год от года растет число изученных генов, провоцирующих заболевания. На основе изучения генома человека предполагается последующее изучение каждого гена в отдельности.

Есть надежда, что эти сведения помогут разобраться в генетических программах развития и функционирования организма человека, в причинах возникновения как наследственных, так и онкологических заболеваний и процессов старения.

Предполагается, что выявление молекулярных основ заболеваний обеспечит следующие результаты:

- 1) перевести на новый уровень методы их ранней диагностики, а значит, вести более утонченно и успешно борьбу с заболеваниями;
- 2) совершенствовать методы «адресной доставки» лекарств в пораженные клетки;
- 3) замещать больные гены здоровыми (методика на уровне клеток существует, но на уровне организмов не отработана);

4) включать/выключать боковые пути метаболизма за счет включения/выключения соответствующих генов и т. д.

У человечества появилась надежда, что эти и многие другие манипуляции с геномом, методы его улучшения перестанут быть предметом умозаключений фантастов, а станут наконец частью арсенала современной медицины.

Кроме всего вышесказанного, реализация международного проекта «Геном человека» дала толчок развитию передовых технологий в самых разных отраслях. Она привела к появлению новых подходов в вирусологии, иммунологии, фармакологии и медицине. Появилась новая отрасль – *фармакогенетика*. Достижения генетиков могут с успехом применяться в криминалистике и судебной медицине для идентификации личности. Разработан метод «генетической дактилоскопии». Достигнут значительный прогресс в практической области создания новых продуктов для медицинской промышленности и лечении болезней человека.

В настоящее время фармацевтическая промышленность завоевала лидирующие позиции в мире. Это отразилось не только на объемах промышленного производства, но и на финансовых средствах, вкладываемых в эту промышленность (по оценкам экономистов, она вошла в лидирующую группу по объему купли-продажи акций на рынках ценных бумаг). Важной новинкой стало и то, что фармацевтические компании включили в свою сферу выведение новых сортов сельскохозяйственных растений и животных, на что тратят десятки миллиардов долларов в год. Они же монополизировали выпуск химических веществ для быта, добавок к продукции строительной индустрии и т. п. Уже не десятки тысяч, а, возможно, несколько сот тысяч высококвалифицированных специалистов заняты в исследовательских и промышленных секторах фарминдустрии. Именно в этих областях интерес к геномным и генно-инженерным исследованиям исключительно высок.

Главная стратегическая задача будущего сформулирована следующим образом: изучить однонуклеотидные вариации ДНК в разных органах и клетках отдельных индивидуумов и выявить различия между индивидуумами. Анализ таких вариаций даст возможность не только подойти к созданию индивидуальных генных портретов людей, но и определить различия между популяциями, выявлять географические районы повышенного риска. Это поможет давать четкие рекомендации по очистке территорий от загрязнения и выявлять производства, на которых есть большая опасность поражения геномов персонала. Что касается индивидуальных различий, то исследования, в частности, дают возможность

лучше лечить болезни, опираясь на индивидуальные особенности каждого человека, такие как переносимость медицинских препаратов, восприимчивость к возбудителям болезней, аллергические реакции и т. д.

Такая грандиозная задача рождает не одни радужные ожидания всеобщего блага, но и вполне осознанную тревогу юристов и борцов за индивидуальные права человека. Так, в частности, высказываются возражения против распространения персональной информации без разрешения тех, кого она касается. Конгресс США уже принял ряд законов, строго запрещающих распространение генетической информации отдельных людей, и юристы всего мира интенсивно работают в данном направлении.

Международный проект «Геном человека», фармакогенетика, метод «генетической дактилоскопии».



Знание и понимание

1. Какие цели ставились перед проектом «Геном человека»?
2. Завершен ли международный проект «Геном человека»?

Применение

1. Назовите причины, по которым важно было исследовать геном человека.
2. Определите связь между генетическими исследованиями и развитием фармакологической промышленности.

Анализ

1. Проанализируйте этапы исследования генома человека в рамках международного проекта.
2. Докажите на примерах, что исследование генома человека открывает широкие перспективы по улучшению методов лечения и профилактике многих, не только генетических, но и инфекционных и хронических заболеваний.

Синтез

1. Порассуждайте, считаете ли вы возможным в перспективе разработку и применение «индивидуальных» лекарств. Выскажите аргументы ЗА и ПРОТИВ.
2. Смоделируйте ситуацию: «В ближайшем будущем расшифровка и манипуляция с индивидуальными данными генома каждого человека позволят

не только прогнозировать и предупреждать болезни, но и отклонения в поведении, выбор рода деятельности, продуктов питания, вида спорта, спутника жизни («второй половинки») и т. д.». Как вы считаете, возможно ли это?

Оценка

1. Обсудите следующее высказывание: «Со временем стало ясно, что все упирается в биологию человека, а вся биология подвластна геному».

2. Оцените медицинские, экономические и юридические последствия получения, хранения и распространения информации о региональных, национальных и индивидуальных особенностях генома каждого человека и любой группы людей (социальной, расовой, национальной).

Заключение по разделу «Закономерности наследственности и изменчивости»

Изменения наследственного материала – мутации. Они могут быть *естественные* и *искусственные* – *индуцированные*. Самые мелкие и часто встречаемые изменения – *точковые*, или *генные*, мутации связаны с изменениями одного или нескольких нуклеотидов в пределах одного гена. Часто такие мутации возникают в ходе *репликации* как ошибки процесса самокопирования молекулы ДНК.

При *выпадении*, *вставке* или *удвоении нуклеотидов* смещается вся «рамка считывания» *триплетов ДНК* и могут измениться все или множество аминокислот в белке. При замене нуклеотида изменяется максимум одна аминокислота.

Более крупные хромосомные мутации (абберации) происходят при рекомбинации. В широком смысле под рекомбинацией понимают новое сочетание генетического материала. **Классической, общей, гомологичной или немутантной рекомбинацией называют результаты конъюгации и кроссинговера родительских хромосом в ходе гаметогенеза, возникающего в профазе мейоза I.** Так потомству достаются комбинированные или рекомбинированные хромосомы, состоящие из частей, принадлежащих отцовскому и материнскому организму. Эта основа комбинативной изменчивости.

Такие мутации, как *транслокации*, возникают как «ошибки» рекомбинации. Это процесс встраивания части одной хромосомы в другую

(с выпадением этой части из хромосомы, которая в результате становится короче). **Транслокации называют незаконной (мутантной) рекомбинацией, или неравным кроссинговером.** Кроме транслокаций встречаются и другие виды изменения ДНК, связанные с встраиванием в геном чужеродного наследственного материала. Такой процесс возможен с транспозонами – частицами генома бактерий, способными мигрировать между клетками подобно вирусам, и с геномами реальных вирусов (как правило, безопасных), способными встраиваться в определенные участки генома бактерий и получивших название *сайт-специфичных*.

Одним из перспективных направлений исследования в современной молекулярной генетике является расшифровка нуклеотидной последовательности молекул ДНК – **секвенирование**. Для секвенирования создаются копии коротких фрагментов ДНК в большом количестве. Чаще всего с этой целью применяют ПЦР – полимеразную цепную реакцию. Благодаря международной программе «Геном человека» ученые расшифровали последовательность всех нуклеотидов ДНК в гаплоидном наборе (23 хромосомы), используя в качестве материала геном Джеймса Уотсона. Полученные результаты планируется применить для развития генной терапии, медицинской генетики и фармакологии.

КЛЕТОЧНАЯ БИОЛОГИЯ



§ 29. Определение основных компонентов клеток

Цель изучения этой темы: определить и описать основные компоненты клеток с использованием микрофотографий.

Перечислите известные вам органоиды клеток. Каковы особенности их строения? Можете ли вы назвать основные признаки, по которым внешне можно отличить один органоид от другого по его изображению?



Что нужно повторить для успешного изучения темы? § 12 – учебник для 7 класса; § 1 – учебник для 9 класса.

Группы органоидов. Как вы помните, в основе классификации органоидов могут лежать три несвязанных между собой принципа. Перечислим их.

1. Наличие органоидов в клетках эукариот, относящихся к царствам растений или животных. По этому принципу все органоиды делятся на три группы: 1) органоиды, характерные *только для растительных клеток*, – *пластиды, настоящие вакуоли*, иногда выделяют целлюлозную клеточную стенку, хотя это не самостоятельный органоид, а часть оболочки клетки; 2) органоиды, характерные *только для животных клеток*, – *жгутики, реснички, клеточный центр, лизосомы*; 3) самая обширная группа – органоиды, которые характерны как для растений, так и для животных: *ядро, митохондрии, ЭПС, рибосомы, комплекс Гольджи, наружная мембрана* и т. д.

2. Наличие у органоидов мембран и их количество. По этому принципу все органоиды также делятся на три группы: 1) органоиды, не имеющие мембран, или *немембранные*: *рибосомы, жгутики, реснички, клеточный центр*; 2) органоиды с одной мембраной, отделяющей их содержимое от цитоплазмы, или *одномембранные*: *ЭПС, комплекс Гольджи, лизосомы, вакуоли*; 3) *двумембранные* органоиды: *митохондрии, пластиды и ядро*.

3. Подразделение органоидов на группы по выполняемым функциям несколько условно, так как один и тот же органоид может выполнять несколько функций. Поэтому таким принципом пользуются реже. Но все-таки можно выделить *органоиды движения*, к которым будут относиться жгутики, реснички и клеточный центр, хотя он обеспечивает не движение клетки в жидкой среде, а движение хромосом или хроматид в цитоплазме при делении клетки. *Транспортные* – к ним будут относиться ЭПС и комплекс Гольджи. *Разлагающие* (катаболические) – к ним

относят лизосомы и митохондрии. *Запасающие* – вакуоль, лейкопласты. *Синтезирующие* (анаболические) – рибосомы и хлоропласты.

Даже из предложенных примеров видно несовершенство такой классификации. Так, митохондрии можно отнести и к анаболическим органоидам, так как в них синтезируются *трикарбоновые*, или *жирные, кислоты*, без которых взаимопревращение веществ, а, следовательно, и анаболизм были бы невозможны. ЭПС не только транспортируют, но и синтезируют и модифицируют вещества.

Внешние признаки органоидов. Как вам известно, все органоиды клеток исследованы с помощью электронного микроскопа. Их форма, строение и размеры хорошо изучены благодаря различным современным методам: контрастному окрашиванию, хроматографии, замораживанию-скалыванию, электроцентрифугированию и др. Многие изображения, полученные с помощью этих методов, да еще и «дорисованные» с помощью компьютерной графики, делают органоиды не просто узнаваемыми, но и облегчают понимание взаимосвязи их строения и функционирования. Однако цель изучения данной темы – научиться распознавать органоиды не на цветных 3D-моделях, а на стандартных микрофотографиях. Традиционно изображение органоидов на них было черно-белым. Именно такими результатами микроскопирования мы и будем пользоваться.

Следует помнить, что представленные микрофотографии могут отображать как целую клетку, так и ее фрагменты. На целом изображении легче распознать относительные размеры видимых объектов и их взаиморасположение. Ведь, несмотря на то, что цитоплазма живых эукариотических клеток постоянно движется, положение некоторых органоидов относительно друг друга позволяет делать более точные выводы о том, какой именно органоид изображен на микрофотографии.

Попробуем рассмотреть предложенные органоиды и найти характерные для них внешние особенности. Начнем работу с одного из самых крупных органоидов у эукариот – компонента клетки – ядра (рис. 24).

На рис. 24 изображен и подписан компонент клетки – ядро. Как его можно отличить по внешним признакам? В первую очередь оно довольно крупное и занимает центральное положение, если только это не старая растительная клетка. В этом случае не только центральную часть, а почти все пространство внутри клетки будет занимать огромная вакуоль. Далее заметно, что ядро ограничено от цитоплазмы двойной ядерной мембраной, прерываемой порами. Также в ядре видны «глыбки» – скопления хроматина, но не заметно ядрышка. На других подобных микрофотографиях чаще всего ядрышки видны. Относительно иных органоидов клетки на данной микрофотографии четко видны митохондрии, но нет выражен-

ных хлоропластов. Видны мелкие вакуоли, но в то же время они могли бы оказаться и лизосомами. Не видно ни клеточного центра, ни жгутиков, ни ресничек. По имеющимся признакам можно сделать вывод, что, вероятнее всего, это клетка грибов, поскольку имеются клеточная стенка и многочисленные мелкие вакуоли (которые могут оказаться и лизосомами), но не заметны органоиды, характерные только для растений либо только для животных.

На рис. 25 изображение *митохондрии* распознается однозначно, так как хорошо заметны многочисленные *кристы* – выросты внутренней мембраны – и *рибосомы*, плавающие в матриксе между крист. На изображении не заметна кольцевая *митохондриальная ДНК*. Но это вполне допустимо, поскольку она представлена всего лишь одной кольцевой двуспиральной молекулой с толщиной спирали до 2 нанометров. Напомним, что толщина наружной и внутренней митохондриальных мембран составляет 7–8 нанометров. На данном изображении слабо различимы их двойная структура и межмембранное пространство. Было бы сложно сделать выводы о двойной мембране, если бы не кристы.

Также на микрофотографии видны и другие органоиды. Это окружающая митохондрию мембрана шероховатой ЭПС, усеянная рибосомами, свободные рибосомы цитоплазмы в левом верхнем углу и некие шарообразные структуры. Это могут быть *включения*, например *липидные капли*, *фагосомы* (поглотившие что-либо *лизосомы*), или иные сферические органоиды, например *сферосомы*.

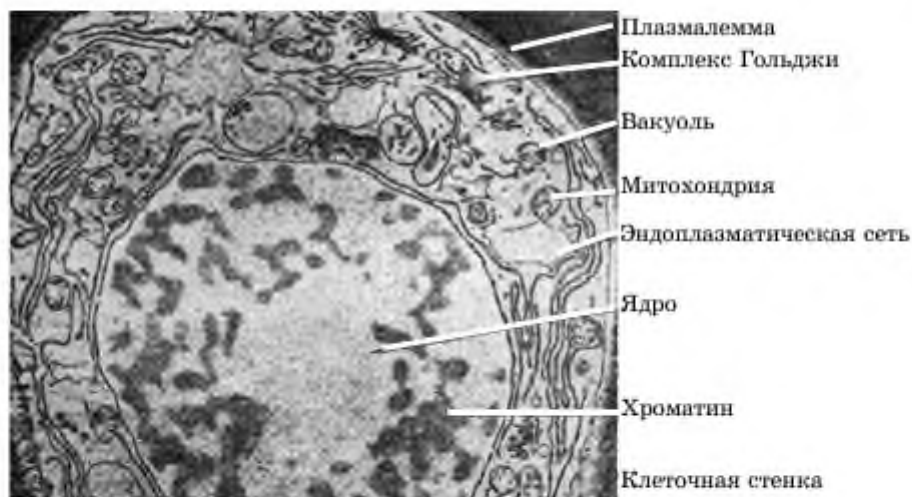


Рис. 24. Компонент клетки – ядро



Рис. 25. Митохондрия

Следующее изображение – хлоропласт (рис. 26). Исключительно хорошо видны внутренние мембранные структуры хлоропласта – тилакоиды гран, или граны, а также тилакоиды стромы, или ламеллы. Кроме того, присутствуют липидные капли, но не видны рибосомы.

При увеличении больше, чем в 5 раз, хорошо показаны именно мембраны, содержащие хлорофилл, место, в котором протекают световые реакции фотосинтеза.

Следующее изображение – крупная единая вакуоль в центре растительной клетки (рис. 27).

Судя по размерам вакуоли относительно остального объема протопласта, это стареющая клетка. Но она жива и активно функционирует, так



Рис. 26. Хлоропласт



Рис. 27. Вакуоль

как в ней хорошо заметны неразрушившиеся хлоропласты. Слабо виден тонопласт – мембрана вакуоли. Однако о его наличии свидетельствует то обстоятельство, что сама вакуоль прижала цитоплазму к периферии клетки. Капли, находящиеся между вакуолью и хлоропластами, могут быть либо включениями, либо мелкими вакуолями. Отчетливо видна цитоплазма в виде непузырчатой структуры между хлоропластами.

Ядро в данной клетке должно быть прижато к мембране с небольшим количеством цитоплазмы. Оно может быть незаметно за непрозрачным хлоропластом, ведь изображение плоское, а не объемное. Возможно, что оно проглядывает сквозь полупрозрачную вакуоль, будучи прижатым к задней части мембраны клетки (некая структура – темные пятнышки в центре вакуоли).

Следует отметить, что отличить мелкие вакуоли от лизосом, пероксисом или капелек жира на черно-белых микрофотографиях с небольшим разрешением невозможно. Ведь не зря лизосомы называют *пищеварительными вакуолями*. И хотя настоящие вакуоли характерны только для растений, а лизосомы – для гетеротрофов (животных и грибов), общий план их строения сходен и не имеет четко выраженных внешних отличий. Это пузырь с жидкостью, ограниченной мембраной. Что касается возможных отличий, настоящие вакуоли чаще прозрачны, чем пищеварительные. Если они и заполнены содержимым, то это могут быть кристаллы оксалатов кальция, образующие друзы, похожие на скопления минералов.

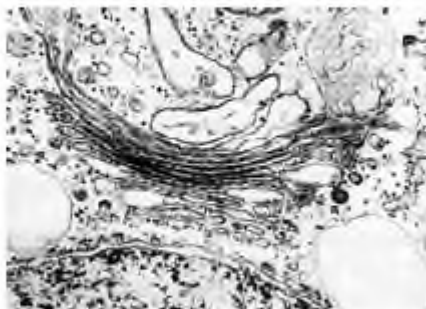
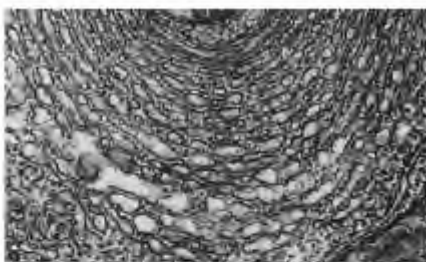
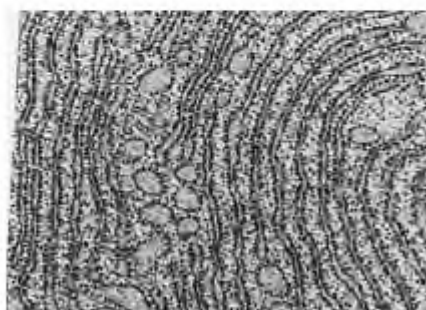


Рис. 28. Комплекс Гольджи



a



б

Рис. 29. Эндоплазматическая сеть

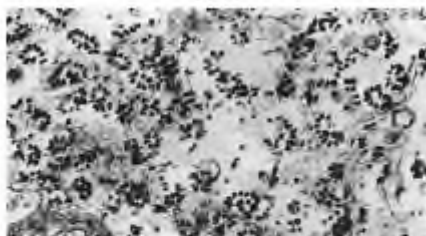


Рис. 30. Рибосомы ЭПС

Следующая микрофотография комплекса Гольджи (рис. 28). Этот органоид представляет собой стопки из мембранных полостей и отшнуровывающиеся от них пузырьки. Внешне органоид похож на гладкую ЭПС. Также их объединяют две сходные функции: внутриклеточный транспорт веществ, синтез и модификация углеводов и липидов. Внешне комплекс Гольджи легко отличить от шероховатой ЭПС по отсутствию рибосом. От гладкой ЭПС он отличается расположением и размером занимаемого пространства, а также отсутствием у ЭПС диктиосом – отделяющихся мембранных пузырьков.

Комплекс Гольджи, как правило, расположен вблизи компонента клетки – ядра и занимает небольшой участок цитоплазмы, а не пронизывает ее насквозь, как это делает гладкая ЭПС.

Как вы уже догадались, далее речь пойдет об ЭПС – эндоплазматической сети – гладкой и шероховатой (рис. 29, *a, б*). На представленных микрофотографиях отлично видно, что перед нами одномембранный органоид, образующий извитую систему канальцев и полостей. Согласно мнению большинства цитологов канальцы ЭПС могут занимать чуть ли не половину объема цитоплазмы клетки. Именно это свойство гладкой ЭПС хорошо проиллюстрировано на данных микрофотографиях.

Шероховатая ЭПС отличается от гладкой наличием рибосом. К тому же если дать большее увеличение, то отлично видно сами рибосомы в виде скоплений шариков (рис. 30). Они

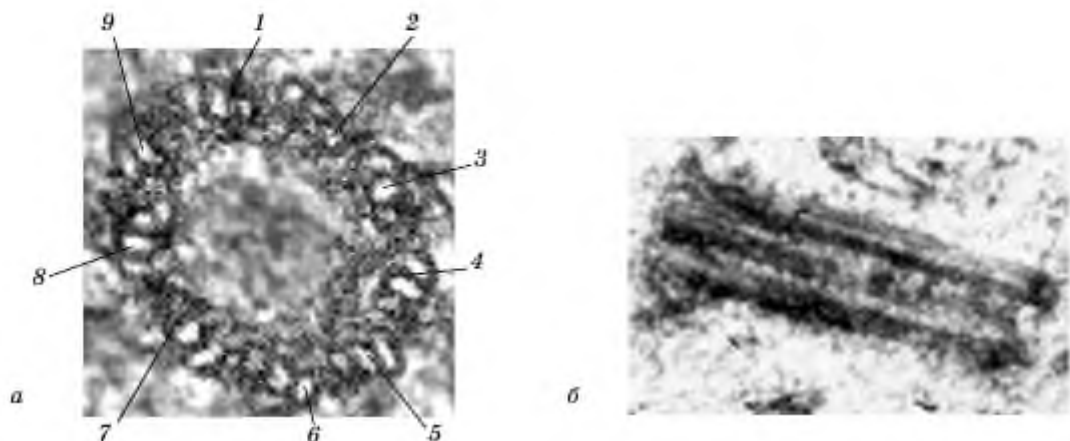


Рис. 31. Клеточный центр состоит из двух центриолей: центриоль *а* – поперечный вид (цифрами 1–9 обозначены 9 триплетов микротрубочек); центриоль *б* – продольный вид

располагаются как на мембране шероховатой ЭПС, так и в свободном виде в цитоплазме.

Следующие микрофотографии показывают строение триплетов микротрубочек *клеточного центра* (рис. 31, *а*) и *центриолей* (рис. 31, *б*). Причем дано поперечное и продольное изображение. На поперечном изображении хорошо различимы 9 триплетов микротрубочек. Напомним, что формула внутреннего строения и центриолей, и жгутиков, и ресничек – это $9+2$, т. е. 11 микротрубочек, 2 из которых в центре, а 9 образуют кольцо по периферии.

На продольном изображении видна вытянутая структура микротрубочек, образующих одну центриоль.

Важно учитывать и расположение центриолей в клетке. Как правило, они расположены перпендикулярно друг другу и находятся вблизи ядра клетки.

На нечетких или фрагментарных микрофотографиях клеточный центр можно спутать с фрагментами цитоскелета клетки, миофибриллами или микронитями внутри цитоплазмы. Но чаще всего элементы цитоскелета разбросаны по всей цитоплазме равномерно и беспорядочно. Их нити не образуют хорошо различимой, ограниченной структуры, как центриоли, они направлены в разные стороны.

В заключение хотелось бы отметить: значительная теоретическая подготовка и знание материала об особенностях строения и функционирования тех или иных органоидов не являются обязательными условиями,

способствующими умению быстро и четко определять компоненты клеток на предложенных микрофотографиях. В основе успешности таких действий лежат два обстоятельства: 1) качество самой микрофотографии, объективно отображающей отдельные компоненты или всю клетку и 2) навык работы с микрофотографиями. Чем больше микрофотографий с подписями и объяснениями просмотрел индивид, тем легче ему найти аналогичное изображение, даже если оно будет неполным, нечетким, иначе окрашенным, слабо различимым, фрагментарным или перевернутым.

Органоиды клетки, группы органоидов по выполняемым функциям, микрофотографии.



Что нужно повторить для успешного выполнения лабораторной работы № 6? § 12 – учебник для 7 класса; § 1, 2 – учебник для 8 класса; § 1 – учебник для 9 класса; § 11–14 – учебник для 10 класса.



Лабораторная работа № 6.

Описание основных компонентов клеток с использованием микрофотографий.

Цель: определить и описать основные компоненты клеток с использованием микрофотографий.

Оборудование: микрофотографии клеток и их органоидов, учебник.

Ход работы

1. Рассмотрите микрофотографии клеток и органоидов различных типов. Сравните их с изображениями в данном учебнике.

2. Зарисуйте клетку, обозначив все имеющиеся у нее части и органоиды.

3. Используя учебник, микрофотографии и изображения клеток различных типов, заполните таблицу и обозначьте на предложенных рисунках *А* и *В* органоиды по номерам, вписав в таблицу их особенности.

В качестве контрольной работы заполните таблицу «Строение и функционирование эукариотической клетки». Вставьте в столбцы необходимую информацию.

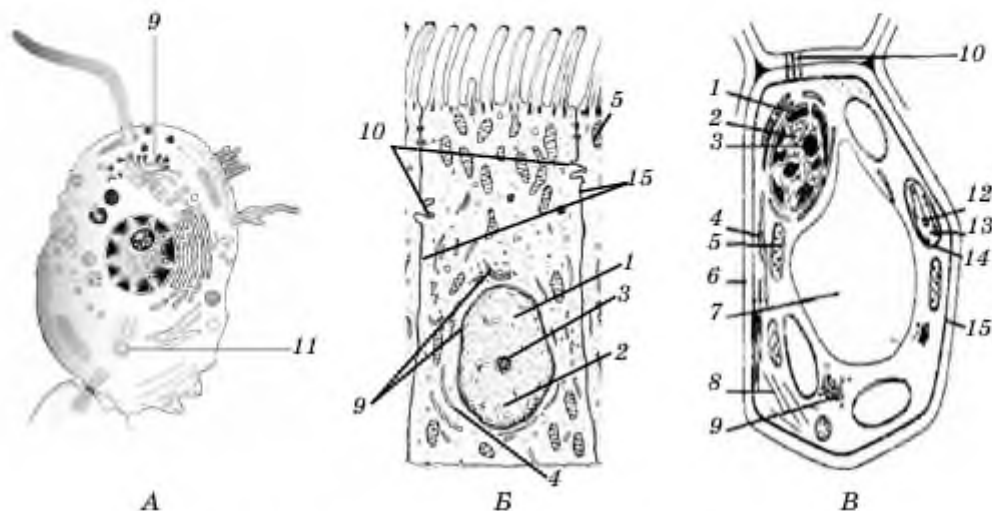
Столбец 1. Необходимо указать номер соответствующего органоида, используя изображения *А*, *Б*, *В*. Но помните, что не все они изображены на рисунках.

Столбец 2. Укажите количество мембран цифрами 0, 1 или 2.

Столбец 3. Необходимо вставить букву *Р*, если вы считаете, что эти органоиды характерны **только** для растений, букву *Ж*, если считаете, что они есть **только** у животных, и буквы *Р/Ж*, если они есть и у тех, и у других.

Столбец 4. Вставьте все цифры, обозначающие органоиды, в соответствующие строки таблицы.

Помните, что одна и та же цифра может соответствовать одному или нескольким органоидам. При этом нет цифры, не соответствующей ни одному органоиду.



Номер столбца:	1	2	3	4
Название органоида	№ органоида на рисунке	Количество мембран	Для клеток каких царств характерны	Номер характеристики из списка
Мембрана				
Гиалоплазма				
Вакуоль настоящая				
Ядро				
Лизосома				
Гладкая ЭПС				
Шероховатая ЭПС				
Комплекс Гольджи				
Клеточный центр				
Хлоропласты				
Митохондрии				
Хромопласты				
Рибосомы				
Лейкопласты				

1. Основной синтез АТФ в животных клетках.
2. Основной синтез АТФ в растительных клетках.
3. Формирует субъединицы рибосом.
4. Образуются из протопластид.

5. Хранят наследственность в виде хромосом.
6. Избирательная проницаемость и защита цитоплазмы.
7. Осуществляют биосинтез белков.
8. Равномерное распределение хромосом при делении.
9. Содержат тилакоиды гран.
10. Состоит из двух субъединиц.
11. Содержат кристы.
12. Жидкость внутри – строма.
13. Образует веретено деления.
14. Присущ тонопласт.
15. Осуществляют автолиз.
16. Накапливают крахмал.
17. Формируют «цистерны» – диктиосомы.
18. Накапливают каротиноиды.
19. Внутренняя среда клеток.
20. Клеточный сок – содержимое.
21. Матрикс с ферментами биологического окисления и цикла трикарбоновых кислот.
22. Кариоплазма – содержащаяся жидкость.
23. Протекает гликолиз.
24. Содержит литические ферменты.
25. Модификация белков и липидов.
26. Внутриклеточный транспорт.
27. Биосинтез жиров.
28. Поддерживает тургорное давление, перераспределяя воду.
29. Конечная форма жизни пластид.
30. Содержат собственную кольцевую ДНК.
31. Место образования лизосом.
32. Есть у прокариот и эукариот.

§ 30. Расчет линейного увеличения органоидов.

Различие между разрешением и увеличением оптического и электронного микроскопов

Цель изучения этой темы: определить фактический размер компонентов клеток.

Как определить размер клеток и органоидов по микрофотографии, если указан масштаб увеличения, т. е. на фото показано, сколько микрометров в 1 сантиметре изображения на фото?



Что нужно повторить для успешного изучения темы? § 2 – учебник для 9 класса; моделирование № 1 – учебник для 9 класса.

Различие между разрешением и увеличением. *Увеличение* – это показатель силы микроскопа или иного увеличительного прибора, во сколько раз увеличивается изображение объекта. *Разрешающая способность* – это способность прибора отобразить раздельно два мелких объекта, чтобы их изображение не сливалось в одно.

Еще с позапрошлого века считается, что у разрешающей способности светового микроскопа есть строго ограниченный предел разрешения. Так как микроскоп световой, его возможности ограничены физическими величинами. Это ограничение объясняется постоянным физическим показателем – длиной световой волны.

Разрешение микроскопа можно рассчитать по формуле: $\frac{\lambda}{2n \sin u}$, где λ – длина волны света, n – показатель преломления среды, находящейся между рассматриваемым объектом и ближайшей линзой микроскопа, u – угол между оптической осью объектива и самыми крайними лучами, которые проходят сквозь рассматриваемый объект и через объектив попадают в глаз человека. Обычно считается, что разрешение составляет половину длины волны света. Но можно несколько улучшить показатели, изменяя преломление n . В вакууме $n = 1$. У воздуха этот показатель очень близок к единице, у воды составляет 1,33303, у специальных жидкостей, используемых в микроскопии для получения максимального разрешения, доходит до 1,78. При этом, каким бы ни был угол u , величина $\sin u$ не может быть больше единицы. Таким образом, разрешение оптического микроскопа не превышает долей длины волны света.

Световой микроскоп. Такой микроскоп стандартной конструкции имеет разрешение 0,2 мкм, что соответствует увеличению примерно в 1500 раз. Тем не менее данный показатель примерно в 500 раз превосходит зрение человека.

Что же значит ограничение разрешения микроскопа на практике? Это означает, что если бы удалось получить микрофотографию, изображающую две линии, отстоящие друг от друга на расстоянии меньше чем на 0,2 мкм, то сколько бы вы ни добавляли увеличение, эти две линии сливались бы в одну. Иными словами, различить их было бы невозможно.

Современному школьнику это легче понять, вспомнив процесс увеличения цифровых фотографий. Если разрешающая способность фотоаппарата была маленькой, сколько бы вы ни увеличивали изображение, например на мониторе компьютера, вам не удастся разглядеть мелкие детали, так как их изображение будет сливаться. Вы увидите одно изображение, состоящее из непонятных расплывчатых пятен. Иначе гово-

**Некоторые характеристики работы электронного
и светового микроскопов**

	Трансмиссионный электрон- ный микроскоп	Световой	
Источник излучения	электроны	фотоны (свет)	
Длина волны	например, 0,005 нм при 50 кВ	400–700 нм	
Максимальное полезное увеличение	×250 000 (на экране)	×1500	
Максимальное разрешение	на практике	0,5 нм	200–500 нм
	в теории	0,2 нм	200 нм
Линзы	электромагниты	стеклянные	
Объект	неживой, обезвоженный, отно- сительно маленький или тон- кий	живой или неживой	
Распространенные красители	содержат цветные металлы, ко- торые отражают электроны	цветные красители с ме- таллами и без	
Изображение	черно-белое	цветное	

Оптический и световой микроскопы. Эти два термина часто используются как слова-синонимы. Вместе с тем в последнее время ведутся успешные исследования, улучшающие возможности световых микроскопов. Именно такие улучшенные их версии чаще называют *оптическими*. Возникает вопрос: зачем улучшать световой микроскоп, если уже создан электронный? На самом деле причин много. Главной, пожалуй, является то, что в электронный микроскоп можно рассматривать только мертвые клетки. Наблюдать через него живые объекты невозможно. Другие недостатки электронного микроскопа – чисто технические. Это дороговизна в создании и обслуживании, затраты на помещение, сопутствующее оборудование, подготовку специалистов по работе и обслуживанию, сложность изготовления препаратов, их высокая цена и т. д.

Поэтому физики-оптики продолжают работать над созданием улучшенной версии оптического микроскопа. Со временем и электронные, и оптические микроскопы стали снабжать разнообразными устройствами, позволяющими запоминать изображения. Человеческий глаз дополнили сначала обычные фото- и кинокамеры, а после и цифровые. Количество пикселей в цифровых камерах продолжает расти, однако само по себе

это не может улучшить разрешение оптических микроскопов. И все же успешные исследования в этом направлении ведутся (см. дополнительный текст в задании «Оценка»).

Увеличение, разрешающая способность, световой, электронный, оптический микроскопы.



Знание и понимание

1. Как вы понимаете разницу между разрешением и увеличением микроскопа?
2. Опишите виды микроскопов.

Применение

1. Для чего изобретают и применяют различные виды микроскопов?
2. Проведите сравнение между электронным и световым микроскопом, отметив знаком \times признак в соответствующем столбце.

Признак	Микроскоп	
	световой	электронный
1	2	3
Возможно получение только черно-белого изображения		
Возможно получение цветного или черно-белого изображения		
Источник излучения фотоны		
Источник излучения электроны		
Разрешающая способность на рассматриваемые объекты не мельче 200 нм (0,2 мкм)		
Разрешающая способность на рассматриваемые объекты не мельче 0,5 нм (на микрофотографиях до 0,2 нм)		
Максимальное увеличение 1500 раз		
Максимальное увеличение 250 000 раз (только на экране)		
Изобретен в XVII в.		
Изобретен в XX в.		
Позволяет рассматривать живые и неживые объекты		
Не позволяет рассматривать живые объекты		
Более дешевый и простой в применении		

1	2	3
Более дорогой и сложный в применении и обслуживании (для работы требует обучения, специальных навыков)		
Применяется в условиях средней школы		
В красителях обязательно содержание цветных металлов		
В красителях необязательно содержание цветных металлов		

Анализ

1. Изобразите в виде схемы устройство электронного и светового микроскопа, показав их сходство и различия.

2. Проанализируйте этапы процесса усовершенствования микроскопов. Почему возникла необходимость создать электронный микроскоп? Почему продолжают попытки усовершенствовать световой (оптический) микроскоп?

Синтез

Оцените линейное увеличение органоидов на предложенной микрофотографии. Рассчитайте реальные размеры названных органоидов, указав единицы измерения и параметры – длина, ширина, диаметр (для округлых объектов), а также примерные размеры клетки (длина и ширина).

Оценка

1. Оцените эффективность применения современных электронных, световых и оптических микроскопов.

2. Обсудите следующую научно-популярную статью.

Российские ученые предложили новую конфигурацию наноскопов

В группе немецкого ученого Штефана Хелля (Stefan Hell) из Института биофизической химии научного сообщества Макса Планка (Геттинген) в сотрудничестве с аргентинским ученым Мариано Босси (Mariano Bossi) в 2006 г. был разработан оптический микроскоп под названием «наноскоп», позволяющий преодолевать барьер Аббе¹ и наблюдать объекты размером около



¹ Эрнст Аббе – немецкий физик-оптик, автор формулы $\frac{\lambda}{2n \sin u}$. Эта формула считается настолько знаменитой, что именно ее высекли на памятнике автору.

10 нм (а на 2010 г. и еще меньше), оставаясь в диапазоне видимого излучения, получая при этом высококачественные трехмерные изображения объектов, ранее недоступных для обычной световой и усовершенствованной оптической микроскопии.

Ведутся работы над получением кристаллов нитрида бора с гексагональной решеткой (hBN) из чистых на 99% изотопов бора. Такой материал линз за счет поляритонов, образующихся на поверхности кристалла, позволяет многократно понизить дифракционный предел и достичь разрешений порядка десятков и даже единиц нанометров.

Российские ученые из Томского государственного политехнического университета усовершенствовали наноскоп, используя в нем не микролинзы, как в классической конфигурации, а специальные дифракционные решетки с золотыми пластинками. При получении изображения с такого прибора срабатывают одновременно эффект аномальной амплитудной аподизации, резонанс Фабри – Перо и резонанс Фано. Вместе они и помогают увеличить разрешение, по сравнению с обычной дифракционной решеткой, до $0,3 \lambda$. (Автор статьи – доктор технических наук Игорь Минин).

3. Оцените научные и экономические последствия применения наноскопов – модернизированных оптических микроскопов.

Заключение по разделу «Клеточная биология»

Все органойды клетки подразделяются на группы. В зависимости от выбранного принципа они могут подразделяться по количеству мембран, по содержанию в клетках представителей разных царств эукариот или по особенностям строения. Различать различные органойды на микрофотографиях – одна из целей изучения данного раздела. По внешнему строению, отраженному на микрофотографии, можно отличить ряд органойдов по внешним признакам. Так, например, хлоропласты и митохондрии, как правило, хорошо различимы по выраженным гранам и кристам.

Жгуттики, реснички и клеточный центр также хорошо видны на микрофотографиях как упорядоченные нитчатые структуры, расположенные или близ ядра (центриоли) или выступающие за пределы мембраны клетки (органойды движения), в поперечном разрезе образующие характерную систему с формулой $9+2$. Ядро легко различить по размеру, центральному положению в клетке и внутренним структурам в виде глыбок хроматина и (или) ядрышка.

Вакуоли, лизосомы, пероксисомы и диктиосомы могут быть внешне похожи, все они имеют пузырчатую структуру. Но в стареющих растительных клетках легко опознать вакуоль из-за ее размеров. Видя на-

личие или отсутствие пластид и других характерных органоидов, можно сделать вывод о типах клеток (животные или растительные). По их расположению относительно наружной мембраны и комплекса Гольджи можно делать выводы об иных пузырчатых органоидах.

ЭПС и комплекс Гольджи различаются по размеру, расположению (по всей цитоплазме ЭПС, а не вблизи ядра) и наличию рибосом на шероховатой ЭПС. Рибосомы всегда отражаются на микрофотографиях как точечные структуры. Их размеры зависят не столько от особенностей клеток и строения самих рибосом, сколько от качества микрофотографии.

Несмотря на развитие разных методов цитологических исследований, основным методом изучения строения клеток остается микроскопирование. Световые микроскопы имеют ограниченные длиной световой волны пределы увеличения. Считалось, что разрешающая способность светового микроскопа не превосходит 200 нанометров, или 0,2 мкм. Использование электронного микроскопа, когда через рассматриваемый микрообъект пропускается не свет, а пучок электронов, решило эту проблему. Электронный микроскоп позволяет рассматривать объекты меньше 1 нанометра (0,5–0,2 нм). Недостаток электронного микроскопа – невозможность рассматривать живые объекты, черно-белое изображение, общая сложность и дороговизна как самого микроскопа, так и микропрепаратов. В связи с этим ученые продолжают искать технические решения, позволяющие усовершенствовать как световой, так и электронный (трансмиссионный) микроскопы, в частности снабжая их цифровыми камерами, снимающими микроизображения.

Раздел IX

БИОТЕХНОЛОГИЯ



§ 31. Особенности строения грамположительных и грамотрицательных бактерий

Цель изучения этой темы: сравнить грамположительные и грамотрицательные бактерии.

*Какие организмы относятся к возбудителям инфекций? Каковы особенности строения клеточной оболочки прокариот? Приведите примеры патогенных бактерий. Какие меры профилактики различных инфекций вам известны? Что такое **дезинфекция помещений**? Для чего ее проводят?*



Что нужно повторить для успешного изучения темы? § 8, 62 – учебник для 7 класса; § 1 – учебник для 8 класса; § 51 – учебник для 10 класса.

Изучение бактерий доктором Г. Грамом. Люди всегда искали способы борьбы с разными болезнями. Так действовали первые лекари, использовавшие лекарственные растения для лечения кожных и кишечных инфекций, так поступают и современные врачи, борющиеся с раком кожи и занимающиеся пересадкой сердца. Первые лекари изучали и классифицировали свойства лекарственных растений, чтобы использовать их в медицине. Современные же ученые для лучшего понимания принципов работы и причин воздействия вирусов и бактерий на человеческий организм классифицируют и изучают их свойства.

Датский врач и бактериолог **Ганс Кристиан (Христиан) Грам (1853–1938)** разработал уникальный метод окрашивания микропрепаратов, содержащих бактериальные клетки. Этот метод получил название по фамилии ученого. Его активно применяют в медицине и по сей день. Изучая мир бактерий, доктор Грам использовал фиолетовый краситель. Он выяснил, что часть бактерий при окрашивании приобретает синюю окраску, а остальная часть остается неокрашенной. Разница в реакции бактерий на краситель заключалась в особенностях строения их оболочек. Так Грам классифицировал два типа бактериальных клеток, которые он назвал грамположительными (окрашиваются) и грамотрицательными (не окрашиваются) клетками.



Особенности строения и физиологии грамположительных бактерий. Причиной окрашивания бактериальных клеток стали особенности строения слоев их клеточных стенок. *Грамположительные бактерии* снаружи



Рис. 32. Строение грамположительных бактерий

клеточной мембраны имеют *пептидогликан* – вещество, имеющее ячеистую структуру (рис. 32). Для бактерии пептидогликан очень важен, так как он защищает ее от разрыва в случае сильного внутреннего осмотического давления. Вспомните, как целлюлозная клеточная стенка противостоит внутриклеточному давлению, возникающему из-за большого количества воды, и препятствует разрыву клетки растений.

Пептидогликан занимает 40–90% клеточной оболочки. Это создает дополнительную амортизацию при физическом давлении, также он поддерживает постоянную форму у некоторых бактерий.

Грамположительные бактерии реагируют на красители, потому что пептидогликан, окружающий мембрану клетки, имеет ячеистую структуру. В эти ячейки проникают красители и антибиотики. В современной медицине метод Грама применяется для определения природы возбудителей той или иной болезни. Исследуются, как правило, слюна, выделения из носа или плевральная жидкость. Взятые на анализ бактерии окрашиваются фиолетовым красителем, фиксируются йодом и смываются спиртом. После окрашивания становится понятно, какие возбудители стали причиной болезни. Если это грамположительные бактерии, то они окрашиваются сразу. Если же окрашивания не произошло, то исследования продолжаются. Для определения *грамотрицательных бактерий* используют повторное окрашивание. Чаще всего краситель окрашивает клетки бактерий в красный или розовый цвет. Способность грамотрицательных бактерий не пропускать внутрь клетки жидкий краситель связана с их структурой. Речь о ней пойдет ниже.

Особенности строения и физиологии грамотрицательных бактерий. Снаружи грамотрицательные бактерии также имеют клеточную мембрану и даже пептидогликан (рис. 33). Правда, он намного тоньше, чем



Рис. 33. Строение грамотрицательных бактерий

у грамположительных бактерий и составляет всего 5–10% от общей массы оболочки клетки. Помимо этого в грамотрицательных клетках существует межмембранное пространство, названное *периплазматическим*. В него и погружается пептидогликан. В периплазматическом пространстве находится межклеточная жидкость, которая содержит транспортные белки и гидролитические ферменты, позволяющие клеткам использовать большое разнообразие новых веществ. Снаружи клетку покрывает еще одна *внешняя клеточная оболочка* (мембрана), препятствующая проникновению в клетку антибиотиков, красителей и моющих средств. Именно эта комплексная трехслойная оболочка позволяет бактериям быть устойчивыми к лизоциму (антибактериальному ферменту слюны) и антибиотикам старого поколения.

Справится с грамотрицательными бактериями могут только антибиотики последнего поколения или группы антибиотических средств. Кроме того, при разрушении клеточной мембраны выделяются эндотоксины, которые могут привести к интоксикации организма вплоть до летального исхода.

Значение грамположительных и грамотрицательных бактерий. Этим методом окрашиваются не только болезнетворные бактерии. Было установлено, что почти все фотосинтезирующие и хемобактерии, являющиеся автотрофами, тоже относятся к грамотрицательным бактериям. Также среди грамотрицательных бактерий есть и гетеротрофные паразиты – источник инфекционных заболеваний. Это возбудители тяжелых патологий, таких как менингит, гонорея, сифилис и др.

Почти все виды грамположительных бактерий являются гетеротрофами, использующими дыхание или брожение в качестве основных способов получения энергии. Конечно, не все они возбудители болезней. Так,

например, из неболезнетворных бактерий к грамположительным бактериям относятся лактобактерии, обеспечивающие процесс молочнокислого брожения.

Какие же из возбудителей болезней опаснее для человека? Большое количество болезней вызывается грамположительными бактериями, но в целом лечение проходит обычно легче за счет восприимчивости к антибиотикам. Грамотрицательные бактерии вызывают меньшее количество болезней, чем грамположительные. Поэтому некоторые ученые утверждают, что грамотрицательные бактерии, несмотря на высокий риск негативных последствий от болезней, менее опасны для человека, так как являются возбудителями меньшего числа заболеваний.

Грамположительные и грамотрицательные бактерии, пептидогликан, периплазматическое пространство.



Знание и понимание

1. Объясните, почему важно изучать возбудители инфекций.
2. Как вы понимаете, что такое *окрашивание по Граму*?

Применение

1. Для чего инфекционисты изобретают и применяют различные способы окрашивания микропрепаратов?
2. Заполните таблицу. Сравните грамположительные и грамотрицательные бактерии, отметив знаком × в таблице соответствующий признак.

Признак	Бактерии	
	грамположительные	грамотрицательные
1	2	3
Более тонкая стенка		
Более толстая стенка		
Более пористая стенка		
Непористая стенка		
Оболочка клетки состоит из трех слоев		
Оболочка клетки состоит из двух слоев		
Имеется периплазматическое пространство		
Слой пептидогликана более толстый (40–90%)		

1	2	3
Слой пептидогликана более тонкий (5-10%)		
Окрашивается фиолетовым жидким красителем		
Окрашивается розовым сухим красителем		
Наибольшее количество инфекций		
Немного инфекций, но опасные с невосприимчивостью к антибиотикам, вызывающие интоксикацию организма		
Большинство бактерий гетеротрофы, как болезнетворные, так и бактерии брожения и т. д.		
Есть как автотрофы, так и гетеротрофы		
Устойчивы к лизоциму и традиционным антибиотикам		
Поддаются воздействию лизоцима и традиционных антибиотиков		

Анализ

1. Изобразите в виде схемы строение оболочки клеток у различных типов бактерий.

2. Докажите на примерах, что борьба с болезнетворными грамположительными бактериями в целом должна быть более успешной, чем с грамотрицательными.

Синтез

1. Порассуждайте, почему при анализе жидкостей больного пытаются окрасить и грамотрицательные бактерии. Почему нельзя делать вывод, что «если возбудители не окрасились положительно, следовательно, они отрицательные»?












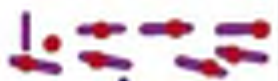







2. Порассуждайте, какой эволюционный путь могли пройти грамположительные и грамотрицательные бактерии. Обсудите следующее высказывание ученых: «У грамотрицательных бактерий присутствует тонкий слой пептидогликана, вероятно, состоящий из одного слоя гликановых нитей. Поэтому он обладает двухмерной структурой, и связующие пептидные мостики располагаются в той же плоскости, что и гликановые цепи. Напротив, у грамположительных бактерий слой пептидогликана гораздо толще и включает несколько слоев гликановых нитей. В этом случае поперечные мостики, вероятно, лежат в разных плоскостях и соединяют нити, находящиеся в одной плоскости с нитями расположенного ниже слоя. Неизвестно,

почему у грамположительных и грамотрицательных бактерий сборка пептидогликана происходит столь разными путями».

Обобщите эти предположения с эволюционных позиций.

Оценка

1. Оцените предложенную на схеме классификацию. Выявите ее достоинства и недостатки.

Грамотрицательные бактерии – красные с тонкой клеточной стенкой	Грамположительные бактерии – сине-фиолетовые с толстой клеточной стенкой
Гонококки 	Стафилококки 
Менингококки 	Стрептококки 
Вейлонеллы 	Пневмококки 
Палочки (<i>Escherichia coli</i> и др.) 	Палочки 
Вибрионы 	Бациллы 
Кампилобактерии Хеликобактерии 	Клостридии 
Спириллы 	Коринебактерии 
Спирохеты 	Микобактерии 
Риккетсии 	Бифидобактерии 
Хламидии 	Актиномицеты 

2. Напишите реферат о любых группах бактерий, указанных на схеме, которые больше всего вас заинтересовали.

§ 32. Понятие «рекомбинантная дезоксирибонуклеиновая кислота»

Цель изучения этой темы: объяснить способы получения рекомбинантных дезоксирибонуклеиновых кислот.

Что такое ДНК? Каковы механизмы ее рекомбинации? Что такое **гомологичная рекомбинация**, **сайт-специфичная рекомбинация** и **незаконная рекомбинация**? Могут ли эти процессы происходить без участия человека или только под его руководством?



Что нужно повторить для успешного изучения темы? § 26 данного учебника.

Понятие о рекомбинантных ДНК (традиционное и новаторское) уже рассматривалось нами в разделе VI. Рекомбинантными считаются такие молекулы ДНК, в которых оказываются химически соединены фрагменты, принадлежавшие ранее разным живым организмам.

Чем современное понятие «рекомбинантные ДНК», используемое в данной теме, отличается от классического понятия о рекомбинации? В классическом понимании рекомбинация – это образование хромосом, т. е. молекул ДНК, в которых произошло комбинирование фрагментов генетического материала организма (или организмов) одного вида. Возможно, что это даже ДНК одного организма. Самый значительный источник комбинации (именно комбинации, а не рекомбинации в контексте данной темы) наследственных признаков в природе – это, конечно, половой процесс. Ведь при половом размножении гарантированно образуются потомки, которые получают наследственный материал двух разных живых организмов – отца и матери. При половом размножении, начиная от конъюгации у бактерий, в одном организме оказываются молекулы ДНК, которые образовались при «сшивании» двух разных молекул ДНК, ранее принадлежавших разным организмам – разным бактериям. Но у бактерий как *прокариот* весь геном представлен кольцевыми молекулами ДНК – *нуклеоидами*. У бактерий нет хромосом, и поэтому их ДНК, возникшую в результате конъюгации, вполне можно было бы назвать и *рекомбинантной*. Это не было бы ошибочным использованием термина. Однако само понятие «рекомбинация», как и термин «конъюгация», неоднозначно и используется в нескольких смыслах и значениях. Использование термина «рекомбинация» в контексте данной темы имеет иной смысл, чем рекомбинантная ДНК бактерий, возникающая в результате конъюгации.

В ходе перекрестного оплодотворения в одном организме оказываются целые хромосомы, т. е. целые молекулы ДНК, которые принадлежали ранее разным организмам, относящимся к одному виду. Если это, конечно, не случайно возникший межвидовой гибрид, вроде мула или лигра. «Но при классическом половом процессе эукариот *рекомбинантные молекулы ДНК* не образуются», – скажете вы. Да, в ходе оплодотворения молекулы ДНК не обмениваются фрагментами, они остаются цельными, принадлежащими или отцу, или матери. В части из этих хромосом будут «работать» доминантные аллельные гены. Их рецессивные аналоги, находящиеся в другой гомологичной хромосоме, будут «отдыхать» при условии, что доминирование полное. При оплодотворении происходит комбинация (или рекомбинация) целых хромосом, а не фрагментов молекул ДНК. Именно комбинация или рекомбинация будут происходить в каждой профазе мейоза I. Как вы помните, обязательным условием окончания мейоза и образования гамет является кроссинговер с предшествующей конъюгацией. В данном случае нельзя пренебречь термином «рекомбинация». В результате кроссинговера образуются именно рекомбинантные молекулы ДНК. Фрагменты, из которых состоят хромосомы после кроссинговера, принадлежат отцовскому и материнскому организмам существа, в теле которого происходил мейоз. Однако можно возразить, что теперь эти хромосомы уже не принадлежат разным организмам отца и матери. Они принадлежат теперь одному организму – их потомку, который достиг половой зрелости, и в его клетках происходит мейоз как основная часть гаметогенеза.

Еще одним природным способом формирования рекомбинантных ДНК являются хромосомные мутации – транслокации, часто скомбинированные с делециями, дупликациями и инверсиями. В результате такого рода мутаций также могут возникнуть рекомбинантные молекулы ДНК, но опять же, как и при конъюгации, они будут принадлежать либо одному организму, либо разным организмам одного вида.

Встраивание генома вируса в геном клетки-хозяина также можно считать путем рекомбинации. Понятно, что такую ДНК нельзя считать полноценно рекомбинантной, если вирус вызвал заражение, и в результате клетка, вместо того чтобы оставить потомство с рекомбинантной ДНК, погибла. Но ведь далеко не всегда вирусы вызывают гибель клеток. В природе известны случаи, когда часть генома, включенная в ДНК клетки-хозяина вирусом, оставалась встроенной и не мешала дальнейшей жизнедеятельности. Роль несмертельных (не литических, а умеренных) вирусных частиц как источника рекомбинации на сегодня плохо изучена и остается во многом спорной.

Менее изученным, редко встречающимся, но доказанно существующим в природе является встраивание в ДНК путем рекомбинации так называемых «мобильных элементов генома» или «подвижных генетических элементов», открытых американским генетиком Барбарой Мак-Клинтон на кукурузе в 1951 г. В 1983 г. это открытие получило Нобелевскую премию.



Современное понятие о рекомбинантных ДНК в рамках изучения данной темы не предполагает ни результатов кроссинговера, ни хромосомных мутаций. Это искусственно созданные человеком «конструкции» молекул ДНК, в которых находятся гены организмов разных видов, обязательно объединенных химически в одну молекулу. Иначе говоря, это создание цельных молекул ДНК, определенные части в которых принадлежат, например животным, а другие части – бактериям или растениям разных видов и т. д.

Рекомбинантные ДНК в современном понимании – это синоним термина «генная модификация организмов» с той только разницей, что понятие «генная модификация» несколько шире. В нее входит процесс создания организмов, в ДНК которых ничего не «вшивали», а только «вырезали», т. е. удаляли нежелательные гены. В этом случае произошло изменение генома, но не его рекомбинация, т. е. из двух или более разных организмов ДНК не скомбинировали. Его скорее «урезали» и этим «модифицировали».

Рекомбинантная ДНК, нуклеотиды.



Знание и понимание

1. Как вы понимаете, что такое *рекомбинантная ДНК* в современном представлении?
2. Как вы понимаете, что такое *генетическая рекомбинация* в классическом представлении (до второй половины XX в.)?

Применение

1. Для чего необходимо изучать рекомбинационные процессы как естественные, так и инициированные человеком?
2. Определите связь между понятиями «рекомбинация молекул ДНК» и «генная модификация организмов».

Анализ

1. Изобразите в виде схемы различные типы рекомбинации генетического материала.

2. Выскажите ваше мнение, благодаря каким открытиям искусственное создание рекомбинантных молекул ДНК стало возможным.

Синтез

1. Порассуждайте, почему не все генно-модифицированные организмы можно назвать рекомбинантными. Какие исключения существуют?

Отметьте знаком X организмы в соответствии с их генетическими характеристиками.

№	Характеристика организмов	Генно-модифицированные ...		Негенно-модифицированные...	
		... и рекомбинантные	..., но нерекомбинантные	... и рекомбинантные	..., но и нерекомбинантные
1	Мул или лошак				
2	Сорт картофеля, ядовит для колорадского жука (с геном почвенной бактерии)				
3	Светящаяся елка с генами медузы				
4	Бактерия после конъюгации				
5	Тритикале – гибрид ржи и пшеницы (создан в конце XIX в.)				
6	Безникотиновый табак (ген никотина удален)				
7	Лично вы				
8	Аскариды-долгожители, у которых удалены группы генов старения				
9	Бактерия без конъюгации				
10	Растения, возникшие при вегетативном размножении				
11	Волкособ				
12	Почкующиеся дрожжи или кишечнорастворимые				
13	Лигр				

2. Оцените реальную ситуацию. Могли ли возникнуть методики и технологии получения организмов животных из культуры соматических клеток до открытий по созданию рекомбинантных ДНК?

Оценка

1. Напишите реферат о применении генно-модифицированных организмов.

2. Обсудите, какое значение имело бы создание «химерных» клеток, если бы были отработаны технологии получения организмов животных из клеточных культур. Оцените положительные и отрицательные стороны таких манипуляций.

§ 33. Способы получения рекомбинантных дезоксирибонуклеиновых кислот

Цель изучения этой темы: объяснить способы получения рекомбинантных дезоксирибонуклеиновых кислот.

Что такое патогенные бактерии?



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

Предыстория создания рекомбинантных, или химерных, клеток и тканей. Созданию рекомбинантных ДНК предшествовал ряд фундаментальных открытий, сделавших этот процесс возможным. В первую очередь хотелось бы отметить чисто теоретические исследования, посвященные созданию химерных клеток и тканей. Первые работы в этом направлении были предприняты в конце 50-х годов XX в. Они не преследовали какой-либо практической цели, тем более не ставилась задача получить от подобных исследований экономический эффект.

Как только появилось оборудование, позволявшее манипулировать с содержимым клеток, ученые начали экспериментировать. Причем эксперименты на яйцеклетках (икринках) лягушек успешно проводились в XIX в. Однако, когда ученые получили возможность с помощью микроигл вводить в соматические клетки чужеродные ядра, началась эпопея по созданию разных видов гибридных клеток. Были созданы клетки, в которых содержались ядра одних организмов, крупные органоиды других, а цитоплазма, мембрана и мелкие органоиды принадлежали третьим. Были созданы клетки, в ядрах которых содержались хромосомы разных существ, например кролика, ежа и мыши, черепахи и кактуса.

Какова же была судьба этих первых «химерных» клеток? Они так никогда и не превратились в «химерные» организмы, возможно, к счастью. Сформированные благодаря экспериментальным манипуляциям культуры клеток и тканей остались по сути бесформенными кучками клеток, культивируемыми на питательных средах в условиях лабораторий в чашках Петри и пробирках. Как говорят, *in vitro*, что в переводе с латинского означает «в стекле». Иными словами, ученым не удалось в ходе этих экспериментов отследить, как вели бы себя гены разных организмов в едином функционирующем сложном теле. Ведь технологии получения «организма» из «культуры соматических клеток» тогда не существовало. По сути удачная методика клонирования животных, т. е. получения целого животного организма из культуры соматических клеток, до сих пор до конца не отработана. Следует понимать, что «клетки в культуре», в отличие от «свежих» соматических клеток, непосредственно извлеченных из живого организма, прошли уже некоторое, возможно, очень большое и не всегда учтенное количество делений. А через определенное количество митозов любые специализированные клетки тела теряют свою специализацию. Они вновь становятся недифференцированными, как и клетки зародыша. Механизмы их генетического «возврата» в сторону формирования специализированных клеток многоклеточного организма очень слабо изучены. Но на фоне продвижения технологий клонирования возможно в этой области будут со временем достигнуты значительные результаты. Пока же успешная на 100% методика получения целого живого организма из культуры соматических клеток отработана только для растений. Об этом речь пойдет в параграфах, посвященных клонированию организмов.

Создание рекомбинантных ДНК началось с изучения ферментов вирусов. С их помощью внутриклеточные генетические паразиты способны «встраивать» небольшой кусочек собственной ДНК в молекулы ДНК клетки хозяина. Были обнаружены ферменты, «разрезающие» и «сшивающие» ДНК. Но этого оказалось недостаточно. Сегодня для внедрения в геном нужна частица, которая будет нести на себе нужный фрагмент ДНК и именно его «вводить» в чужую молекулу. Иначе говоря, была нужна «игла», как в шприце, благодаря которой можно сделать «инъекцию». Фрагмент молекулы, выполняющий роль инъекционной иглы, стали называть *вектором*.

К слову сказать, до изобретения шприцов и капельниц, медицине приходилось проигрывать в борьбе за жизнь даже болезням, считающимся сегодня «слабыми». Так, новорожденные дети массово умирали от дизентерии из-за

обезвоживания организма. Сколько бы воды ни давали больному ребенку, всасывание ее в кишечнике в кровь не происходило. Сейчас эта проблема решается внутривенным введением физиологического раствора или раствора Рингера.

Процесс создания рекомбинантных ДНК в настоящее время включает в себя несколько обязательных этапов (рис. 34). Необходимо понимать, что порядок этих этапов может отличаться в зависимости от регламента работы лаборатории, цели исследования и т. д. Практически все этапы должны выполняться, но порядок их выполнения может существенно отличаться. Рассмотрим один из вариантов.

1. Выявление в определенном *организме-доноре* гена (или группы генов), который необходимо «встроить» в ДНК другого *организма-реципиента*. Часто для этого могут использовать **секвенирование ДНК** (см. § 27).

2. Из всей ДНК *организма-донора* извлекают необходимый ген (или группу генов), разрезая молекулу таким образом, чтобы получить нужный фрагмент.

3. Иногда создаются копии выделенного гена, т. е. его клонируют. Данный процесс будет похож на стандартную репликацию.

4. Подбирают лучший ДНК-вектор, способный не только проникнуть в клетку *реципиентного организма*, но и встроить *донорный ген* в его ДНК.

5. «Вырезают» ДНК-вектор из всего генома организма (чаще всего вируса). Вектором может быть и плаزمид (небольшая кольцевая молекула ДНК бактерий, находящаяся изолированно от основного *нуклеоида*). Разрезают ДНК таким образом, чтобы оставить только *векторную последовательность* без других вирусных или плазмидных генов.

6. Если внедряемый ген клонировали, то клонируют и ДНК-векторы. Если же клонирование пересаживаемого гена не происходило, то и векторы также не клонируются. Чаще всего клонирование проводится, особенно если организмами-донорами являются бактерии, например используемые для производства инсулина человека.

7. Происходит своего рода «сращивание», «встраивание» пересаживаемого от донора гена с вектором. То, что возникает в результате, уже можно назвать *рекомбинантной ДНК*.

8. Подготовленный комплекс «*ген – вектор*» встраивается в геном клетки-реципиента. Это сложная, но хорошо отработанная процедура. Для успешности данных манипуляций используется особый температурный режим (прогревание), добавление реактивов. Часто они содержат микроэлементы, ферменты и вещества – регуляторы роста и генной активности.

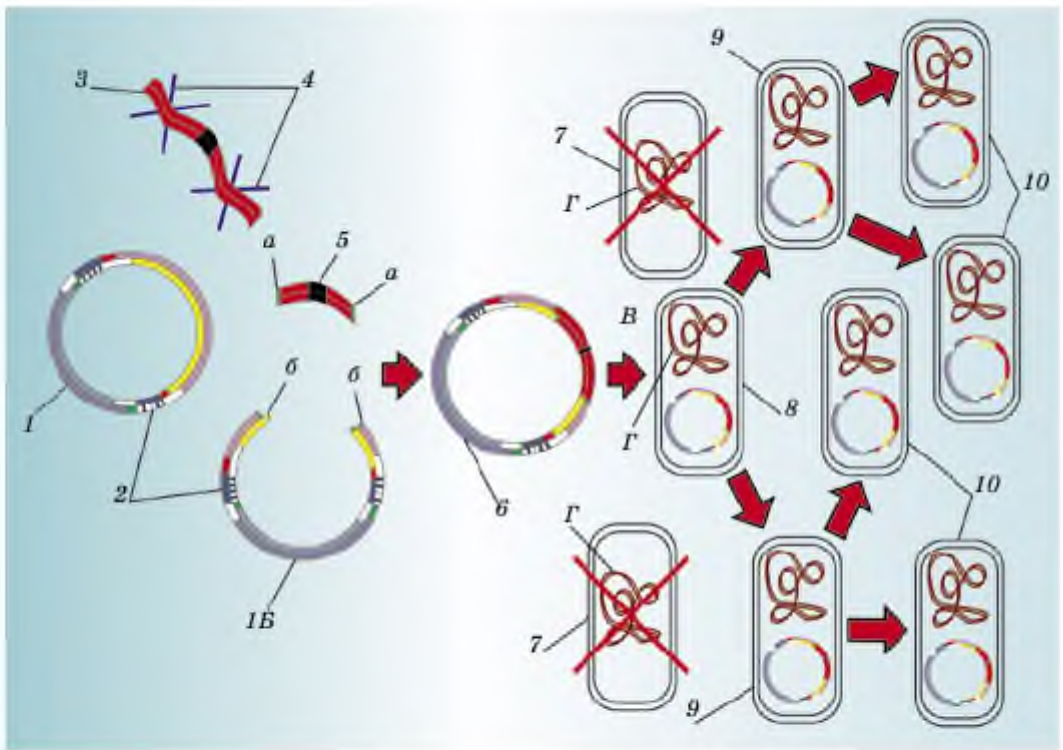


Рис. 34. Процесс создания рекомбинантных ДНК

1 – «вектор» – в данном случае бактериальная плаزمид; 1А – целая, только что извлеченная из клетки;

2 – ген (вероятно, результат мутации), обеспечивающий данному штамму бактерий устойчивость к антибиотикам;

3 – фрагмент ДНК, содержащий необходимый для встраивания ген (например, инсулина человека), который необходимо встроить в другую клетку (например, бактериальную).

4 – «сайты рестрикции» – «вырезание» с помощью ферментов необходимого донорного гена.

5 – донорный ген; 5а – «лишние концы» молекулы ДНК.

1В – «разрезанная» с помощью ферментов плазмид, готовая к «вшиванию» донорного гена; б – ее «липкие концы».

6 – плазмид – вектор с встроеным донорным геном; В – ее помещают в среду с немодифицированными бактериями;

7 – бактериальные клетки; Г – собственная кольцевая ДНК бактерий;

8 – генно-модифицированная бактерия, которая уже «заразилась» плазмидой-вектором. После этого культуру клеток обрабатывают антибиотиком и все немодифицированные бактерии (7) погибают, так как не имеют содержащегося в плазмидах гена устойчивости;

9 – две дочерние генно-модифицированные клетки – результат первого деления исходной материнской клетки, получившей плазмиду;

10 – четыре дочерние генно-модифицированные клетки – результат второго деления двух клеток первого поколения. Многочисленные последующие деления клеточной культуры на схеме не отражены.

Полученные клетки со встроенным чужеродным геном называются *трансгенными*, а весь процесс внедрения фрагмента донорской ДНК – *трансформацией*.

На всех этапах манипуляции с генами используются ферменты. Речь о них в целом и о каждом в отдельности пойдет в следующих параграфах этого раздела (см. § 39).

Химерные клетки, вектор, донорный ген, трансгенные клетки, трансформация.



Знание и понимание

1. Что такое *химерные клетки и ткани*? Почему их создание и исследование считаются первым пунктом на пути к созданию рекомбинантных ДНК?

2. Определите связь между ДНК-вектором и процессом рекомбинации.

Применение

1. Для чего необходимо изучать генетические механизмы вирусов? Как это связано с генетической рекомбинацией?

2. Назовите причины, по которым ученым удалось получить рекомбинантные ДНК. Какие открытия легли в основу этих манипуляций?

Анализ

1. Изобразите в виде схемы этапы генной трансформации организмов.

2. Проанализируйте этапы генной трансформации. Какие из этапов будут обязательными, а какие можно опустить? Можно ли начать процесс с этапа № 4? Какой порядок действий вы предложите в этом случае?

Синтез

Порассуждайте, могли бы все генно-модифицированные организмы называться трансгенными? Какое из выражений будет безусловно верным?

1) *Все генно-модифицированные организмы будут трансгенными, но не все трансгенные будут генно-модифицированными.*

2) *Все трансгенные организмы будут генно-модифицированными, но не все генно-модифицированные будут трансгенными.*

Оценка

1. Напишите реферат о применении рекомбинантных ДНК и трансгенных организмов.

2. Обсудите следующие высказывания:

– *Наука не создает ничего принципиально нового. Она лишь «подсматривает» за тайнами природы и берет их себе в услужение.*

– *Нас (человечество) ожидает беспорный триумф рекомбинантных ДНК.*

ми, грибами (дрожжи, пеницилл) – и с одноклеточными водорослями, чем в работе с растениями и животными. Это существенно повысило продуктивность промышленных микроорганизмов – производителей классических продуктов – путем введения дополнительных генов, увеличения их количества или активности. Вводя в микробную клетку новые гены, удалось изменить питательные потребности микроорганизмов. Так были созданы микробы, помогающие утилизировать некоторые промышленные и бытовые отходы, часть из которых еще и производит полезные вещества (гумус, биогаз). Как уже отмечалось, микроорганизмы «научили» синтезировать несвойственные им вещества и таким образом увеличили разнообразие биотехнологической продукции за счет совершенно новых продуктов клонированных генов. Некоторые белки человека, клонированные в микробной клетке (инсулин, интерфероны, соматотропин, интерлейкины), находят сегодня повсеместное терапевтическое применение.

Трансгенные растения – это растения, которым «пересажены» гены других организмов.

К концу 1980-х годов путем внедрения новых генов удалось создать растения табака со светящимися листьями, томаты, легко переносящие заморозки, кукурузу, устойчивую к воздействию пестицидов. В целях получения растений, устойчивых к вирусам, в их клетки стали вводить гены белка оболочки вируса. Так были получены *трансгенные растения*, способные противостоять воздействию более десятка различных вирусных инфекций.

При защите растений от насекомых-вредителей применение инсектицидов не вполне эффективно, во-первых, из-за их токсичности, во-вторых, потому что инсектициды смываются с растений дождевой водой. Трансгенные же растения картофеля и томатов стали устойчивы к непобедимому до этого колорадскому жуку, а растения хлопчатника – к разным насекомым, в том числе к хлопковой совке.

Картофель, устойчивый к колорадскому жуку, был создан путем введения гена, выделенного из генома почвенной тюрингской бациллы, вырабатывающей особый белок. В кишечнике насекомых этот белок растворяется и активируется до истинного токсина, губительно действующего на личинок и имаго насекомых. У человека и других теплокровных животных подобная трансформация невозможна, и, соответственно, этот белок для человека нетоксичен и безопасен. Опрыскивание спорами этой бациллы использовалось для защиты растений и до получения первого трансгенного растения, но мера эта была недейственной. Сейчас существенно повысилась результативность защиты, а также экономическая эффективность, потому что растение само начало продуцировать защитный белок.

Список растений, к которым успешно применены методы генной инженерии, включает яблоню, сливу, виноград, капусту, баклажаны, огурцы, пшеницу, сою, рис, рожь и многие другие. От обычных они отличаются тем, что в их ДНК внедряются гены других растений или иных организмов. Трансгенные растения отличаются высокой урожайностью, они устойчивы к погодным условиям (жара, засуха, дожди) и действию пестицидов, которыми на полях уничтожают сорняки. Встраивая в ДНК растения тот или иной инородный ген, можно получить сорт с заранее заданными свойствами. Но ни один ученый не может с уверенностью сказать, повредит ли это людям, употребляющим в пищу такие растения. Ведь белки, входящие в состав генетически модифицированных продуктов, могут принадлежать как бактериям, так и несъедобным или ядовитым растениям. Они неизвестны нашему организму, и у него может не оказаться ферментов и механизмов их утилизации. Одни считают, что такие продукты не только безопасны, но и полезны, другие говорят о скрытой в них угрозе человеческому существованию. Трансгенные продукты не превратят людей в мутантов, но могут спровоцировать у потомков не встречавшиеся ранее нарушения. Хотя вопрос о безопасности трансгенных продуктов остается открытым, ряд стран объявил о моратории на их ввоз. В некоторых странах, например в России, существует запрет на их выращивание, в других – обязательна маркировка на этикетках о наличии генетически модифицированных компонентов в составе продуктов.

Трансгенные животные. В качестве объектов чаще всего используются свиньи. Японские генные инженеры ввели в геном свиней ген шпината, который производит фермент, способный преобразовывать жирные насыщенные кислоты в линолевую ненасыщенную жирную кислоту. У модифицированных свиней на 1/5 больше ненасыщенных жирных кислот, чем у обычных. Это впервые позволило получить «диетическую» свинину.

Другое направление работы – это генная модификация свиньи как донора человеческих органов. Группа исследователей из Национального университета Тайваня путем введения в ДНК эмбриона гена зеленого флуоресцентного белка, позаимствованного у флуоресцирующей медузы, вывела светящихся свиней, чтобы иметь возможность визуально наблюдать за развитием тканей при пересадке стволовых клеток.

Также интересны модификации молочных пород животных с введенными в их геном генов, необходимых человеку (рис. 35).

За последние несколько десятилетий ученые создали методы, благодаря которым отдельные клетки тканей растения или животного можно заставить расти и размножаться отдельно от организма, как клетки бактерий. Такие культуры клеток используют для экспериментов и промышленного получения некоторых веществ, произвести которые с помощью бактериальных культур невозможно. Однако здесь есть свои трудности. Например, неспособность животных клеток делиться в культуре бесконеч-

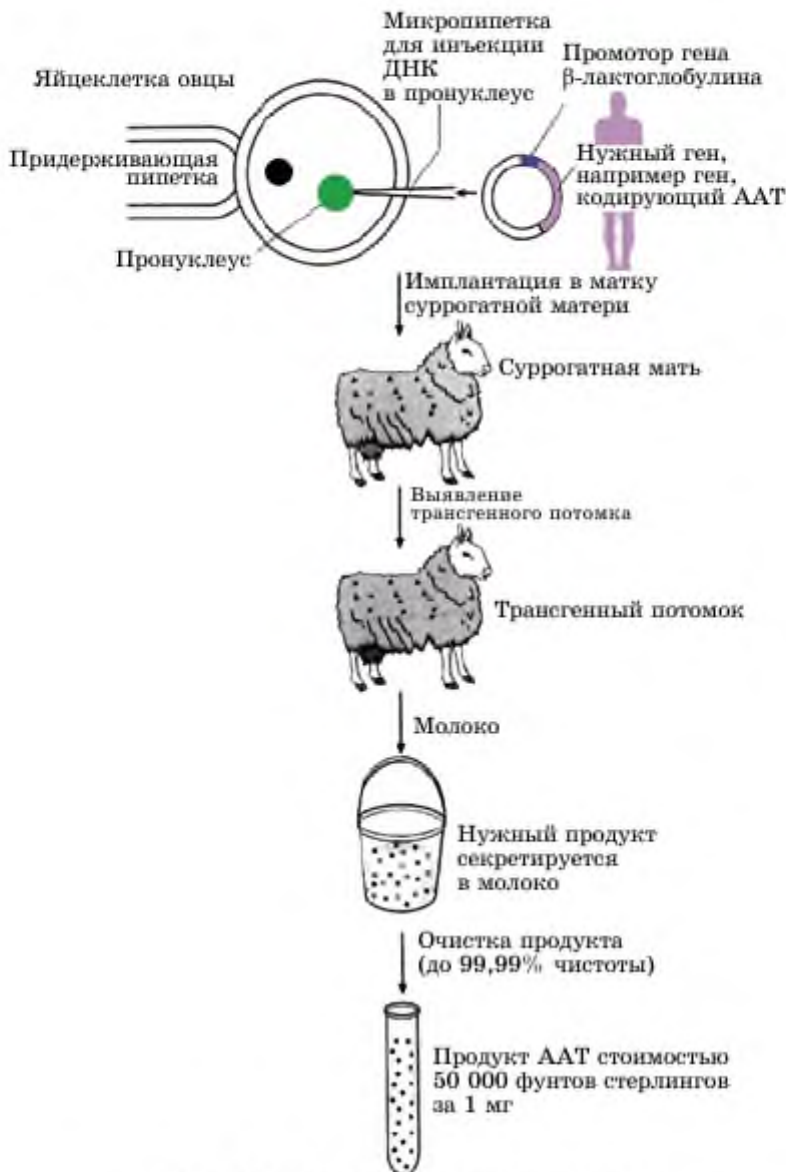


Рис. 35. Генная модификация овцы

Примечание: ААТ (альфа-антитрипсин) – важный белок, вырабатываемый организмом человека и необходимый для успешной регенерации ряда органов (печень, легкие и др.) после болезни

ное число раз, как это происходит с бактериями. Кроме того, получать и выращивать культуры животных клеток труднее, чем бактериальные. На сегодня (пока!) не существует методов, обеспечивающих «выращива-

ние» из культуры клеток животных не только целых полноценных организмов, но даже сложных органов, таких, например, как сердце, почки, легкие. Но наука не стоит на месте. Уже сейчас ученые обладают методиками выращивания из стволовых клеток хрусталика глаза, человеческого зуба или кожи, пригодной для пересадки. Это можно считать методами «клонирования» органов. Но такая методика для растений давно и хорошо отработана (практически с 60-х годов XX в.).

Генная инженерия, промышленная микробиология, трансгенные растения, трансгенные животные.



Знание и понимание

1. Объясните, необходимо ли длительно и тщательно испытывать «творения» генной инженерии, прежде чем запускать их в производство.
2. Как вы понимаете, для чего изобретают и применяют трансгенные растения?

Применение

1. Приведите примеры генетических модификаций бактериальных клеток, принесшие экологическую пользу.
2. Сравните, какие группы живых организмов в генной инженерии меньше всего подвергаются модификации. Назовите причины, по которым это происходит.

Анализ

1. Докажите на примерах, как генная инженерия бактерий помогает медицине (мира или Казахстана).
2. Выскажите ваше мнение о причинах, почему бактериальные клетки являются самыми используемыми организмами в трансгенной инженерии.

Синтез

1. Порассуждайте, почему трансгенная инженерия может быть опасна как для организма отдельного человека, так и для человечества как социального сообщества.
2. Смоделируйте ситуацию: «В ближайшем будущем благодаря генной инженерии станет возможно из клеток организма конкретных людей выращивать для них запасные органы».

Оценка

1. Обсудите следующие высказывания:
 - Генная модификация организмов несет потенциальную угрозу человечеству. Ее последствия могут оказаться непредсказуемыми, а понимание масштабов угрозы может быть осознано слишком поздно.
 - Благодаря использованию генно-модифицированных организмов человечество решит множество проблем, в том числе и проблему утилизации всех видов как хозяйственных, так и промышленных отходов.
2. Оцените экономические и экологические последствия применения генно-модифицированных, в том числе трансгенных организмов.

§ 35. Понятие «клонирование»

Цель изучения этой темы: объяснить понятие «клонирование организмов».

Что такое **вегетативное размножение у растений**? Что такое **почкование, фрагментация (стробилиция)**? Для каких организмов характерны такие способы размножения? Как возникают **однойцовые близнецы**? Как можно охарактеризовать генетически потомков, возникших в результате описанных выше способов размножения? Что вам известно о **клонировании**? Что вы знаете об овечке Долли?



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

Клонирование как биологическое понятие имеет несколько определений. Наиболее общим можно считать следующее определение клонирования: «**Процесс появления нескольких генетически идентичных организмов**». При этом, каким путем появились эти генетически идентичные организмы, не уточняется. Современный человек без биологического образования под клонированием, скорее всего, представляет процесс создания целого организма животного из клеток тела его «прародителя». Тем не менее в биологии понятие «клонирование» гораздо шире. Особенно это заметно, когда биологи пользуются понятием «клон», подразумевая результат клонирования.

Молекулярное клонирование – это создание копий наследственного материала – ДНК, РНК или их фрагментов – отдельных генов. Эти процессы сходны с репликацией или транскрипцией. Как вы помните, перед созданием рекомбинантных ДНК одной из необязательных манипуляций является клонирование генов – многократное создание копий гена. Также можно сказать, что после заражения клетки вирусом происходит многократное клонирование генома вируса.

Клонирование бактерий или иных **микроорганизмов** – это результат бесполого размножения клеток. Для эукариот это результат митоза, для прокариот – простое деление перетяжкой. Причем именно митоз как гарантию получения генетически однородного потомства одной иммунной клетки ученые используют в лабораториях при создании **моноклональных антител**. (Речь о них пойдет далее, § 46 и 47.) Всегда ли потомство, полученное при бесполом размножении одноклеточных, будет считаться клоновым? Это будет происходить до тех пор, пока мутационный процесс не сделает потомков генетически не идентичными родительским особям (клеткам).

Клонирование растений при вегетативном размножении – один из самых древних способов клонирования, успешно применяемых человеком в своих целях. Как вы помните, если от растения отделить любой вегетативный орган (корень, стебель, лист) или его часть, а затем вырастить из него новый организм, то в результате возникнут генетически идентичные организмы, или *клоны*. Первое применение термина «клон» касалось именно растений, полученных таким способом. В селекции задолго до современных методов использовался термин «**клоновый отбор**». Это был метод, выполнявший те же функции, что и близнецовый метод в генетике человека. Благодаря данному методу выяснялось, как воздействуют на организм разные условия окружающей среды. Так, срезав с одного растения смородины 20 веточек (черенков), можно получить 20 одинаковых потомков. Если посадить их в одинаковые условия и при этом «подкармливать» разными удобрениями, то вполне можно сделать вывод о качестве удобрений, оценивая состояние исследуемых растений. Это касается не только удобрений, но и любых других условий: режима полива и (или) освещенности, состояния почвы, роли агромероприятий (рыхления, обрезки) и т. д.

Разница между клоновыми растениями также будет определяться только мутационной изменчивостью.

Любопытно, что еще Чарльз Дарвин заметил, что на одном высшем растении (плодовом дереве или кустарнике) может образоваться побег (ветка), значительно отличающийся от всего растения. Так как он верно предполагал, что «эти изменения произошли в почке, из которой развивался побег», Дарвин назвал это явление *почковой изменчивостью*. Это не что иное, как *соматическая мутация*, мутация в клетке тела, при размножении которой возникает группа клеток (ткань), несущая в себе мутантные свойства. Следовательно, у вегетативно размножаемых растений может образоваться орган – побег, развивающийся из почки. Можно срезать такой побег и, посадив его, мы получим целый мутантный организм.

Чаще всего клонирование у растений применяли для размножения наилучших растений, а не с целью ставить эксперименты.

Сейчас с появлением методов клеточных и тканевых культур клонирование проводят без участия вегетативного размножения. Подробнее о современном методе клонирования растений речь пойдет в следующем параграфе.

Клонирование как естественный процесс характерно не только для некоторых представителей царства грибов и растений, но и для отдельных видов многоклеточных беспозвоночных животных. Речь об этом пойдет в § 37–38.

Клонирование в современном понимании – это процесс получения целого взрослого организма из соматической клетки тела другого (материнского) организма.

В 1997 г. в Шотландии под руководством доктора **И. Уилмута** впервые сумели произвести клон овцы по кличке Долли, точную копию ее генетической матери (рис. 36). Это было первое млекопитающее, успешно клонированное из клетки другой взрослой особи. Была использована клетка вымени самки овцы.

Технология клонирования других млекопитающих до конца не отработана, хотя исследования с тех пор ведутся постоянно. Однако уже сегодня есть методы, позволяющие с большой долей уверенности говорить, что в основном вопрос технологии решен. Опасения вызывают такие моменты, как большой процент неудач при клонировании и связанные с этим возможности появления неполноценных организмов, а также вопросы клонирования человека, отцовства, материнства, наследования, брака и т. д. Ведь, как вы понимаете, соматическая клетка, «запущенная» для размножения как первая клетка зародыша, все равно должна развиваться в организме самки, которая будет ее вынашивать и производить на свет, генетически не являясь матерью. Подробнее речь об этом пойдет в параграфах, посвященных ЭКО.

С точки зрения основных мировых религий (иудаизм, христианство, ислам) клонирование человека является или проблематичным актом, или актом, выходящим за рамки вероучения и требующим у богословов четкого обоснования той или иной позиции религиозных иерархов. В большинстве государств использование данных технологий применительно к человеку официально запрещено. Эти запреты, однако, не означают намерения законодателей воздерживаться от клонирования человека в будущем после детального изучения молекулярных механизмов взаимодействия цитоплазмы ооцита-реципиента и ядра соматической клетки донора, а также совершенствования самой техники клонирования.



Рис. 36. Клонирование с применением биотехнологии. Овечка (*слева*), развившаяся из клетки молочной железы, взятой от овцы беломордой породы и трансплантированной в овцу черномордой породы (*справа*) [Wilmuteetal., 1997]



Знание и понимание

1. Что такое *клонирование*?

2. Опишите самый древний способ клонирования растений, освоенный человеком.

Применение

1. Для чего применяют *клоновый отбор*? Актуален ли данный метод в современной селекции и сельскохозяйственном производстве?

2. Назовите причины, по которым необходимо молекулярное клонирование. Как могут быть связаны процессы создания рекомбинантных бактериальных клеток, клонирования генов и использование моноклональных антител?

Анализ

1. Проанализируйте этапы изменений, происходящих в клетках при заражении вирусом, и процессы в период клонирования. В чем сходство этих процессов, а в чем различия?

2. Выскажите ваше мнение, почему клонирование, будучи изученным и проверенным методом, не используется широко и повсеместно.

Синтез

1. Порассуждайте, можно ли сказать, что все на сегодня существующие бактерии – клоны первых прокариот – первых настоящих живых организмов, возникших естественным путем (предположительно 3,5–4 млрд лет назад).

2. Оцените реальную ситуацию.

Методы клеточной инженерии, связанные с культивированием отдельных клеток растений и животных в питательных средах, позволили выяснить, что клетки, помещенные в питательную среду, содержащую все необходимые для жизнедеятельности вещества, способны делиться. Но клетки растений обладают еще и свойством тотипотентности (!), т. е. при определенных условиях они способны развиться до полноценного растения. Клетки животных, выращенные в пробирках до клеточных культур, – нет.

Оценка

1. Обсудите и оцените следующие события, приведенные в хронологическом порядке.

1) *Первый значимый шаг на пути клонирования млекопитающих был сделан в 1987 г. В Институте биофизики клетки в подмосковном Пущине под руководством Л. Чайлахяна была клонирована мышка Машка. Ее получили из клеток эмбрионов на ранних стадиях развития. Еще до овечки Долли в Рослинском институте Яном Вилмутом были получены овечки Меган и Мораг по аналогичной технологии, использованной для получения мышки Машки.*

2) В США наивысшего достижения добились в 1997 г., когда родился первый теленок по кличке Ген, полученный от клонирования особых эмбриональных клеток.

3) Начало 2000 г. поразило мировую общественность обилием сенсаций в области клонирования и биологии развития. Так, группе ученых под руководством Геральда Шаттена из Орегонского университета (Health Sciences University) в Портленде (США) удалось клонировать резус макаку Тетру. Целый организм был выращен из одной клетки тетрабластомера – ранней стадии развития зародыша, когда зигота успела поделиться митозом дважды и образовала четыре бластомера. Один из них и дал начало организму Тетры.

2. Оцените, можно ли считать перечисленные выше достижения полноценным клонированием животных (примата макаки, впоследствии и человека). Ответьте «ДА» или «НЕТ» и приведите аргументы в пользу выбранной вами позиции.

§ 36. Способы клонирования организмов растений

Цель изучения этой темы: объяснить способы клонирования организмов растений.

Что такое культура клеток и тканей? Что такое меристемы? В результате чего от пня срубленного дерева начинают расти молодые побеги – поросль? Что вы помните о раневых меристемах и спящих почках?



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

Особенности растений как объектов клонирования. В качестве объектов клонирования более всего подходят растения. Как вы уже поняли, клонировать растения можно традиционным способом, размножая их вегетативно. Именно поэтому организмы растений легко поддаются современным методам клонирования через выращивание целого растительного организма из культуры клеток и тканей. Дело в том, что в телах растений всегда сохраняется некоторое количество клеток *образовательной ткани*, которые, являясь клетками тела (соматическими), функционально похожи на клетки зародыша. Это так называемые *меристемы*. Причем меристематические клетки не только обладают высокой способностью к размножению, их генетическая программа не исключает дифференциацию в разнообразные утраченные ткани и органы.

Наверняка вам приходилось видеть, как на пне взрослого спиленного дерева начинают пробиваться молодые побеги – поросль. Ведь если бы взрослое дерево не спилили, а дали ему дожить до старости и умереть естественной смертью, то никакие молодые ветви в основании старого ствола не появились бы. Так откуда они взялись? В организме растений сохраняются так называемые придаточные почки, раневые меристемы и другие элементы, состоящие из клеток, потенциально способных образовывать новые части растений взамен утраченных.

Методы клеточной инженерии связаны с культивированием отдельных клеток в питательных средах. Оказалось, что клетки растений и животных, помещенные в питательную среду, содержащую все необходимые для жизнедеятельности вещества, способны быстро и хорошо делиться. Клетки растений и животных обладают свойством *тотипотентности* – способности синтезировать все белки, необходимые для жизнедеятельности. Однако именно клетки растений, в отличие от животных, обладают *высокой тотипотентностью*, т. е. при определенных условиях они способны развиться до полноценного растения.

Рассмотрим разные способы выращивания клонированных растений методами биотехнологии.

Микрочеренкование как выращивание растений из почек. Существует несколько широко распространенных методов, когда в стерильных лабораторных условиях, с использованием специального оборудования, питательных сред, антибиотиков, факторов роста (фитогормонов) и т. п. ученые получают *микрочеренки* из образовавшихся почек. В этой методике нет стадии *культуры клеток* (массы клеток, полученных при размножении вне организма растения *in vitro*). По сути этот способ клонирования почти не отличается от обычного вегетативного размножения. Фактически это традиционный процесс деления организма растений на части, только с применением более качественных лабораторных условий и манипуляций. Чаще всего используют фрагменты молодых побегов (стеблей), содержащие как минимум одну почку, из которой и разовьется молодое растение. Нам не хотелось бы рассматривать этот метод подробнее, так как он является наиболее архаичным, хотя и усовершенствованным по сравнению с технологиями, которыми люди пользовались еще с доисторических времен.

Получение каллуса. Это один из современных и часто используемых методов клонирования растений. Для этого берут, например, клубни картофеля с растущими «глазками». Отделяют этот зачаточный побег. Проводят его *стерилизацию*. Вообще стерильность – одно из важнейших условий, обязательно соблюдаемое при клонировании растений. Для этого

используют спирт, хлорсодержащие препараты, щелочи и другие дезинфицирующие средства.

Сейчас уже в совершенстве отработаны методики дезинфекции тех частей растения, из которых будут извлекать клетки для процесса клонирования. Причем это не обязательно вегетативные органы. В практике используются также семена, из которых извлекают зародышевые клетки. Хотя это не вполне подходит под классическое определение клонирования. Однако такая формальность не мешает ученым использовать клетки генеративных органов растений и их зародышей для получения наилучших сортов.

Из стерильного побега в специальном устройстве с использованием микроскопа специальными микроиглами срезают необходимые клетки. Это могут быть клетки изолированной верхушечной меристемы, так называемый *конус нарастания*, либо клетки меристемы между зачаточными листьями. Ученые заметили потрясающий факт: клетки, взятые из почечных меристем, не содержат вирусов. Полученные из таких клеток растения тоже будут полностью безвирусными. Этапы и варианты клонирования растения показаны на рис. 37.

Неверно думать, что для культуры клеток используются только меристематические клетки. Существует хорошо отработанная технология клонирования клеток корнеплода моркови. Морковь дезинфицируют, разрезают вдоль, разделяют на крупные сегменты, которые затем повторно дезинфицируют, вырезают более мелкие сегменты и сажают их на питательные среды. Все манипуляции проводят в стерильных условиях.

После извлечения из растения выбранные клетки переносятся на питательную среду и выращиваются в стерильных условиях. В этой среде есть не только все необходимые вещества и микроэлементы, но и стимулирующие фитогормоны. Важнейшими фитогормонами в этом производстве являются ауксин и цитокинин. Например, для картофеля на первых этапах выращивания используют синтетический цитокинин.

Фитогормоны применяются в этих манипуляциях постоянно. Так, например, для процедуры «выгона» почки применяют смеси из цитокининов и ауксинов в разных соотношениях (от 10:1 до 100:1 в зависимости от использованного материала). Что такое «выгон» почки? В лабораторных условиях любой орган растения заставляют давать листики, стебелечки, побег и, соответственно, со временем целое растение. Экспериментально доказано, что из изолированного зародыша, стебля, листа, части корня, донца любых луковок или из их чешуй, семядолей и даже зачаточных соцветий, находящихся в бутоне генеративной почки, можно получить побеги с почками.

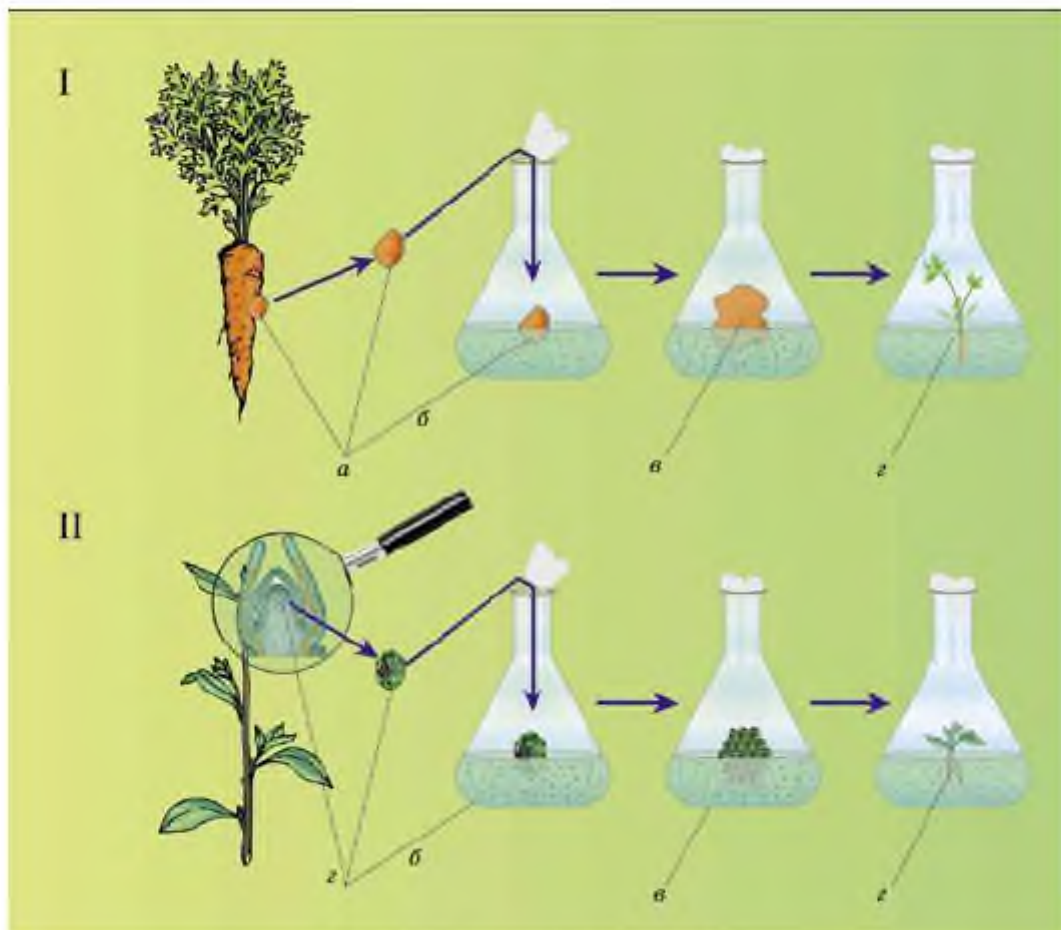


Рис. 37. Клонирование растений

I – клонирование растения из ткани корнеплода моркови;

II – клонирование растения из безвирусных меристематических клеток верхушечной почки;

а – забор клеточного материала (в стерильных условиях, исключая попадание иных микроорганизмов);

б – помещение отобранных клеток на питательную среду (все необходимые витамины, микроэлементы, стимуляторы роста);

в – рост массы клеток – получение каллуса (когда масса клеток станет достаточной, она подвергнется обработке фитогормонами);

г – «выгон» из каллуса целого организма растения. Это результат действия фитогормонов и зачастую выдерживание определенного температурного режима, режима освещенности, изменения состава питательных сред.

У растения II клетки точно будут безвирусными, у растения I – это не гарантировано.

Очень важны условия, в которых выращивается культура клеток: поддерживается постоянная температура (чаще всего 25°C , $\pm 2^{\circ}\text{C}$), влажность воздуха 70%, освещенность 5 люкс (Лх), 16 ч в сутки. Конечно, все эти условия могут несколько отличаться у разных клеточных культур в зависимости от вида растений и конечной цели. В данном случае мы приводим показатели условий для выращивания картофеля. Они же являются широко распространенными и часто применяемыми.

В среднем с момента помещения клеток на питательную среду до появления проростков с 5–6 листочками проходит 30–45 дней. Вначале клетки просто начинают размножаться на питательной среде. Образуется так называемый *каллус* – группа недифференцированных клеток (клеточная каша). Каллус образуется не только в условиях лаборатории. Он может образоваться в местах повреждения растений как временная ткань для заживления. Возможно вам приходилось видеть, как у крупных взрослых деревьев вокруг обломленных ветвей образуется сероватая бесформенная масса, по текстуре похожая на рыхлую манную кашу. Это каллус.

Именно из каллуса образуются новые почки, из которых разовьется побег. Для некоторых растений процесс выхода почки может длиться до 8 месяцев. У некоторых видов почки никогда сами не образуются из каллуса и их необходимо стимулировать активными веществами (фитогормонами или другими). Понятно, что за столь длительное время питательная среда истощается. Поэтому по мере необходимости производят пересадку клеточных культур на новые питательные среды или вносят в среду недостающие вещества. При этом также соблюдается стерильность. Питательные среды могут быть жидкими или гелеобразными на основе агар-агара.

Объект клонирования, клеточная инженерия, тотипотентность, каллус, микрочеренкование.



Знание и понимание

1. Объясните, почему важно проводить клонирование растений.
2. Опишите все виды клонирования, применяемые для растений. Каковы их особенности?

Применение

1. Сравните, чем клоны растений, созданные искусственным путем через культуры клеток, отличаются от естественных клонов, созданных путем вегетативного размножения.
2. Назовите причины, по которым применение генеративных и зародышевых клеток при клонировании растений не считается клонированием в полной мере.

Анализ

1. Изобразите в виде схемы и опишите все этапы и условия выращивания любых растений с использованием каллуса.

2. Ученые выяснили, что взятые из меристемы почки клетки не содержат вирусов. Из них могут вырасти растения, которые также не будут содержать в клетках вирусные частицы. Какие выводы можно сделать, проанализировав этот факт?

Синтез

1. Порассуждайте, почему при помещении любых клеток растений в питательную среду они способны вырасти в самостоятельный организм. Почему это не происходит с клетками животных?

2. Порассуждайте, совершили ли люди прорыв в клонировании, когда смогли клонировать растительные организмы. Ответ обоснуйте.

Оценка

1. Обсудите и оцените селекционные, экономические и иные последствия применения клонирования растений, зная следующий факт.

Из ограниченного числа исходных меристемных растений за несколько месяцев можно получить большое количество безвирусного посадочного материала (за полгода – 30 000). При этом за каждый цикл черенкования оно возрастает в 4–5 раз. По мнению многих исследователей, способы размножения на основе снятия апикального доминирования – удаления верхушечной почки, в результате которого происходит интенсивное формирование боковых почек (побегов), имеют минимальную степень риска в отношении получения неоднородного потомства. Частота появления мутантных форм (в расчете на число новых организмов) здесь не превышает частоту появления таковых при размножении растений обычными вегетативными методами.

Данный способ получает все большее распространение в практике. Он универсален и отличается относительно высокой воспроизводимостью полученных результатов (количество генетически однородных потомков).

§ 37–38. Способы клонирования организмов животных

Цель изучения этой темы: объяснить способы клонирования организмов животных.

Что такое **почкование**, **фрагментация (стробилиция)**? Для каких организмов характерны такие способы размножения? Как происходит оплодотворение у лягушек? Где развиваются оплодотворенные яйцеклетки? Что такое **потипотентность**? Обладают ли ею соматические клетки животных организмов? Что такое **дробление** с точки зрения эмбриологии?



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

Природные способы клонирования животных. Как вы помните, в природе существуют естественные способы клонирования животных при бесполом размножении. Это *почкование*, *фрагментация*, или *стробилиция*.

Почкование характерно для кишечнополостных гидроидных (гидра) или сцифоидных (полип ушной медузы) полипов. Также почкуются и одноклеточные грибы – дрожжи. При почковании на теле взрослого (многоклеточного) организма обособляются соматические клетки, которые начинают размножаться быстрее, чем окружающие их клетки. Через короткое время они образуют «узелок» или «пузырек», состоящий из быстро делящихся клеток. Это будущая «почка». Постепенно увеличиваясь, возникшая «почка» приобретает черты, характерные для взрослого организма этого вида. Так у гидр появляются щупальца и прорывается ротовое отверстие, ведущее в гастральную полость. Когда дочерний организм становится достаточно большим, он «отпочковывается», т. е. отделяется от материнского и переходит к самостоятельному образу жизни.

Фрагментация, или *стробилиция*, характерна для таких беспозвоночных животных, как плоские (планарии) и кольчатые (нереиды) черви, иглокожие (морские звезды) и некоторые другие. При этом способе размножения взрослая особь «готовится» к разделению таким образом, чтобы в каждой части тела сформировались органы и ткани, обеспечивающие жизнь. Затем тело целого организма распадается на части, каждая из которых становится самостоятельным существом. Так у разных видов червей может происходить поперечное деление от 2 до 16 (!) частей. Тело полипа у ушной медузы тоже распадается на большое число поперечных плоских фрагментов, называемых *эфирами*. После интенсивного деления клеток организма эфиры наращивают купол и превращаются в молодую медузу.

Следует, однако, помнить, что позвоночные животные никогда не размножаются способами, похожими на вегетативное размножение растений. Следовательно, в естественных биологических условиях у позвоночных не могут формироваться *клоны*.

Вегетативное размножение, характерное для растений, также не редкость и у представителей царства грибов. Ситуация, когда грибы размножаются кусочками тела или слоевища, возможна у многих видов грибов (плесневых, паразитических и др.). Таким способом размножаются и симбиотические организмы, в составе которых есть клетки грибов и (или) низших растений, и (или) бактерий. Это лишайники, чайный гриб (организм, с помощью которого получают популярные в некоторых странах напитки).

Современные методы клонирования животных организмов берут свое начало не с клонирования в 1996 г. овечки Долли, а с 1962 г. Именно тогда профессор зоологии Оксфордского университета Джон Гордон (Гёрдон) впервые клонировал позвоночное животное – лягушку. Была взята яйцеклетка лягушки – икринка. Ее ядро было разрушено дозированным воздействием ультрафиолетового излучения. Затем с помощью микроиглы в её цитоплазму было введено ядро соматической клетки. Небольшое воздействие на оболочку этой, ставшей диплоидной, клетки привело к тому, что она начала *дробиться*. В результате эмбриогенеза из такой «конструкции», содержащей соматическое ядро и протопласт яйцеклетки, развился полноценный организм лягушки. Это и был первый процесс искусственного клонирования высшего (позвоночного) животного организма.

Следует отметить, что лягушки, как и другие земноводные, представляют собой идеальный объект для манипуляций с яйцеклетками. Начнем с того, что они «открыты», т. е. не находятся ни под оболочками, ни в яйце, ни в теле самки. Именно по этой причине икринки земноводных были широко использованы для экспериментов по эмбриологии в XIX–XX вв. Более того, сама икра легко переходит в состояние дробления. Достаточно было проколоть оболочку гаплоидной неоплодотворенной яйцеклетки лягушки стерильной микроиглой, и она переходила к быстрому митозу, т. е. начинала *дробиться*. Но нужно сказать, что гаплоидного набора хромосом явно не хватало для формирования нормального организма, и поэтому из такого неполноценного зародыша организм обычной здоровой лягушки ни разу не сформировался. Такой «зародыш» всегда погибал (на разных стадиях эмбрионального развития).

Что доказали эксперименты Гордона? Самое важное, экспериментально было подтверждено, что *тотипотентность* характерна как для соматических растительных клеток, так и для животных. Ученые, занимавшиеся данными вопросами, всегда были уверены в следующих положениях:

1) в диплоидных соматических клетках организмов всех животных (включая высших млекопитающих и человека) содержатся все необходимые компоненты наследственности;

2) имеющиеся в соматических клетках животных наследственные компоненты могут полностью обеспечить развитие полноценного взрослого организма;

3) теоретически из одной клетки тела (соматической) можно клонировать организм любого животного, в том числе и высшего.

Все эти теоретические положения после работ Гордона и других исследователей получили практическое экспериментальное подтверждение.

Как клонировали Долли: история рождения и жизни самой знаменитой овцы. Как вам известно из заданий к § 35, до овечки Долли были по-

лучены мышка Машка и овцы Меган и Морган. Почему же их появление не стало такой сенсацией, как появление Долли? Дело в том, что для выращивания «предшественников» Долли были использованы клетки (или ядра) эмбриона, а не соматические клетки.

Что же касается процесса первого, признанного настоящим, акта клонирования животных, произведенного в 1996 г., то для этого использовалось целых три овцы (рис. 38).

Генетической матерью Долли стало животное из породы беломордых овец, выведенных в Англии. К моменту эксперимента по клонированию она умерла. Из ее организма были взяты клетки вымени. Причем ученые извлекли сразу большое количество клеток, часть из которых была подвергнута криоконсервации. Клетку, из которой впоследствии появится Долли, поместили в стерильные лабораторные условия, на питательную среду.

Второй овцой, задействованной в эксперименте, стало животное другой породы, с черной мордой. У этой черномордой овцы была извлечена яйцеклетка. Затем исследователи с помощью микроиглы удалили из яйцеклетки ядро. Так женская гамета стала безъядерной клеткой, содержащей цитоплазму и все органоиды зрелого яйца. После этого ученые произвели слияние клетки молочной железы и подготовленного *ооцита*. Причем, чтобы успешно осуществить процедуру слияния двух этих клеток, применили метод *электропорации* (воздействие электричеством), позволяющий «раздвинуть» фосфолипидный слой мембраны яйцеклетки. В результате образовалась клетка, содержащая диплоидное ядро с хромосомами соматической клетки молочной железы, с цитоплазмой от двух клеток – яйцеклетки и клетки вымени. Такая своего рода «скомбинированная зигота» и стала первой клеткой зародыша, из которого в дальнейшем развился организм овечки Долли.

Ученые выждали небольшое количество времени, чтобы убедиться, что клетки эмбриона стали размножаться митозом, началось формирование *бластулы*. И тут пришло время задействовать в эксперименте третью овцу – суррогатную мать. Овца, в тело которой имплантировали эмбрион, тоже была из породы с черной мордой. После благополучно завершившейся беременности она родила беломордого ягненка (Долли), внешне похожего на свою генетическую мать.

Успешное рождение первого клонированного животного произошло в 1996 г. Исследователи ждали, не погибнет ли Долли, сможет ли она нормально развиваться? И когда уверенность в этом появилась, тогда об этой новости в 1997 г. заявили мировой научной общественности.

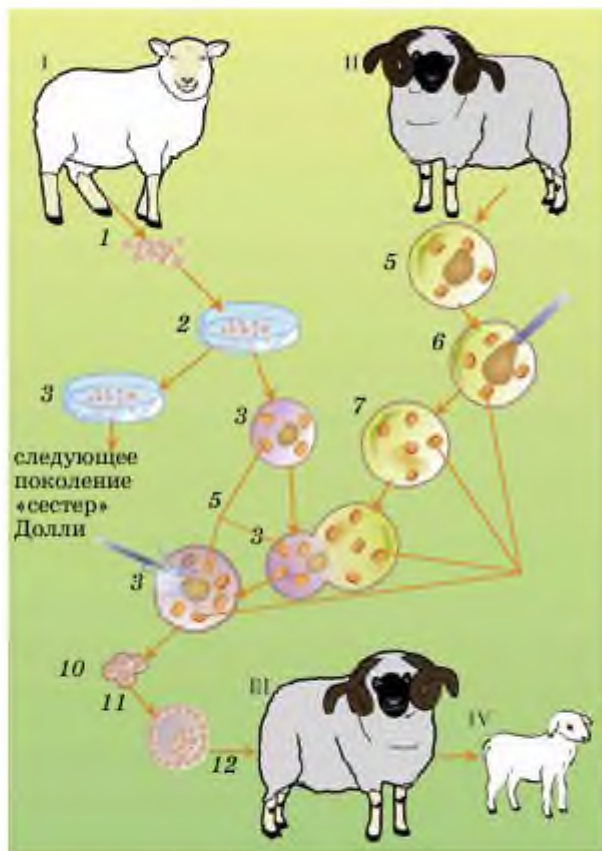


Рис. 38. Клонирование животных – этапы первого успешного эксперимента

I – генетическая мать Долли – овца с белой мордой;

II – овца с черной мордой, ставшая донором яйцеклетки (Долли достались ее цитоплазма и митохондрии);

III – суррогатная мать Долли, выносившая эмбрион и родившая «самую знаменитую в мире овечку». Как и донор яйцеклетки из породы с черной мордой;

IV – сама овечка Долли. Как видите, родившийся ягненок внешне похож на свою генетическую мать;

1 – взятые у генетической матери *диплоидные* соматические клетки молочной железы (вымени);

2 – очистка и обеззараживание взятых клеток;

3 – часть клеток сохраняется в жидком азоте, подвергается криоконсервации, чтобы потом использоваться (см. рис. 39);

4 – подготовленная соматическая клетка;

5 – зрелая *гаплоидная* яйцеклетка – ооцит, полученная от овцы II;

6 – извлечение ядра из яйцеклетки микроиглой;

7 – ооцит, подготовленный к слиянию;

8 – слияние соматической диплоидной клетки вымени и ооцита;

A – митохондрии генетической беломордой матери;

B – митохондрии донора яйцеклетки (черномордой овцы);

9 – образование зиготы;

10 – начало процесса дробления – формирование зародыша;

11 – ранняя стадия развития зародыша, на которой ее решено было имплантировать суррогатной черномордой матери;

12 – имплантация зародыша.

Долли прожила как обычная овца более шести лет. Овцы этой породы, появившиеся на свет естественным путем, обычно живут около 10–12 лет. За все это время она родила шесть здоровых ягнят. На пятом году жизни у Долли развился артрит, к которому примерно через год добавилось инфекционное заболевание. Когда усилия ветеринаров не дали быстрого успешного результата, было решено усыпить Долли. С тех самых пор среди ученых ведутся споры, была ли относительно короткая жизнь Долли результатом клонирования? Сказалась ли на ее здоровье возможная генетическая неполноценность? Четких доказательств в пользу одного мнения по этому вопросу нет. Часть исследователей предполагает, что Долли всю свою жизнь жила в слишком «искусственных» условиях, и из-за малоподвижного образа жизни у овцы развился артрит. Как бы то ни было, в 2007 г. Долли «вернулась» в виде четырех новых овец (рис. 39). Дело в том, что наука не стоит на месте, а технические средства, биохимические препараты и сами технологии совершенствуются. Ученые того же исследовательского центра взялись снова клонировать овец из клеток той же молочной железы «генетической матери», из которой получили Долли. Ткани вымени все это время хранились в замороженном виде (с соблюдением всех норм криоконсервации). На этот раз для удачного получения каждой овцы хватило всего 5 яйцеклеток, вместо 277, потраченных на Долли. Это в первую очередь говорит о совершенствовании процесса технологии клонирования.

По данным популярной прессы, овечки – сестры Долли – Дэнис, Дебби, Диана и Дейзи прожили более десяти лет (рис. 39). Никаких проблем со здоровьем у них не наблюдалось. Более поздние данные пока отсутствуют.



Рис. 39

Дальнейшие успехи клонирования животных. С тех пор как клонировали овечку Долли, прошло уже более 20 лет. За это время были клонированы животные многих видов. Все успешные и провальные попытки по клонированию животных можно поделить на три большие группы в зависимости от того, какие цели ставили перед собой исследователи. Рассмотрим каждую из них подробнее.

Клонирование редких и исчезающих видов животных – это попытка сохранить биоразнообразие нашей планеты. Такие исследования важны, поскольку до сих пор многие клоны, включая саму Долли, были получены из криоконсервированных тканей уже умерших животных, а не из «свежих» образцов. Была сделана успешная попытка клонирования исчезающего вида индокитайского быка Бантенга специалистами американской компании «Передовые клеточные технологии» в 2003 г. В качестве материнских были взяты клетки животного, замороженного и пролежавшего на хранении 23 года. В качестве «суррогатной матери» использовали корову. Из двух клонированных бычков один оказался с отклонениями в развитии. Удачной стала только одна попытка. Учитывая, что сейчас особей этого вида существует около 8000, возможно, их размножение естественным путем выглядит более перспективным.

Японские ученые не оставляют надежду клонировать мамонта. Они надеются найти подходящие соматические клетки мамонтов (и мамонтят), сохранившиеся в условиях вечной мерзлоты. Иногда их тела находят в сибирской тундре.

Клонирование хозяйственно ценных животных. Такую задачу ставит перед учеными-экспериментаторами селекция. Положительный опыт работ, ведущихся в этом направлении, в мировой практике есть. Так, в частности, было заявлено об успешных результатах китайской науки. Ученые клонировали самых лучших собак, «работников» таможенной службы. Это были лабрадоры и ретриверы с наиболее тонким нюхом.

Клонирование животных ради отработки самой процедуры, чтобы сделать ее более надежной и успешной, ведется сейчас во многих лабораториях по всему миру.

Возможные перспективы клонирования человека имеют как морально-этические, так и законодательные ограничения. Однако сам вопрос клонирования человека занимал умы сначала писателей-фантастов, затем ученых, а потом и медиков. Сразу следует оговориться, что в некоторых странах эксперименты по клонированию человека запрещены законодательно. Это сделано не только по этическим и юридическим соображениям, но и из соображений безопасности. Ведь если сколь-нибудь

значительные эксперименты в этом направлении не проводились, значит, нет гарантий благополучного результата.

Однако уже сегодня есть отдельные личности, которые заявили об успешном клонировании ими человека. Это эмбриолог Северио Антинори, который утверждал, что якобы в 2003 г. ему удалось успешно клонировать трех детей – двух мальчиков и одну девочку, которые были якобы благополучно рождены суррогатными матерями.

Гражданин США кипрского происхождения Панайотис Завос заявил, что перенес в тела четырех суррогатных матерей одиннадцать человеческих эмбрионов, полученных методом клонирования. Но никаких доказательств этого представлено не было. По словам самого Завоса, ни одна беременность благополучно не окончилась.

Подобные бездоказательные заявления не внушают доверия. По мнению большинства исследователей и практических врачей, эти заявления являются способом самопиара. Цель таких заявлений – привлечение средств (финансирование) для личных исследований (возможно, изначально провальных).

В клонировании человека ученые четко выделяют две формы клонирования: *полное клонирование* и так называемое *терапевтическое клонирование*.

О перспективах полного клонирования говорить сложно, так как оно обязательно предполагает, что «родителем» такого организма будет только один человек, а не два. При этом если организм, используемый для клонирования, – мужчина, то обязательно наличие суррогатной матери. Все это сопряжено с этическими и юридическими проблемами.

В то же время терапевтическое клонирование предполагает выращивание клеток, тканей или целых органов, но не целого организма. Во многих развитых странах используются отдельные технологии выращивания культуры клеток. Так в Израиле широко применяют методику выращивания эпидермиса кожи для пересадки пострадавшим от ожогов. Также было заявлено об успешных экспериментах по выращиванию фрагментов глаза из клеток пациентов, нуждающихся в восстановлении зрения.

В перспективе ученые предполагают, что методики терапевтического клонирования человека позволят получать подобие эмбриональных стволовых клеток с генетическим материалом пациента – того же человека, который нуждается в клеточной терапии. Возможно, отработка именно этой технологии позволит получать «материал» для восстановления поврежденных тканей и органов взрослого организма с идеальной генетической совместимостью. Успешное развитие данных технологий могло бы полностью решить все проблемы, связанные с дефицитом донорских органов.

Природные способы клонирования: почкование, фрагментация, или стробиляция; клонирование полное и терапевтическое, клонирование редких и исчезающих видов и хозяйственно-ценных животных.



Знание и понимание

1. Опишите виды естественных способов клонирования животных и растений.
2. Назовите виды животных, которые в процессе клонирования формируют купол.

Применение

1. Какое ископаемое животное давно пытаются клонировать японские ученые?
2. Сравните, как может отличаться процесс фрагментации у разных типов беспозвоночных.
3. Назовите причины, по которым часть соматических клеток организма начинает размножаться быстрее остальных клеток тела.

Анализ

1. Изобразите в виде схемы этапы клонирования животных.
2. Приведите факты успешного клонирования животного.
3. Выскажите ваше мнение о причинах, почему ученые решили клонировать новых овец после смерти Долли. К каким результатам это привело? Какой материал для клонирования использовали ученые? Удалось ли им добиться целей, ради которых производились эти манипуляции?

Синтез

1. Можно ли с уверенностью сказать, что следующие выражения верны?
 - Все организмы, образующиеся в природе путем бесполого размножения, - это клоны.
 - Все организмы-клоны образуются в природе только путем бесполого размножения.

Приведите аргументы «ЗА» и «ПРОТИВ» этих точек зрения. Какая из них кажется вам менее верной?

2. Обсудите следующее предположение: «В ближайшем будущем людям удалось отработать абсолютно успешную методику клонирования животных. 1) Будет получено и выращено до взрослого состояния большинство доисторических животных, живших на заре появления человечества (а возможно и до него); 2) также возродили все виды, занесенные в Красную книгу, и восстановили их численность».

Оцените, не приведет ли такое развитие событий к негативным последствиям. Если удастся совместить эти достижения науки и практики с созданием идеальных высокопродуктивных сельскохозяйственных животных, несущих в себе только положительные качества, оцените возможные эконо-

мические, экологические и технические изменения. Стоит ли человечеству воссоздавать такое биоразнообразие при исчерпывающихся научных, финансовых и технических возможностях?

3. Порассуждайте, как могли бы развиваться перспективы полного и терапевтического клонирования человека.

Оценка

1. Оцените, какой метод клонирования человека более реализуем и выгоден на сегодняшнем этапе развития науки, технологий, морали и юриспруденции. Будет ли этично с позиций морали и религии создавать клонированные копии ныне живущих людей, рожденных другими родителями (не теми, от кого они получили ДНК мужчины и женщины)? Какое будущее может ожидать человечество в этом случае?

2. Обсудите и оцените высказывание Панайотиса Завоса: «Нет никаких сомнений в том, что клон человека скоро появится. Возможно, его создам не я, но нет абсолютно никаких шансов, что этого не произойдет».

§ 39. Применение ферментов в химии, промышленности и медицине

Цель изучения этой темы: обсудить возможность применения ферментов в химии, промышленности и медицине.

Что такое ферменты? Какой класс органических веществ в основном является ферментами? Что означает выражение, применяемое в отношении ферментов: «Подходит как ключ к замку»? Как вы понимаете свойства ферментов: активность, специфичность, их сильную зависимость от условий: pH, температура и т. д.?



Что нужно повторить для успешного изучения темы? § 5 – учебник для 8 класса; § 10 – учебник для 9 класса; § 5 – учебник для 10 класса; § 2 данного учебника.

Ферменты в промышленном производстве. В самом начале XX в. активно развивалась бродильная и микробиологическая промышленность. В эти же годы были предприняты первые попытки наладить производство антибиотиков, пищевых концентратов, полученных из дрожжей, осуществить контроль ферментации продуктов растительного и животного происхождения.

С тех самых пор ферменты успешно используются в промышленном производстве. Сегодня без ферментов не обходятся такие традиционные направления пищевой промышленности, как сыроварение и производ-

ство кисломолочных продуктов, производство алкогольной продукции (в первую очередь виноделие и пивоварение). Также ферменты издавна использовались и в других отраслях (в кожевенном производстве, пивоварении, силосовании и т. д.). Но сейчас ферменты стали применимы и в таких сравнительно новых отраслях, как мукомольная промышленность, производство соков, стиральных порошков, фармакологии, различных видах переработки растительного сырья и т. д. Ферменты применяют и при очистке сточных вод, и выбросов промышленных предприятий, не связанных с производством продуктов питания.

В качестве примера применения фермента можно привести 3-галактозидазу, присоединенную к магнитному стержню-мешалке, которую используют для снижения содержания молочного сахара в молоке. Так получают продукт, не расщепляющийся в организме больного ребенка с наследственной непереносимостью лактозы. Обработанное таким образом молоко хранится в замороженном состоянии значительно дольше и не подвергается загустеванию, по сравнению с аналогами, полученными без использования ферментов.

Преимущества и недостатки использования ферментов в промышленности. У ферментов по сравнению с классическими химическими катализаторами есть как преимущества, так и недостатки. Как вы помните, ферменты – белки. Следовательно, они будут разрушаться – денатурировать под воздействием неблагоприятных факторов, таких как высокая температура, воздействие сильными щелочами или кислотами, высоким содержанием кислорода, да и просто «изнашиваться» в течение длительного времени, даже без участия негативных факторов. Это значит, что ферменты не применимы в реакциях, связанных с высокими температурами, со слишком кислой или щелочной средой, с высоким давлением и т. д. В то время как, например, платиновые катализаторы выдерживают все вышеперечисленные условия, показывают отличную каталитическую активность и при этом не изнашиваются.

Второй недостаток – часто производство ферментов обходится не дешевле неорганических катализаторов и зачастую оно сложнее, так как необходимо синтезировать белок со строго определенной аминокислотной последовательностью. Изменение последовательности всего одной аминокислоты может полностью лишить фермент каталитической активности. Поэтому их производство очень сложно и требует тщательной подготовки.

Третий и самый важный недостаток, который делает проблемным применение ферментов в промышленных масштабах, – часто очень сложно после реакций отделить молекулы фермента от субстрата. Но эта

проблема была благополучно решена. Созданы так называемые *иммобилизованные ферменты*, когда фермент наносят на какую-либо основу (полимерную или гелевую поверхность, металлические стержни и т. д.) и после проводят химическое или физическое соединение. Такой фермент не растворяется и не смешивается с продуктами реакции, легко извлекается после завершения процесса и лучше хранится.

Огромны и преимущества ферментов: 1) высокая эффективность (часто превосходящая неорганические катализаторы в сотни и тысячи раз!); 2) высокая специфичность – ферменты, как правило, катализируют только одну реакцию, и, соответственно, не могут «вмешаться» в другие химические процессы и испортить их. Они химически неактивны как, например, серная кислота. Поэтому ферменты более безопасны, легки в транспортировке и хранении.

Применение ферментов в медицине нельзя отделить от применения в ветеринарии, фармакологии, селекции, сельском хозяйстве.

Генная инженерия как новейшая область человеческих знаний тоже невозможна без использования работы ферментов. Все процессы, связанные с целенаправленным созданием *in vitro* (в пробирках) новых комбинаций генетического материала, как и все иные процессы жизнедеятельности в живых клетках, также контролируются ферментами. При молекулярно-генетических исследованиях было установлено, что в клетках бактерий имеются *ферменты-рестриктазы*, способные «разрезать» молекулы ДНК на фрагменты в строго определенных участках. Есть *ферменты-лигазы*, воссоединяющие («сшивающие») фрагменты ДНК. В результате исследований постепенно были идентифицированы все ферменты, контролирующие процесс самокопирования и реализации наследственной информации как в клетках прокариот, так и в клетках эукариот.

В основу генной инженерии легли четыре фундаментальных открытия:

1. Открытие ферментов, «разрезающих» ДНК, – *эндонуклеаз* и *экзонуклеаз*, или *рестриктаз*.

2. Открытие ферментов, «сшивающих» ДНК, – *лигаз*.

3. Открытие ферментов клеток, осуществляющих синтез ДНК и РНК, – *полимераз*. Ферменты репликации: ДНК-зависимые *ДНК-полимеразы*. Ферменты транскрипции: ДНК-зависимые *РНК-полимеразы*, или *транскриптазы*. Позднее других обнаружены у РНК-содержащих вирусов ферменты, способные катализировать синтез ДНК по матрице РНК – *РНК-зависимые ДНК-полимеразы* или их более простое название – *обратные транскриптазы*. Тут названы только самые основные ферменты, в действительности в клетке для реализации наследственности их требуется намного больше.

4. Открытие и изучение применения «векторов» – небольших фрагментов ДНК, способных осуществить встраивание чужого фрагмента генома в иную клетку.

Хотя последнее открытие не связано непосредственно с открытием и изучением ферментов, без перечисленных в первых трех пунктах ферментов у человечества не было бы возможности манипулировать с ДНК, создавать «гибридные» молекулы и вводить их в клетки.

Технология генотерапии была впервые применена в 1990 г. при лечении Ашанти де Сильвы, четырехлетней девочки, страдавшей от тяжелой формы иммунодефицита. У нее был поврежден ген, содержащий инструкции для производства белка аденозиндезаминазы (ADA). Без этого белка белые клетки крови умирают, что делает организм беззащитным перед вирусами и бактериями.

Работающая копия гена ADA была введена в клетки крови Ашанти с помощью модифицированного вируса. Клетки получили возможность самостоятельно производить необходимый белок. Через шесть месяцев количество белых клеток в организме девочки поднялось до нормального уровня. Дефицит ADA компенсировался дополнительными инъекциями.

На основе работ биохимиков созданы условия для развития промышленного синтеза и применения ферментов, имеющих большое значение в медицине и в ряде таких отраслей, как легкая, пищевая и химическая промышленность. С применением ферментов осуществляют микробиологический синтез витаминов, нашедших широкое применение в медицине и сельском хозяйстве. С помощью генетических методик получены и внедрены в производство высокоактивные продуценты антибиотиков (генно-модифицированные бактерии и грибки). Это позволило значительно увеличить выход пенициллина, стрептомицина, тетрацицина и других антибиотиков.

Ферменты, генная инженерия.



Знание и понимание

1. Что означает термин «фермент»? Считаете ли вы данный термин удачным?
2. Как вы понимаете суть противоречия: «Ферменты – это вещества, образующиеся в результате жизнедеятельности живых организмов» и «Ферменты – это самостоятельные вещества, образующиеся в ходе определенных химических реакций и находящиеся в естественной среде постоянно»?

Применение

1. Сравните понятия: «иммобилизованные ферменты», «неиммобилизованные ферменты».

2. Назовите причины, по которым развитие генной инженерии и создание рекомбинантных ДНК без открытия определенных ферментов было бы невозможно.

Анализ

1. Используя примеры (мира или Казахстана), докажите, что жизнь человека улучшилась с момента открытия ферментов в медицине, различных видах промышленного и сельскохозяйственного производства. Приведите примеры из дополнительных источников.

2. Выскажите ваше мнение о причинах, по которым ферменты не используются в реакциях с высокой температурой и давлением. К чему может привести их использование в таких условиях?

Синтез

1. Порассуждайте, к каким последствиям может привести нарушение последовательности всего одной аминокислоты в белке. Докажите на примерах, к каким последствиям может привести недостаток даже одного фермента в организме человека.

2. Систематизируйте плюсы и минусы производства и использования ферментов в промышленных масштабах.

Оценка

1. Обсудите реальную ситуацию.

В городе Н. на предприятии по производству очень сложных неорганических катализаторов, состоящих из большого количества ингредиентов, был круглосуточный график работы по сменам. Само производство отдаленно напоминало кухню, а именно: ингредиенты по «рецепту» (отработанной технологии) смешивались, иногда (для одних катализаторов) они измельчались, иногда (для других катализаторов) предварительно подвергались температурному или иному воздействию и т. д. Часто после получения необходимой «заготовки» смесь, которая должна была стать катализатором, «запекалась» в промышленной печи (температуру можно было при необходимости довести до 3000°C). Затем готовый катализатор извлекался, упаковывался и отправлялся потребителю. Все оборудование очищалось, и коллектив приступал к производству следующего сложного комплексного катализатора. Было замечено, что все катализаторы, произведенные в ночную смену, обладают большей каталитической активностью, чем их аналоги, произведенные днем.

Предположите максимально возможное количество факторов, из-за которых это стало возможно.

2. Ознакомьтесь с реальной ситуацией.

Сейчас в птицеводстве в качестве кормовой добавки применяют искусственно разработанные ферменты и даже неорганические катализаторы. Они улучшают пищеварение и повышают процент усвоения питательных веществ пищи организмам птиц. В результате породы кур с геномом, полученным традиционными селекционными методами (НЕ генно-модифицированные), употребляющие катализаторы, дают больший привес на единицу съеденного корма. Оцените экономические и экологические последствия применения таких пищевых добавок для сельскохозяйственных животных.

Заключение по разделу «Биотехнология»

В зависимости от окрашивания бактерий методом, впервые разработанным и примененным датским ученым Г. Грамом, инфекционисты делят их на грамположительные и грамотрицательные. Грамположительные бактерии окрашиваются сразу (сине-фиолетовым красителем), так как их оболочка более толстая и состоит из двух слоев: клеточной мембраны и толстого пористого слоя над ней – пептидогликана. Грамотрицательные бактерии видны только при повторном окрашивании сухими красителями (красно-розовыми), так как имеют более тонкую оболочку, состоящую из трех слоев: внешней мембраны, тонкого слоя пептидогликана и мембраны самой клетки. Грамположительные бактерии легче разрушаются лизоцимом, моющими средствами, поддаются лечению антибиотиками первых поколений. Они вызывают часто встречающиеся и легче излечимые инфекции: пневмонию, стафилококки, стрептококки. Грамотрицательные бактерии не разрушаются лизоцимом и поддаются лечению только антибиотиками последних поколений. Они вызывают такие тяжелые, но не массовые инфекции, как менингококк, гонорею, сифилис и др. Все известные бактерии, в том числе непатогенные, окрашиваются по Граму тем или иным образом.

Рекомбинация – процесс сочетания генетического материала разных организмов. Все существа, возникшие в ходе полового процесса, комбинируют в себе наследственный материал отцовского и материнского организмов. Рекомбинантные молекулы ДНК возникают в природе в результате:

- 1) кроссинговера (между гомологичными хромосомами отца и матери);
- 2) встраивания вирусных частиц в ДНК клеток, и не вызывающих их гибели (иначе рекомбинантные ДНК исчезали бы с гибелью организмов-носителей);

3) встраивание иных (невирусных) «мобильных» генетических элементов, например через плазмиды бактерий.

Современные научные методы позволяют создавать рекомбинантные молекулы ДНК искусственно. Этот процесс включает в себя:

- 1) выделение генов для их встраивания;
- 2) подбор «вектора» – фрагмента ДНК вируса или бактерии, который и будет вводить чужеродные гены в другую клетку;
- 3) соединение вектора и встраиваемой части генома;
- 4) их «заброска» в клетку-реципиента и осуществление в ней процесса химического «сшивания» ДНК различных организмов.

Так ученым удалось создать трансгенные организмы, например:

- бактерии, производящие инсулин человека или животных;
- растения, содержащие гены бактерий, которые уничтожают насекомых-вредителей;
- бактерии, способные разлагать вредные отходы, и т. д.

Однако создание и использование трансгенных организмов должно производиться с осторожностью и исключать возможные негативные последствия их применения.

Клонирование как процесс создания целых организмов из соматических клеток хорошо изучен, отработан и широко применяется для растений со второй половины XX в. О первом успешном клонировании животных было заявлено в конце XX в. в Англии (Шотландии). Был создан клон овцы по кличке Долли в 1997 г. в лаборатории под руководством И. Ушмута. Несмотря на все успехи исследований, ведущихся в этом направлении, и сегодня методика клонирования животных не является достаточно отработанной и широко применяемой. Более широкое практическое значение имеет массовое использование ферментов в промышленном и сельскохозяйственном производстве и медицине.

Раздел X

БИОМЕДИЦИНА И БИОИНФОРМАТИКА



§ 40–41. Особенности воздействия электромагнитных и звуковых волн на организм человека

Цель изучения этой темы: объяснить воздействия электромагнитных и звуковых волн на организм человека.

*Какие структуры у нас в организме воспринимают свет, тепло, иные виды излучений? Что такое **звук**? Какой орган чувств его воспринимает? Что такое **барабанная перепонка**?*



Что нужно повторить для успешного изучения темы? § 38, 39 – учебник для 8 класса.

Электромагнитные волны – слишком широкое понятие, включающее в себя различные виды излучения, начиная от радиоволн и света и заканчивая жестким γ -излучением, т. е. радиацией. Невозможно однозначно сказать о влиянии электромагнитных волн на организм человека. Прежде чем говорить об этом, вспомним само понятие «электромагнитные волны».

Электромагнитной волной называют электромагнитное поле без источников, распространяющееся в виде волны (волн) с конечной скоростью, которая в вакууме равна скорости света. Иными словами, *электромагнитные волны (ЭМВ)*, или *колебания*, – это распространяющееся электромагнитное поле (способное существовать в вакууме и в отсутствие источников – зарядов и токов).

В отличие от статического электрического и магнитного полей, которые не существуют в отрыве от источника энергии, электромагнитная волна существует без источника в том смысле, что после ее излучения электромагнитное поле не связано с источником.

ЭМВ распространяются в пространстве с конечной скоростью, зависящей от свойств окружающей среды (сквозь которую они и проходят). То, что Герцу удалось экспериментально доказать, что скорость, с которой распространяются ЭМВ в вакууме, равняется скорости света, доказывает, что свет тоже является электромагнитной волной определенной длины.

Последующие исследования физиков подтвердили, что радиоволны, свет, рентгеновские лучи и гамма-излучение представляют собой не излучения различной природы, а электромагнитные волны с различной длиной волны. Приведем перечень ЭМВ с их основными характеристиками в табл. 7.

Типы электромагнитных волн и их основные характеристики

Название диапазона		Длины волн, λ	Частоты, f	Источники
Радиоволны	Сверхдлинные	более 10 км	менее 30 кГц	Атмосферные и магнитосферные явления. Радиосвязь
	Длинные	10 км – 1 км	30 кГц – 300 кГц	
	Средние	1 км – 100 м	300 кГц – 3 МГц	
	Короткие	100 м – 10 м	3 МГц – 30 МГц	
	Ультракороткие	10 м – 0,1 мм	30 МГц – 3000 ГГц	
Инфракрасное (тепловое) излучение		1 мм – 780 нм	300 ГГц – 429 ТГц	Излучение молекул и атомов при тепловых и электрических воздействиях
Видимое излучение – свет		780–380 нм	429 ТГц – 750 ТГц	
Ультрафиолетовое излучение		380 нм – 10 нм	$7,5 \cdot 10^{14}$ Гц – $3 \cdot 10^{16}$ Гц	Излучение атомов под воздействием ускоренных электронов
Рентгеновское излучение		10 нм – 5 пм	$3 \cdot 10^{16}$ Гц – $6 \cdot 10^{19}$ Гц	Атомные процессы при воздействии ускоренных заряженных частиц
Гамма-излучение		менее 5 пм	более $6 \cdot 10^{19}$ Гц	Ядерные и космические процессы, радиоактивный распад

Примечание: таблица дается не для запоминания или воспроизведения, а для сравнения электромагнитных характеристик различных природных явлений.

Влияние ЭМВ на организм человека. Всем понятно, что влияние будет сильно зависеть от типа волны. Ведь влияние простого видимого света на организм человека явно отличается от влияния рентгеновских волн, а влияние радиоволн будет отличаться от воздействия γ -излучения. Понятно, что *чем меньше частота волны, тем безопаснее она для организма человека.* Но и это не все. Влияние будет зависеть и от силы и продолжительности воздействия на организм, а также от того, через какие среды проходила волна перед тем, как воздействовать на человека.

На скорость и характер распространения электромагнитных волн существенно влияет среда, в которой они распространяются. Проходя через реальные среды, обязательно испытывают преломление, дифракцию, интерференцию, отражение и другие явления, свойственные волнам любой природы.

Если среда неоднородна или содержит поверхности, на которых изменяются ее электрические или магнитные свойства, или если в пространстве имеются проводники, то тип возбуждаемых и распространяющихся электромагнитных волн может существенно отличаться от плоской линейно-поляризованной волны.

Источником электромагнитных волн может быть любой электрический проводник-электропровод, по которому течет переменный электрический ток. Фактически источником техногенных ЭМВ является любой электроприбор, радио- или телевизионная антенна (радио и телевизор), электропровода с проходящим по ним электричеством.

Источники с частотой $3 \cdot 10^5 - 3 \cdot 10^{12}$ Гц и длиной волны $\lambda - 3 \cdot 10^5$ м – генераторы радиочастот, СВЧ-генераторы, ламповые генераторы и т. д.), именно на этих технологиях использования СВЧ-излучения работают микроволновые печи.

Не нужно думать, что до появления достижений науки и техники в природе не существовало ЭМВ. Есть природные источники радиации и так называемый *естественный радиационный фон*. Даже солнечный свет представляет собой один из видов ЭМВ.

Если электромагнитные волны поглощаются или отражаются телами, то, следовательно, они должны оказывать на тела давление. Когда волна поглощается, ее импульс передается тому объекту, который ее поглощает. Значит, при поглощении ЭМВ оказывает давление на преграду. Однако считается, что величина этого давления ничтожно мала. Существование давления электромагнитных волн впервые экспериментально было обнаружено П. Н. Лебедевым в 1900 г.

ПДК некоторых видов электромагнитных излучений установлены совершенно четко. Самые опасные из них – радиация, т. е. гамма-излучение и рентгеновское излучение (приводятся в Приложении 1 в конце данного учебника).

Что касается влияния таких видов излучения, которые возникают вокруг бытовых электроприборов, стандартных проводов электропроводки, используемых в жилых помещениях, микроволновых печей, сотовых телефонов, мобильных устройств интернет-связи Wi-Fi и т. д., до сих пор,

несмотря на массу исследований, их воздействие окончательно не выяснено. Периодически те или иные исследовательские группы заявляют, что какие-то из видов бытовых излучений чрезвычайно опасны. Вслед за этими заявлениями находятся иные лаборатории или группы исследователей, которые приводят прямо противоположные данные. Во всяком случае ПДК на использование радиоприемников, телевизионных антенн, телефонных или иных электрических кабелей и мобильных устройств связи пока не существует. Бесспорно, что вышеперечисленные технические средства, используемые людьми, являются источником электромагнитного излучения. Однако степень их опасности остается спорной. Косвенным доказательством того, что опасность в принципе есть, служит рост онкологических заболеваний среди населения Земли. Если 40–50 лет назад онкология не была даже в «пятерке» среди причин смертности населения, то сейчас она прочно занимает третье место после сердечно-сосудистых и инфекционных заболеваний (см. Приложение 2 в конце данного учебника). Конечно, эта проблема может быть связана и с использованием химических веществ (в качестве пищевых добавок, упаковочных материалов, пестицидов, бытовой химии и т. д.), и с появлением озоновых дыр, ослабляющих защиту от солнечной радиации и ультрафиолетового излучения, и с повышением радиоактивного фона в связи с испытаниями ядерного оружия и авариями на АЭС. Но как бы то ни было, ради заботы о собственном здоровье лучше стараться минимизировать воздействие ЭМВ на ваш организм.

Влияние звуковых волн на организм человека неоднозначно. В первую очередь следует отметить, что человек воспринимает с помощью органа слуха звук определенного диапазона. *Слышимый нами звук* – это механическая волна с частотой от 20 до 20 000 Гц.

Нашим органом слуха не воспринимается звук более низкой частоты. Это *инфразвук* с частотой волны меньше чем 20 Гц.

Ультразвук называют более высокочастотным. Это акустическая волна с частотой больше, чем 20 000 Гц.

Как влияют на наш организм те звуки, которые мы не слышим? По мнению одних исследователей, их влияние может быть резко отрицательным, по мнению других – оно столь ничтожно, что не стоит уделять внимание данному вопросу. Некоторые исследователи считают, что воздействие инфразвука может вызвать у человека чувство дискомфорта, беспокойство, а при длительном воздействии – тошноту, снижение остроты зрения, звон в ушах и другие негативные явления. Делались даже попытки разрабатывать звуковое оружие, однако официальных и достоверных данных по этому вопросу нет.

Мы будем рассматривать влияние только тех звуков, которые слышим. Давно замечено, что резкие громкие звуки, как и более высокие по тональности, действуют на психику человека возбуждающе, а плавные, переливчатые, как и более низкие по тональности, – успокаивающе. С трудом воспринимаются любые звуки, находящиеся близко к порогам чувствительности, будь это как слишком громкий или тихий звук, так и слишком высокий или низкий. Но если тихие и низкие звуки воспринимать сложно и зачастую неприятно, то при воздействии высокого и громкого звука легко можно получить повреждение органов слуха, например растяжение барабанной перепонки. Поэтому желательно избегать влияния любых звуков, находящихся на границах силы звука и диапазонов их частот.

Шумовое загрязнение – отдельное понятие, существующее в *экологии человека*. Это превышение естественного уровня шумового фона или ненормальное изменение характеристик звука, а именно периодичности, силы тональности и т. д. В общем, это раздражающий шум антропогенного происхождения, нарушающий жизнедеятельность живых организмов и человека. Шумовое загрязнение приводит к повышенной утомляемости человека и животных, понижению производительности труда, физическим и нервным заболеваниям. Главным источником шумового загрязнения являются транспортные средства – автомобили, железнодорожные поезда и самолет.

Величина превышений доходит до следующих значений:

- 20–25 дБА (акустический децибел) на территориях вблизи автотрасс;
- до 30–35 дБА для квартир жилых домов, обращенных в сторону крупных автотрасс (без шумозащитного остекления);
- до 10–20 дБА вблизи железных дорог при движении поездов;
- до 8–10 дБА на территориях, подверженных периодическому воздействию авиашума (авиационный шум);
- до 30 дБА при несоблюдении установленных требований при ведении строительных работ в ночные часы.

Замечено, что слух у 20-летних жителей крупных городов такой же, как у 70-летних стариков, проживающих высоко в горах. У 25-летних жителей мегаполисов слух уже значительно хуже. Возможно, в данном случае виновато не только шумовое загрязнение, но и прослушивание громких звуков через наушники, различные акустические системы, постоянное использование мобильной связи и т. д.

Замечено, что негромкие звуки природы: шум прибоя или водопада, пение птиц, шелест листвы под ветром и т. д., – благотворно сказываются не только на состоянии органа слуха, но и на работе организма в целом.

Говоря о влиянии звуков на организм человека, невозможно обойти вниманием *влияние музыки*. По мнению Пифагора: *«Всякая мелодия синхронизирует работу внутренних органов человека. Когда звучит мелодия, ее колебания налагаются на колебания организма и получается, что мы испытываем на себе благотворную вибрацию»*.

Античные ученые исследовали мир только путем наблюдений и умозаключений. Современная же наука ставит эксперименты. Именно в экспериментах, поставленных в Швейцарии и СССР (РСФСР и Белорусская ССР), было доказано, что при прочих равных условиях прослушивание классической музыки коровами в условиях стойлового содержания повышает удои молока.

В 2005 г. ученые из Великобритании выяснили, что прослушивание предпочтительной музыки во время тренировок помогает спортсменам увеличить результативность. Следовательно, влияние именно той музыки, которую предпочитает человек, действует на организм спортсмена стимулирующе.

Кроме того, доказано, что регулярное прослушивание жизнерадостных классических композиций имеет такие эффекты:

- 1) ускоряет восстановление после операций (в том числе сердечно-сосудистых);
- 2) повышает настроение, что способствует улучшению циркуляции крови, снижению давления и сердцебиения, расширению сосудов.

В результате происходит более быстрое восстановление работы сердца.

Не все классические произведения применимы в качестве терапевтических. Существуют и определенные «показания». Также многие специалисты убеждены, что не только жанр, ритм и тональность произведения имеют значение, но и то, на каком именно музыкальном инструменте было сыграно произведение или отдельная мелодия.

Ученые из университета Юта выяснили, что музыка активизирует сенсорные пути, приглушающие болевые ощущения. Для эксперимента были отобраны 143 человека, склонных к тревожности из-за боли. В то время, как они слушали приятную музыку, к их пальцам подносились электроды, вызывающие незначительную боль. В итоге музыка помогала снизить у испытуемых тревогу и уменьшить болевой порог. Может, благодаря пению и возникающему из-за него эмоциональному вовлечению бурлакам на Волге натертые в кровь мозоли не причиняли такой боли?

Ученые из Гонконга выяснили, что занятия музыкой развивают память и умственные способности детей. Их продолжительные наблюдения доказали, что без каких-либо специальных упражнений память человека улучшалась пропорционально тому, насколько долго он в детстве занимался музыкой.

Музыка предотвращает потерю слуха. Это было выяснено в ходе одного из простых экспериментов. 163 испытуемым, 74 из которых были бывшими музыкантами, предложили пройти несколько тестов, результаты которых показали, что даже 70-летние музыканты слышат речь в шумной обстановке и воспринимают звуки лучше, чем 50-летние не музыканты.

Следует всячески избегать негативных воздействий как на свой организм, так и на организмы окружающих. Пытайтесь вести себя так, чтобы извлекать максимальную пользу из окружающих вас звуков и исключать или по возможности уменьшать любое вредное воздействие.

Электромагнитные волны (ЭМВ), естественный радиационный фон, шумовое загрязнение.



Знание и понимание

1. Как вы понимаете, что такое *волна* с точки зрения физики?
2. Перечислите, какие электромагнитные волны вы знаете.
3. Определите связь между наличием природного электромагнитного излучения в естественной среде и его количеством, возникающим в результате техногенных процессов.

Применение

1. Кто из ученых доказал, что скорость распространения ЭМВ в вакууме равняется скорости света? Как это открытие отразилось на понимании природы самого света?
2. Приведите примеры того, как технический прогресс оказывает влияние на человека через разные виды излучения.
3. Приходилось ли вам использовать волновые колебания, чтобы поднять себе настроение? Если да, то какие?

Анализ

1. Изобразите в виде схемы различные явления волновой природы, положительно и отрицательно влияющие на организм человека. Постарайтесь отразить максимальное число явлений, указав вредные, полезные и безопасные характеристики воздействия волн.
2. Докажите на примерах (как личного опыта, так и известных из художественной и научной литературы) влияние музыки на живые организмы. Какие положительные и отрицательные стороны в этом вы видите?
3. Выскажите ваше мнение о влиянии шумового загрязнения на здоровье человека.
4. Проанализируйте влияние музыки на здоровье, самочувствие и моральное состояние людей и других млекопитающих животных.

Синтез

1. Порассуждайте, почему существует ограничение на прохождение процедуры рентгена легких (не чаще чем 1 раз в полгода).

2. Объясните, почему, подвергаясь постоянному воздействию излучения Солнца, наша планета стала обитаемой. Что, на ваш взгляд, сыграло важнейшую роль в том, что на Земле зародилась жизнь: 1) то, что она является третьей планетой от Солнца, 2) длительность воздействия света, т. е. смены дня и ночи, или 3) роль первых фотосинтезирующих живых организмов? Аргументируйте вашу точку зрения.

Оценка

1. Напишите реферат о влиянии излучений бытовых электроприборов на организм человека.

2. Оцените смоделированную ситуацию.

В одной из лабораторий при исследовании влияния ЭМВ на живые организмы в опыте использовали двух мышей, которые, находясь в изолированных капсулах, подвергались воздействию волн. На одну мышшь воздействовали волной длиной 315 нм 3 часа в день в течение месяца, а на другую – 250 нм, но между организмом мыши и источником волн стояло отражающая пластина.

Предположите, как изменится состояние животных.

3. Обсудите высказывания ученых.

– Использование музыки при повышении спортивных результатов в отличие от допинга безопасно.

– Трансляция классических произведений в коровниках обходится дешевле, чем использование кормовых добавок.

§ 42. Понятие «биоинформатика»

Цель изучения этой темы: описывать роль биоинформатики.

Кто впервые применил методы статистического, математического анализа в биологии при рассмотрении фенотипов, возникших в результате гибридизации? Может ли сейчас хотя бы одна естественная наука развиваться без использования математических методов и применения достижений информатики (использования компьютерного моделирования и анализа с помощью компьютерных алгоритмов)?



Что нужно повторить для успешного изучения темы? § 26 – учебник для 9 класса.

Биоинформатика – это совокупность методов и подходов, включающих в себя:

1) математические методы компьютерного анализа в сравнительной геномике (геномная биоинформатика);

2) разработку алгоритмов и программ для предсказания пространственной структуры белков (структурная биоинформатика);

3) исследование стратегий, соответствующих вычислительных методологий, а также общее управление информационной сетью биологических систем.

В биоинформатике используются методы прикладной математики, статистики и информатики. Сама она используется в биохимии, биофизике, экологии и других областях.

Применение инструментов биоинформатики в исследовании означает использование методов компьютерного моделирования, математического и статистического анализа для выявления каких-либо аспектов работы биологических систем. Если условно разделить все аспекты применения инструментов биоинформатики по отраслям биологии, то направлениями, где они будут наиболее востребованными, окажутся следующие:

1) анализ и оценка молекулярно-генетических аспектов наследственности;

2) экология и эволюция;

3) физиология и медицина (включая фармакологию и ветеринарию).

Остановимся на характеристике каждого из направлений несколько подробнее.

Использование биоинформатики при анализе молекулярно-генетических аспектов. Значительная доля инструментов биоинформатики применяется при «дешифровке» генетических последовательностей. Если учесть количество генов, содержащихся у человека в гаплоидном наборе, всю протяженность молекул ДНК, общее количество нуклеотидов, то цифры получаются поистине астрономические. Без применения компьютеров с такой работой, безусловно, не справиться. Это может быть компьютерная сборка генома, предсказание экспрессии (частоты и интенсивности) «работы» гена на основе уже имеющихся данных (положения гена, его предшествующие – *промоторные* нуклеотидные последовательности и т. д.), предсказание функций белков; поиск геномных вариантов и ассоциированных с ними фенотипов (это направление перспективно как для сельского хозяйства, дела охраны природы, так и для распределении людей по фенотипическим группам – расовым, национальным) и многое другое.

Одним из конкретных примеров является метод *выравнивания последовательностей*. Биоинформационный метод, основанный на размещении двух или более последовательностей мономеров ДНК, РНК или белков друг под другом таким образом, чтобы можно было легко увидеть сходные участки в этих последовательностях. Сходство первичных структур двух молекул может отражать их функциональные, структурные или эволюционные взаимосвязи. Этот же метод применяется при установлении *молекулярно-генетического* или биохимического родства организмов, т. е. показывает их эволюционную близость.

Роль биоинформатики в эволюции тесно связана с анализом геномных последовательностей ныне живущих и вымерших видов. Другими словами, она представляет интерес в первую очередь для палеогеоэтиков, сравнительной биологии, моделирования эволюции.

Частным случаем можно считать применение биоинформатики в бионике.

Бионика – прикладная наука о применении в технических устройствах и системах принципов организации, свойств, функций и структур живой природы, т. е. формы живого в природе и их промышленные аналоги. Проще говоря, бионика – это соединение биологии и техники. Она рассматривает биологию и технику в новом ракурсе, объясняя, какие общие черты и какие различия существуют в природе и технике. Выстраивание технических устройств невозможно без компьютерного моделирования.

Различают:

- биологическую бионику, изучающую процессы, происходящие в биологических системах;
- теоретическую бионику, которая строит математические модели этих процессов;
- техническую бионику, применяющую модели теоретической бионики для решения инженерных задач.

Бионика тесно связана с биологией, физикой, химией, кибернетикой и инженерными науками: электроникой, навигацией, связью, морским делом и др.

Использование биоинформатики в экологии основано на том, что все экосистемы, являясь очень сложными и многокомпонентными, подчиняются тем же энергетическим законам, что и все мироздание. Соответственно, имея данные о количестве вырабатываемой и потребляемой энергии разными видами на разных пищевых уровнях, можно рассчитать (хотя бы теоретически) последствия «потери» или «подселения» определенных видов (растений, животных, микроорганизмов и т. д.) для экосистемы.

Использование биоинформатики в медицине, фармакологии, физиологии. Биоинформатика широко применяется в разработке лекарств (компьютерное моделирование биохимических реакций), в неонатальной диагностике генетических заболеваний (еще до рождения и сразу после), в медико-биологических генетических консультациях. Кроме того, именно в наше время в Казахстане делаются попытки создать универсальные компьютерные системы по хранению, переработке и мгновенному автоматическому получению медицинских данных в рамках как одного медицинского учреждения, так и для района, города, а в перспективе, возможно, и страны в целом.

Современная биология имеет дело с гигантскими объемами данных, которые просто невозможно обработать старыми рутинными методами.

Без применения компьютерной техники и информационных технологий биологи просто не справятся с задачей обработки, хранения и использования постоянно растущего объема информации, полученной в ходе новых исследований. Здесь и приходит на помощь биоинформатика.

В общем смысле, биоинформатика – это использование компьютерных, математических и статистических методов для решения биологических задач. Сейчас биологические исследования очень разнообразны, появился целый ряд новых наук, так называемых «омик» (*геномика, транскриптомика, протеомика, метаболомика* и др.), многие из которых уже заняли место в современной биологии. Также существуют и междисциплинарные научные направления, например системная биология. Она ставит своей целью объединить все в единую картину, изучая и моделируя взаимодействия в живых системах. Биоинформатика в этом смысле может рассматриваться как специфический новый раздел биологии или как современное междисциплинарное направление, характерное для обеих наук.

Биоинформатика, молекулярная генетика, бионика.



Знание и понимание

1. Что изучает бионика? Перечислите, с какими науками она связана.
2. Объясните, почему важно развивать биоинформатику.
3. Определите связь между биоинформатикой и другими разделами биологии.

Применение

1. Для чего применяют метод, при котором один или несколько мономеров ДНК, РНК или белков устанавливают друг под другом и рассматривают их генетические сходство и различия? Что выявляют с помощью такого сравнения?
2. Приведите примеры, как биоинформатика продвигает современную медицину в разных странах и направлениях.

Анализ

1. Изобразите в виде схемы применение методов биоинформатики.
2. Покажите на примерах, какие мероприятия по объединению данных проводятся в экономической и (или) социальной среде в Казахстане. Касается ли цифровизация только одной науки?

Синтез

1. Порассуждайте, могла ли биоинформатика как отрасль сформироваться на 10, 20, 30 лет позже или раньше. Обоснуйте ответ относительно каждого временного отрезка.
2. Порассуждайте, можно ли создать компьютерные модели живых систем (экосистем, клеток, организмов), которые бы абсолютно точно отражали реальные процессы. Ответ обоснуйте.

Оценка

1. Обсудите и оцените, что помогает в обработке научных данных. Выскажите ваше мнение о причинах, почему сейчас появляются так много новых отраслей наук, смежных дисциплин (биохимия, биофизика, биоинформатика, биотехнология), как это помогает человечеству в целом. Считаете ли вы, что и дальше стоит развивать новые смежные науки или нужно остановить создание междисциплинарных направлений и решать задачи в рамках одной науки?

§ 43–44. Метод экстракорпорального оплодотворения, его история и эффективность

Цель изучения этой темы: объяснить значение метода экстракорпорального оплодотворения.

*Что такое **оплодотворение**? Какие клетки формируются для участия в этом процессе и какие после его завершения? Что такое **имплантация**?*



Что нужно повторить для успешного изучения темы? § 45, 47, 50 – учебник для 9 класса.

ЭКО, или **экстракорпоральное оплодотворение**, – это медицинская манипуляция, представляющая собой искусственное оплодотворение вне женского организма. Официально назначением процедуры ЭКО занимаются только врачи (профессионалы с медицинским образованием). Показаниями к применению ЭКО являются различные формы мужского и женского бесплодия, не поддающиеся иным видам терапии, или вероятность преодоления которых с помощью ЭКО выше, чем другими методами. При отсутствии противопоказаний ЭКО может проводиться по желанию супружеской пары или женщины, не состоящей в браке при любой форме бесплодия. Противопоказания для ЭКО существуют, но речь о них, как и о медицинских подробностях самой процедуры, пойдет в следующих параграфах.

Методика ЭКО предполагает следующие этапы и манипуляции:

- 1) Извлечение яйцеклеток из организма будущей генетической матери и забор сперматозоидов будущего отца.
- 2) Оплодотворение отобранных яйцеклеток отобранными сперматозоидами происходит в пробирке (чашке Петри) вне организма женщины – «в стекле», т. е. *in vitro*. Именно поэтому возник первый широко растиражированный журналистский термин «дети из пробирки».

3) После успешного получения размножающихся зародышевых клеток на ранней стадии (на стадии бластулы – 48–72 часа в среднем) эмбрион имплантируют в полость матки женщины. Это может быть генетическая мать, если у нее нет медицинских противопоказаний для беременности и родов, или *суррогатная мать* – женщина, согласившаяся на процесс вынашивания и родов не своего (генетически чужого) ребенка.

4) Последующее после ЭКО ведение беременности и роды в целом не отличаются от обычных. Повышенная вероятность осложнений в течение беременности и родов связана не с искусственным оплодотворением как таковым, а с увеличенным средним возрастом рожениц и более частым многоплодием среди пациентов ЭКО.

Технологию ЭКО осуществляют в специализированных медицинских учреждениях в условиях амбулаторного лечения (не нужно ложиться в больницу).

История ЭКО. Первым удачным экспериментом по оплодотворению яйцеклетки вне организма человека, завершившимся наступившей беременностью и благополучными родами, стали работы двух ученых-энтузиастов **Патрика Стептоуна** и **Роберта Эдвардса**, проведенные в клинике Борн-Холл Кембриджского университета. Дата 25 июля 1978 г. считается днем начала эры ЭКО. Именно в этот день родилась Луиза Браун – первый в мире ребенок, зачатый «в пробирке».

Сейчас Луизе уже больше 40 лет, она замужем и имеет здорового ребенка, зачатого обычным способом. Более 15 лет Луиза работает воспитательницей в детском саду. Ее муж по профессии ди-джей. Он на 7 лет старше своей «необычной» супруги, но относится к истории ее появления на свет без предрассудков.



Роберт Джеффри Эдвардс (25 сентября 1925 – 10 апреля 2013)
Родители, для которых диагноз «бесплодие» перестал звучать как приговор, называют технологию, изобретенную доктором Эдвардсом, *медициной надежды*

Рождению Луизы предшествовали более 600 неэффективных попыток переносов эмбрионов в полость матки (за исключением наступления внематочной беременности у одной из пациенток в 1975 г.). Официальное признание Роберт Эдвардс получил гораздо позже: только в 2010 г. он стал лауреатом Нобелевской премии в сфере медицины «за разработку технологии искусственного оплодотворения». В чем же заключалось открытие именно Эдвардса? Дело в том, что до него

ученые извлекали яйцеклетку слишком рано. Иначе говоря, пытались оплодотворить еще не готовое к оплодотворению яйцо. А после оплодотворения зародышу не давали достаточно времени, чтобы сформироваться. В общем, люди слишком спешили.

Именно Эдвардс установил, что созревание женских яйцеклеток *in vitro* происходит в течение 36–37 часов после пика лютеинизирующего гормона, который и является сигналом к овуляции.

Через год после успеха, в 1980 г., в австралийской лаборатории Алекса Лопаты и Карла Вуда появился мальчик – второй искусственно зачатый ребенок. А в 1981 г. родилась Элизабет Карр, первый малыш «из пробирки» в Америке (США).

Первую процедуру ЭКО на территории бывшего СССР провели в Москве в 1986 г. Родилась абсолютно здоровая девочка, которая ничем не отличалась от обычных детей, обладала хорошим иммунитетом. В данный момент она проживает в г. Севастополе, имеет пока одного сына, зачатого обычным способом. Вторым ребенком «из пробирки» в СССР стал мальчик. Он благополучно появился на свет в Ленинграде (ныне Санкт-Петербург) в 1987 г.

Первая процедура была проведена на базе ЦНИИ охраны здоровья матери и ребенка, в лаборатории экспериментальной эмбриологии под руководством профессора Бориса Васильевича Леонова и академика РАМН Владимира Ивановича Кулакова. Через десять лет после рождения первого ЭКО-ребенка ученые, проводившие процедуру, получили премии правительства Российской Федерации за работу «Программа ЭКО в лечении бесплодного брака».

- В 1944 г. первым о возможности помочь бесплодным парам задумался американский исследователь Гамильтон. Он начал изучать возможности извлечения яйцеклеток и их оплодотворения. Существенных результатов ему добиться не удалось. Зато теоретическую базу доктор создал превосходную.
- В этом же 1944 г. в другой американской клинике вдохновленные опытами Гамильтона коллеги провели около 800 опытов и получили всего лишь три яйцеклетки, которые смогли дробиться в условиях вне материнского организма до состояния двух бластомеров.
- В 1951 г. доктор Чанг (США) приходит к выводу, что неудачи его коллег были связаны с отсутствием понимания, в какой среде должна находиться и оплодотворяться яйцеклетка. Он приступает к разработке питательных сред.
- В 1954 г. произошел значительный прорыв в репродуктологии, когда советский ученый Г. Петров описал все стадии дробления оплодотворенного ооцита. Теперь ученые всего мира знали, в каком направлении двигаться дальше.
- В 1966 г. британский ученый-физиолог Роберт Эдвардс приходит к сенсационному выводу: яйцеклетки в организме женщины созревают в течение

36 часов после пика лютеинизирующего гормона. За это его удостоили Нобелевской премии в 2010 г.

- В 1973 г. в Австралии Карл Вуд смог провести первую подсадку оплодотворенной яйцеклетки женщине. Успех был оглушительным, правда, через некоторое время эмбрион отторгся, беременность прервалась.

Эффективность ЭКО в настоящее время, безусловно, выше, чем 40 лет назад. Сегодня в мире живет около 6 млн людей, зачатых «в пробирке», и их количество постоянно растет. В 1990 г. на нашей планете насчитывалось свыше 20 тыс. детей, зачатых «в пробирке». В 2010 г. – около 4 млн. В 2017 г. в мире уже 5 млн человек. Если вдуматься, это целый крупный город из людей, зачатых «в пробирке».

От чего же зависит успех процедуры ЭКО и насколько она успешна в процентном отношении? Эффективность лечения бесплодия методом ЭКО составляет около 30–35%. Приблизительно одна из трех пациенток беременеет после процедуры оплодотворения и приблизительно одна из четырех пациенток завершает лечение рождением ребенка. Согласно статистике Европейского общества репродуктивной медицины и эмбриологии за 2010 г., 33,2% пациенток, которым осуществили перенос эмбрионов в матку после процедуры ЭКО, достигли клинической беременности. По опубликованным в 2013 г. данным Российской ассоциации репродукции человека (РАРЧ) в 2011 г. 36,6% пациенток забеременели после проведения процедуры ЭКО, 25,8% женщин, прошедших процедуру ЭКО, родили ребенка.

Эффективность процедуры зависит не только и не столько от качества медицинских манипуляций, сколько и от состояния организма самих будущих мам, обратившихся к медикам. Специалисты-репродуктологи рекомендуют обращаться как можно раньше. Ведь естественные шансы на беременность, как и шансы ЭКО, с возрастом снижаются. Например, для девушек младше 35 лет шанс родить ребенка (именно родить, а не просто забеременеть) при выполнении одного цикла ЭКО равняется 54%, что считается достаточно хорошим показателем. А уже к 42 годам вероятность составляет всего 13%. Ведь в природе в 40–45 лет только 10% яйцеклеток у женщин остаются качественными и пригодными для оплодотворения. Следовательно, невысокий процент успешных рождений детей после процедур ЭКО объясняется еще и возрастом пациенток. Если бы удалось посмотреть статистику успешных процедур ЭКО среди девушек 20–24 лет, этот показатель объективно отражал бы эффективность самой процедуры. Но в этом возрасте мало кто обращается к ЭКО. Многие еще и не планируют стать родителями. Те, кто уже вступил в брак, могут

и не замечать никаких репродуктивных проблем. Если все же проблемы замечены, пациентка пытается решить их другими способами, без ЭКО. Зачастую в этом возрасте беременность действительно может наступить естественным образом.

История ЭКО в Казахстане. Начальным этапом развития отечественной репродуктологии по применению вспомогательных репродуктивных технологий (ВРТ) можно считать 1987 год. В это время в г. Алматы открылся Городской центр репродукции человека (ГЦРЧ), специализированное учреждение по проблемам бесплодного брака. Основателем и первым руководителем Центра стала главный врач Джусубалиева Тамара Муфтаховна. Именно тут началось активное внедрение современных методов и технологий по борьбе с мужским и женским бесплодием.

В 1993 г. началась подготовка по запуску первой лаборатории ЭКО в Казахстане. Это был сложный процесс с привлечением зарубежных специалистов. 25 сентября 1995 г. Управление здравоохранения Республики Казахстан издало приказ № 872-у, согласно которому ГЦРЧ разрешалось внедрить метод экстракорпорального оплодотворения как один из видов платной медицинской помощи населению. Официальной датой открытия первой лаборатории ЭКО в Республике Казахстан стало 5 октября 1995 г. Меньше чем через год, 31 июля 1996 г., родилась первая девочка, зачатая методом ЭКО. В 2000 г. лаборатория приобрела самостоятельный статус и была переименована в Центр ЭКО.

Успехи ЭКО в Казахстане. Со времен первой лаборатории ЭКО, в которой состояло пять сотрудников, данное медицинское учреждение переросло в Научно-практический институт репродуктивной медицины, в котором сейчас работают более 200 специалистов.

На сегодня в Казахстане функционируют всего 26 центров ЭКО. Расположены они в таких городах, как Алматы, Нур-Султан, Шымкент, Атырау, Актобе, Усть-Каменогорск, Караганды. Из них 4 государственных и 22 частных клиники.

В среднем эффективность программы ЭКО в Казахстане составляет от 40 до 46%. Это процедуры, успешно завершившиеся беременностью. В мире результативность варьируется от 19,1 до 50%.

Еще одним важнейшим общепринятым мировым показателем считается *показатель рождения здоровых детей*, зачатых в результате процедуры ЭКО. Средний мировой показатель составляет порядка 25–30%. В Казахстане благодаря поддержке правительства на законодательном уровне этот показатель превышает 38%. Такому состоянию дел способствуют следующие обстоятельства:

1) совмещение центров генетических исследований и центров ЭКО, обязательные консультации с врачами-генетиками;

2) использование только доброкачественного генетического материала (соблюдение строгих ограничений при отборе доноров);

3) постоянное повышение квалификации работников центров, осуществление ими не только практической, но и научно-исследовательской деятельности.

На сегодняшний день в Казахстане родилось уже более 14 тыс. детей. Данный показатель вполне соизмерим с общемировыми тенденциями. Так в Китае осуществляется примерно 1 процедура ЭКО на 1,1 тыс. жителей, а в Казахстане примерно 1 процедура ЭКО на 1,4 тыс.

Экстракорпоральное оплодотворение (ЭКО), суррогатная мать.



Знание и понимание

1. Объясните, почему открытие экстракорпорального оплодотворения стало важным событием в биологии и медицине.
2. Кого считают основателем ЭКО и кто удостоился Нобелевской премии за эту технологию?

Применение

1. Назовите, в каких странах впервые была проведена процедура ЭКО.
2. Докажите на примерах, как постепенное развитие научных достижений в области ЭКО привело к успешным результатам. Какие перспективы появились у человечества благодаря им?

Анализ

1. Проанализируйте причины, по которым процесс беременности и родов затруднен у женщин старше 40–45 лет.
2. Выскажите ваше мнение о том, почему супружеским парам, испытывающим проблемы с деторождением, нужно как можно быстрее проходить обследование. Чем может грозить откладывание решения проблемы?

Синтез

1. Порассуждайте, почему при проведении ЭКО в большей степени важны возраст и здоровье женщины, чем мужчины.
2. Порассуждайте, есть ли сходство и различия между беременностью после ЭКО и зачатием обычным способом. Ответ аргументируйте.

Оценка

1. Напишите реферат о применении методов ЭКО.
2. Обсудите, почему пациенты ЭКО назвали это направление *медициной надежды*. Согласны ли вы с их мнением? Какую роль ЭКО сыграло в жизни конкретных людей?

3. Сегодня процедура ЭКО оценивается в несколько тысяч долларов. Учитывая, что процент манипуляций, завершившийся удачными родами, остается невысоким, оцените экономические и социальные последствия применения методики ЭКО. Как скажется снижение рыночной стоимости в десятки раз на популярности этого метода?

§ 45. Медицинские аспекты метода ЭКО: несколько подробнее о самой технологии (для дополнительного чтения)

Противопоказаниями для ЭКО у женщин является ряд заболеваний. Это все виды онкологических заболеваний, тяжелые наследственные патологии, острые фазы воспалительных процессов половых органов, врожденные деформации половых органов, препятствующие процедуре ЭКО, ряд психических заболеваний. У мужчин официально противопоказаний к процедуре ЭКО почти нет. Болезни, которые могут препятствовать процедуре ЭКО у мужчин, попросту делают саму процедуру изначально неуспешной.

Методы и методики, применяемые для проведения ЭКО сегодня, постоянно совершенствуются. Вкратце: для проведения процедуры ЭКО необходимо получить *яйцеклетки*, получить *сперматозоиды*, провести *оплодотворение*, вырастить эмбрион до такого состояния, чтобы он мог прижиться в организме женщины, ввести эмбрион в полость матки. Остановимся на особенностях каждого из этих моментов несколько подробнее.

Получение яйцеклеток. Для ЭКО их необходимо несколько, чтобы повысить шансы на успех. Поскольку в норме у женщины в течение одного менструального цикла созревает одна яйцеклетка, то для получения нескольких яйцеклеток проводят так называемую процедуру стимуляции, или *суперовуляции*. Для этого назначают прием гормональных препаратов. Режим введения определенных препаратов называют *схемой стимуляции*, или *протоколом*. Существует несколько схем стимуляции, которые подбирают индивидуально для каждой женщины в зависимости от ее возраста, причины бесплодия, состояния яичников и т. д. Подготовительная гормональная терапия может занимать от 7 до 20 дней.

О созревании яйцеклеток судят по ультразвуковым исследованиям, показывающим рост фолликулов в яичнике. При достижении фолликулом определенного размера (16–20 мм) назначают процедуру извлечения яйцеклеток. Ее проводят под общей или местной анестезией, контролируют и направляют непосредственно УЗИ-исследованием. Специальным аппаратом, введенным в тело женщины, производится отсасывание содержимого фолликула – фолликулярной жидкости. Ее исследуют с по-

мощью микроскопа, обнаруживают яйцеклетки. Их омывают (при необходимости могут провести микроскопическое исследование хромосом направляющих телец) и помещают в питательную среду. Яйцеклетки до момента оплодотворения могут находиться в инкубаторе или быть заморожены в жидком азоте, т. е. подвергаются криоконсервации¹.

Получение сперматозоидов осуществляется одним из трех способов. Наиболее легкий и широко распространенный – стандартная процедура самостоятельного забора спермы пациентом с помощью мастурбации. Более сложный способ предполагает использование медицинского презерватива. Самым сложным является хирургический метод, который применяется в исключительных случаях. Сперматозоиды могут быть получены в день оплодотворения, либо используют предварительно полученные сперматозоиды, подвергшиеся замораживанию в жидком азоте и хранению (по положению желательного хранения не дольше шести месяцев).

Перед оплодотворением сперматозоиды отмывают от семенной жидкости и с помощью специальных методов выделяют наиболее качественные из них. При необходимости могут быть назначены исследования хромосом. Выбор пола будущего ребенка в России и ряде других стран запрещен. Однако при наличии у родителей наследственных заболеваний, сцепленных с полом, искусственный выбор пола является обязательным. В США и не только запрет на выбор пола родителями будущего ребенка во время процедуры ЭКО отсутствует. В некоторых клиниках это оговаривается как отдельная услуга.

Оплодотворение в пробирке проводится врачами-эмбриологами в условиях эмбриологической лаборатории или эмбриологического отделения клиники ЭКО. Собственно оплодотворение проводят одним из двух способов. При первом, более простом способе к яйцеклеткам, которые находятся в питательной среде, добавляют суспензию сперматозоидов. Сперматозоиды добавляют из расчета 100–200 тыс. на одну яйцеклетку. В течение 2–3 часов один из сперматозоидов поставляет свое ядро в яйцеклетку, т. е. оплодотворяет ее.

При втором, более сложном способе ядро сперматозоида вводят в яйцеклетку «вручную» с помощью микрохирургических инструментов. Обычно этот способ используют при предопределении пола будущего ребенка или

¹ В наши дни в США и странах Западной Европы используют технологию *отложенное материнство* для тех, кто планирует рожать позже 30–35 лет, но хочет сохранить свои здоровые яйцеклетки. Делается это для того, чтобы впоследствии избежать многих проблем с рождением ребенка. Криоконсервация – замораживание и сохранение яйцеклеток, взятых у женщины в молодом возрасте для последующего использования при ЭКО.

при очень малом количестве сперматозоидов (плохое качество семенного материала), когда шансы на оплодотворение первым способом невысоки.

После проникновения ядра сперматозоида в яйцеклетку (*зигота*) образуется *эмбрион*². Вероятность успешного оплодотворения при ЭКО составляет 60–70%. Эмбрионы содержат в искусственных условиях от 2 до 6 дней³. Для этого используют так называемые CO₂-инкубаторы – шкафы, в которых поддерживается температура 37°C и содержание CO₂ в атмосфере 5–6%. Эмбрионы (т. е. зиготы) в инкубаторах непосредственно содержат в лабораторной посуде (чашки Петри и пр.) со специальным питательным раствором. В него входят основные физиологические ионы (Na⁺, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, Cl⁻, CO₃²⁻ и т. д.), энергетические субстраты (глюкоза, пировиноградная и молочная кислоты), аминокислоты, часто витамины и белки сыворотки крови. За время инкубации эмбрион человека практически не увеличивается в размере. Вспомните процесс дробления зиготы. В первые 4 дня его размер 0,1 мм, на 5-й день – 0,15–0,2 мм, но количество клеток, его составляющих, возрастает многократно. Так в 1-й день это всего 1 клетка – зигота. На 2-й день это уже 4 клетки, значит, прошло два митоза. На 3-й день уже 8 клеток, следовательно, прошел еще митоз. А на 4-й день количество клеток увеличивается от 10 до 20. На 5-й день их становится от 40 до 200 клеток. Это идеальное время для внесения эмбриона в организм женщины.

Перенос эмбриона в матку осуществляют через 2–5 дней после оплодотворения яйцеклетки. Процедура не требует обезболивания и выполняется врачом-гинекологом. Эмбрион переносят в матку, проводя через шейку матки специальный эластичный катетер. Современная практика ЭКО такова, что обычно осуществляют перенос 2–3 эмбрионов, чтобы повысить шансы на успешную имплантацию зародыша.

При невозможности вынашивания плода пациентка может прибегнуть к услугам суррогатной матери в тех странах, где это разрешено законодательно.

² При необходимости может назначаться исследование наличия некоторых хромосомных или некоторых генетических патологий у эмбриона до имплантации. Также этим методом возможно определить пол эмбриона.

³ Вместо инкубатора эмбрионы могут помещаться в холодильник, т. е. подвергаться криоконсервации. В некоторых клиниках по желанию пациентов жизнеспособные эмбрионы замораживают и хранят при температуре жидкого азота, чтобы была возможность осуществить повторный перенос в матку для достижения беременности в случае, если первая попытка оказалась неудачной и имплантация не произошла. Это позволяет повторить только последние этапы ЭКО, а не весь процесс.

§ 46. Этические аспекты экстракорпорального оплодотворения

Цель изучения этой темы: объяснить этические аспекты экстракорпорального оплодотворения.

Что такое ЭКО? Обязательны ли при процедуре ЭКО донорство половых клеток и суррогатное материнство? Кто и почему прибегает к процедуре ЭКО?



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

История формирования общественного мнения по вопросам ЭКО.

С самого своего появления метод ЭКО вызвал в обществе неоднозначную реакцию. Среди людей всегда находились сторонники, их, как правило, было большинство, и противники, считавшие, что такие манипуляции противоречат религии и морали. Доктор Р. Эдвардс не скрывал от общественности ни сам факт успешного ЭКО, ни «противоестественные» особенности предложенной им методики преодоления бесплодия. При этом он сам и его медицинская деятельность критиковались как отдельными людьми, так и общественными группами.

Также известны факты, что матери первого ребенка «из пробирки» приходили целые сумки писем с угрозами. Ей советовали держать ребенка в аквариуме. Из-за этих событий мама Луизы всерьез опасалась за безопасность, и, выходя на прогулки, старалась вести себя максимально осторожно. Но время шло, и, к счастью, до сих пор противники ЭКО ограничиваются только словами, а не действиями.

Аргументы противников ЭКО. Условно всех противников ЭКО можно разделить на две большие группы. Первая группа – это нерелигиозные обыватели, которые считают метод ЭКО опасным и вредным как для здоровья отдельных людей, так и для человечества в целом. Ко второй группе можно отнести как людей религиозных, так и неких необязательно верующих защитников морали, выступающих против ЭКО по морально-этическим или религиозным соображениям.

Доводы первой группы сейчас выглядят несостоятельными. Интересно, что за прошедшие 40 лет изменились и оборудование, и препараты, и сама методика стала результативнее, а негативные «мифы и легенды» относительно ЭКО остались практически на том же уровне. Рассмотрим некоторые из распространенных аргументов противников ЭКО и оценим, имеют ли эти опасения под собой реальную почву.

1) *Зачатые вне тела матери дети будут более больными и слабыми или будут иметь серьезные проблемы со здоровьем.* Практика доказыва-

ет, что это не так. Дети ЭКО менее болезненны и, по имеющимся данным, в среднем обладают несколько лучшим иммунитетом. Кроме того, для части детей ЭКО – это гарантия скорректировать геном и избежать таких генетических заболеваний, как гемофилия.

2) *Дети ЭКО не смогут зачать собственных детей естественным способом или окажутся бесплодными.* Многократно доказано, что это не так. Очень многие из детей ЭКО уже успели забеременеть естественным способом и родить здоровых детей. Есть единичные случаи, когда девочки, рожденные в результате ЭКО, тоже прибегали к подобной процедуре. Но это связано с наследственной патологией развития маточных труб, осложняющей возможность забеременеть естественным путем.

3) *Дети ЭКО сформируются эмоционально холодными, оторванными от родителей.* Не стоит даже опровергать такое заявление ввиду его абсурдности. Эмоциональная привязанность между детьми и родителями формируется не в момент зачатия. Есть масса примеров крепкой эмоциональной связи между родителями и приемными детьми, не являющимися даже кровными родственниками. В то же время есть отдельные примеры резко негативных отношений между родными людьми, не разделенными никакими препятствиями. Скорее, можно предположить, что в семьях ЭКО должны формироваться более теплые отношения, хотя бы потому, что дети в них ожидаемые и желанные. Но сравнительной статистики между семьями, имеющими детей ЭКО, и всеми прочими нет.

ЭКО с точки зрения религии. Сразу следует оговориться, что в разных мировых религиях отношение к ЭКО отличается. Так в мусульманстве, христианстве и буддизме нет единого взгляда на экстракорпоральное оплодотворение. Взгляды разных течений внутри этих религий расходятся.

Иудаизм, с одной стороны, приветствует ЭКО как способ выполнить заповедь «плодитесь и размножайтесь», облегчить страдания бесплодных пар и спасти семьи, которые могли бы распасться из-за бесплодия. При этом, с другой стороны, иудаизм отрицательно относится к ЭКО, так как считает, что существует возможность ошибки или целенаправленная подмена семенного материала, использование эмбрионов для иных целей и другие ситуации, не предусмотренные медицинским протоколом, но теоретически возможные при проведении ЭКО.

В христианстве позиции православия и католицизма резко отличаются. Высшее православное духовенство допускает ЭКО с теми же оговорками, которые характерны и для других религий, кроме католицизма.

По мнению большинства священнослужителей мусульман, православных, буддистов и иудеев ЭКО допустимо, если 1) нет возможности забеременеть иным способом, 2) в процедуре участвует супружеская пара, заключившая союз по законам религии, 3) при процедуре ЭКО нет сур-

рогатного материнства, 4) донорства спермы и 5) донорства или гибели эмбрионов (что приравнивается к аборту, который осуждает любая религия).

Из мировых религий резко отрицательно к ЭКО относится только католицизм, считая, что происходит *разделение* полового акта и акта зачатия. Католическая церковь говорит, что существует «*нерушимая связь, которую человек не может разорвать по собственной инициативе, между объединяющим смыслом и смыслом продолжения рода, в равной степени присущей супружеству*».

Этические аспекты ЭКО, противники ЭКО, отношение религии к ЭКО.



Знание и понимание

1. Объясните, почему важно учитывать разные мнения при обращении к ЭКО.
2. Как вы считаете, что толкало людей, придерживающихся устаревших взглядов, отправлять письма с угрозами и оскорблениями первой семье, решившейся на ЭКО?

Применение

1. Помогает ли научный прогресс сделать процедуру ЭКО более надежной и успешной?
2. Как вы считаете, правильно ли сделал доктор Эдвардс, решив не прекращать свои исследования, несмотря на отрицательные публикации и частично негативную оценку его деятельности в обществе?

Анализ

1. Изобразите в виде схемы все возможные плюсы и минусы применения ЭКО.
2. Докажите на примерах, какие мифы и легенды об ЭКО имеют под собой реальные основания, а какие – вообще далеки от реальности?

Синтез

1. Порассуждайте, почему отношение к процедуре ЭКО со стороны разных религий и даже внутри одной религии неоднозначно. Считаете ли вы, что когда-нибудь отношение к ЭКО станет четко определенным и всеобщим? Что может на это повлиять?
2. Оцените реальную ситуацию, произошедшую с первой семьей, решившейся на ЭКО, у которой родился здоровый ребенок. Считаете ли вы оправданным или обоснованным негативное отношение к ним отдельных членов общества?

Оценка

Устройте диспут или дебаты на одну из предложенных тем, учитывая морально-этическую точку зрения.

- 1) *Любые медицинские обоснованные манипуляции, связанные с процедурой ЭКО, оправданы.*

2) Процедуры ЭКО оправданы только при строго оговоренных условиях (в зарегистрированных семьях и без привлечения суррогатного материнства и т. д.).

3) Процедура ЭКО – это выбор женщины, никто не имеет права влиять на ее мнение: ни общество, ни религиозные деятели, ни близкие люди, ни законодатели.

§ 47. Моноклональные антитела, их выработка, получение и практическое применение

Цель изучения этой темы: объяснить использование моноклональных антител в диагностике и лечении заболеваний.

Как вы понимаете «молекулярное узнавание» и взаимодействие по принципу «подходит как ключ к замку»? Какие клетки в нашем организме могут вырабатывать антитела? Как возникают клетки иммунной памяти?



Что нужно повторить для успешного изучения темы? § 18 – учебник для 8 класса; § 1 данного учебника.

Формирование и значение моноклональных антител в организме человека. Как вы помните, среди иммунных клеток – лейкоцитов – существует совершенно особая группа – В-лимфоциты, которые называют *клетками иммунной памяти*. Именно они отвечают за «запоминание» антигена, т. е. последующее «узнавание» возбудителя болезни и выработку антител, направленных на уничтожение именно этого антигена. На таком механизме основан естественный приобретенный иммунитет.

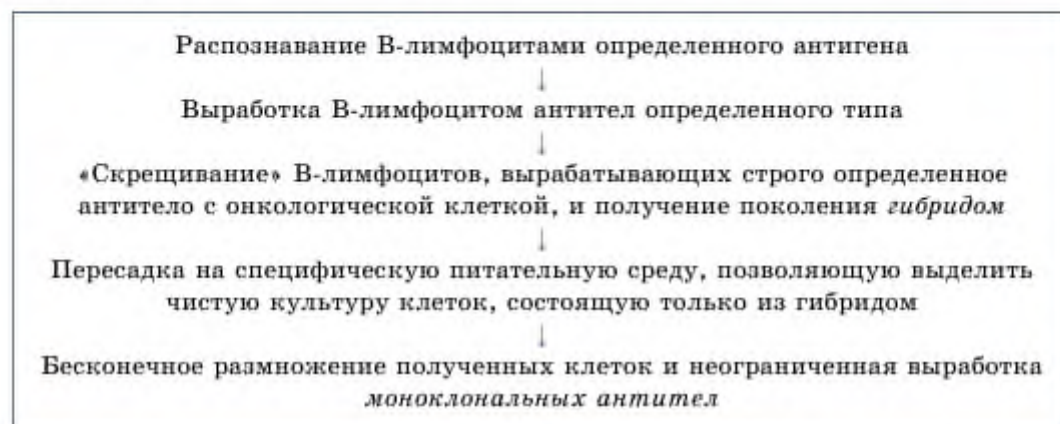
Моноклональные антитела, как и ферменты, обладают высокой специфичностью. Они «узнают» и «взаимодействуют» **только (!)** со строго определенными частями антигенов (молекулами белков или гликопротеидов, встроенными в мембраны). Причем одно *моноклональное антитело* не может связываться с иным, неспецифичным для него антигеном и, соответственно, не может действовать против иного антигена.

Все моноклональные антитела формируются В-лимфоцитами, и только после того, как эта клетка «встретит» антиген. Впоследствии именно «прямые потомки» клетки иммунной памяти сохраняют в себе способность очень быстро вырабатывать антитела при повторной встрече с антигеном. Теперь организм уже не тратит время на «распознавание» врага. Он сразу же вынимает оружие, которым «данный враг будет побежден».

Производство моноклональных антител как перспективное научное направление давно заинтересовало врачей-иммунологов. Успешные работы были проведены в 1970 г. на базе Кембриджского университета уче-

ными Сезаром Мильштейном и Георгом Кёлером. До этих исследований и позже, а затем и в наши дни самым простым способом получения антител было выделять их из крови животных. Лабораторным крысам (иногда обезьянам или лошадям) вводили определенный возбудитель болезни, а потом из их крови извлекали антитела. Эта методика хорошо показала себя при изготовлении многих препаратов. Но у нее был один большой недостаток. Было сложно отделить друг от друга разные антитела. Вместе с «оружием» против данного возбудителя в сыворотку попадали и другие иммунные белки, которых могло быть десятки и сотни. Они были не только не нужны, а иногда и вредны.

Мильштейну и Кёлеру удалось получить «чистые» моноклональные антитела, культивируя В-лимфоциты, «знакомые» только с одним возбудителем. Подобные попытки делались и ранее. Основным новаторством в разработанной методике стало то, что исследователи смогли получить гибридные клетки – *гибридомы* – из В-лимфоцитов и онкологических клеток, что сделало их самовоспроизведение *in vitro* (в пробирке) практически вечным (рис. 40). Сама технология состояла из таких последовательных действий:



За проведенные исследования ученые были награждены Нобелевской премией в 1984 г.

Диагностика и лечение заболеваний с помощью моноклональных антител. Уникальность моноклональных антител как сложных белковых систем заключается в способности узнавать определенное вещество. Обычно этим веществом является белок (реализация ДНК возбудителя, т. е. результат работы *антигенов*) или гликопротеид (*гликопротеин* – сложное вещество, часть молекулы которых белковая – протеидная, или протеиновая, а часть углеводная – *глико*). Эти механизмы используются во многих диагностических процедурах, не связанных с иммунным

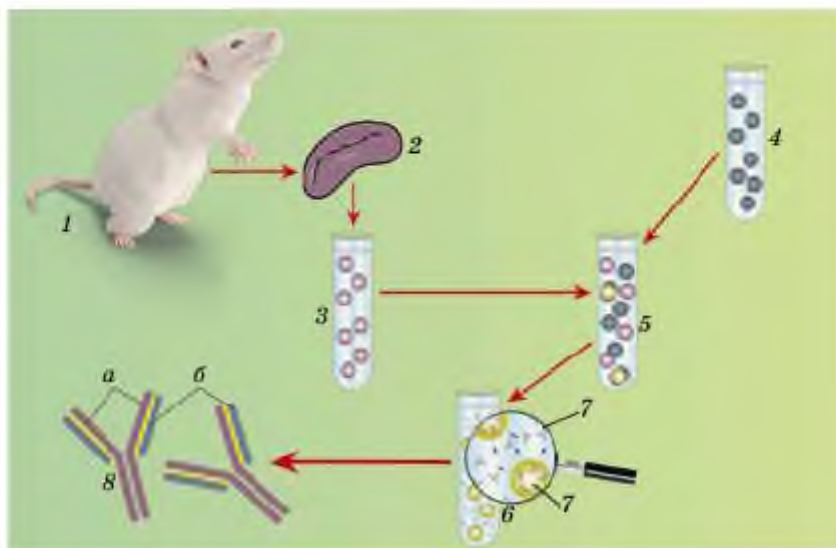


Рис. 40. Этапы получения моноклональных антител

1 – лабораторное животное – мышь, которая подверглась воздействию строго определенного антигена, в результате чего в ее клетках выработались моноклональные антитела, направленные именно против нее, – донор клеток селезенки; 2 – иммунный орган – селезенка лабораторного животного – место формирования клеток иммунной памяти – В-лимфоцитов;

3 – культура клеток селезенки (фиолетового цвета), способных вырабатывать необходимые моноклональные антитела;

4 – онкологические клетки (синего цвета), обладающие способностью к бесконтрольному неограниченному размножению;

5 – образование *гибридом* (желтого цвета) – клеток, возникающих в результате слияния онкоклеток и клеток производителей моноклональных антител;

6 – формирование чистой культуры гибридом на питательной среде, которые синтезируют моноклональные антитела (7);

8 – схематично изображенное моноклональное антитело. Гипотетически цветом показана его двойственная природа: *a* – молекулярная основа, *b* – специфическая часть, «узнающая» антиген.

ответом. Например, всем известный экспресс-тест на беременность основан на изменении окраски, появлении одной или двух голубых полосок. Дело в том, что маркеры представляют собой моноклональные антитела, связывающиеся **только с одним** из гормонов беременности (хорионическим гонадотропином – гормоном человека ХГЧ). При изготовлении экспресс-тестов на беременность антитела биохимически «цепляют» к молекулам (латекс), которые окрашиваются. Механизмы, лежащие в основе изменения окраски, точно копируют механизмы взаимодействия «антиген – антитело». Если гормон беременности присутствует в моче,

он связывается с антителами, «привязанными» к проявляющему окраску латексу. Появляется первая голубая полоска, за которой обязательно должна появиться вторая. Если же гормона беременности человека (ХГЧ) нет в пробах, то окрасятся добавленные в следующее окошко антитела, полученные из организмов мышей. Так у беременных возникают две полоски – одна от связывания человеческих моноклональных антител с гормоном, а вторая – от «мышинных» моноклональных антител, которые дают цвет, не связываясь с человеческим гормоном, а связываясь только с молекулами красителя – латекса. Они дают полоску в любом случае, показывая, что тестирование состоялось и реактивы сработали. Поэтому у небеременных женщин видна одна полоска, а у беременных – две. Если же сам тест некачественный, то не проявляется ни одна полоска.

Подобные же приемы пытаются использовать в различных формах экспресс-диагностики онкологических заболеваний. Это особенно актуально, так как предполагается добиться успешной диагностики рака на самых ранних его стадиях до момента формирования ощутимой видимой опухоли. Делаются попытки разработки маркеров, реагирующих на онкоклетки как на «мишени». В этом случае маркер выступает в роли антитела, а онкологические клетки – в роли антигена. При их взаимодействии («узнавании» и «слипании») удалось бы обнаружить отдельные онкогенные клетки еще до того момента, как они сформировали опухоль.

Одним из перспективных направлений, пока не имеющих подтвержденных практических результатов, является попытка искусственного формирования «волшебных пуль». Это антитела, которые содержат «убойный механизм» – химический или радиоактивный элемент. Они способны «узнать» и «погубить» только клетку с отклонениями в развитии – онкологическую. Предполагается, что при этом антитело не будет реагировать, т. е. взаимодействовать с обычными клетками организма, и будет для них полностью безвредно. Но пока создание клеток или молекул, способных распознавать и уничтожать только поврежденные клетки, является перспективным направлением исследований, а не медицинской реальностью.

Клетки иммунной памяти, моноклональные антитела, гибридомы, антигены, «волшебные пули».



Знание и понимание

1. Что такое *моноклональные антитела*?
2. Объясните, почему важно было получить гибридные клетки.

Применение

1. Для чего изобретают и применяют моноклональные антитела?

2. Назовите причины, по которым стоит развивать технологию применения моноклональных антител.

Анализ

1. Изобразите в виде схемы возможности применения моноклональных антител.

2. Проанализируйте этапы создания моноклональных антител, объясните значение каждого из них.

Синтез

1. Порассуждайте, как «волшебные пули» со временем могли бы решить проблему лечения различных заболеваний.

2. Смоделируйте ситуацию: *«В ближайшем будущем удастся синтезировать моноклональные антитела, распознающие любые клетки нашего организма, имеющие отклонения в развитии».*

Какие перспективы благодаря этому откроются перед человечеством?

Оценка

1. Напишите реферат о разработке и перспективах применения «волшебных пуль».

2. Оцените терапевтические и экономические последствия применения моноклональных антител.

Заключение по разделу «Биомедицина и биоинформатика»

Электромагнитные волны возникают как поле, сопутствующее источнику электромагнитного излучения и способное существовать в вакууме в виде волн даже в отсутствии источника. Разные ЭМВ, отличающиеся своим происхождением и физическими характеристиками, являются частью природных явлений или процессов, созданных людьми. Наиболее безопасны для организма человека радиоволны, тепло (инфракрасное излучение) и видимый свет. Наиболее опасны рентгеновское и гамма-излучение (радиоактивность). В целом можно сказать, что чем меньше длина волн и выше их частота, тем они опаснее.

Степень воздействия ЭМВ зависит от их силы, продолжительности, наличия препятствий между волной и объектом. Любой живой организм в природной среде подвергается различным воздействиям ЭМВ (в том числе и радиоактивных), но они зачастую безопасны (естественный радиоактивный фон). Опасные значения ЭМВ указаны в приложении учебника.

Одним из явлений волновой природы является звук – звуковая волна. Человек способен воспринимать звуковые волны только определенной частоты (20–20 000 Гц). Любые звуковые воздействия, находящиеся на границах восприимчивости (частоты, силы и высоты звука), не являются полезными. Они приводят к нарушениям в работе органа слуха, а также ухудшают состояние организма в целом, поэтому их стоит избегать. Влияние остальных звуков безопасно и может быть полезно.

Биоинформатику можно рассматривать как междисциплинарное направление или раздел биологии, направленный на широкое применение современных методов компьютерного моделирования. Методы биоинформатики в основном применяются в молекулярной генетике (геномике), бионике, экологии, фармакологии и медицине.

ЭКО (экстракорпоральное оплодотворение) – это методика оплодотворения вне организма женщины извлеченными отцовскими гаметами. Метод был разработан и успешно применен Р. Д. Эдвардсом в 1978 г. (Нобелевская премия 2010 г.). С тех пор метод ЭКО успешно применяется во многих странах мира.

Разработка ЭКО позволила многим бездетным семьям обрести детей, одиноким женщинам испытать радость материнства. Сейчас количество детей, родившихся в результате ЭКО, составляет более шести миллионов.

Каждый конкретный случай и, соответственно, методика ЭКО имеют свои особенности. В общем плане это: 1) получение гамет (яйцеклеток через 36–37 часов воздействия лютеинизирующего гормона) от обоих родителей; 2) их оплодотворение в лабораторной посуде (в течение 2–3 часов); 3) помещение эмбрионов (в течение 2–6 дней) в организм матери (генетической или суррогатной). Возможно сохранение (криоконсервация – замораживание в жидком азоте) как гамет, так и эмбрионов на ранней стадии (до имплантации).

Применение методов ЭКО оценивается обществом и отдельными людьми неоднозначно. Крайне негативно ЭКО оценивается католической религией. Неоднозначное отношение высказывают представители исламства, буддизма, иудаизма и православия. При исключении аборт, суррогатного материнства и условия, что родителями становятся мужчина и женщина, заключившие брак по канонам религии, процедура ЭКО представителями духовенства в целом не осуждается.

Моноклональные антитела – иммунные белки, способные реагировать только на один вид антигена – какое-либо вещество белковой природы. Антигеном может быть «узнаваемый» специфический белок на мембране возбудителя болезни, онкологическая клетка или определенный гормон (белок, гликопротеид и т. д.). При производстве моноклональных антител добываются *гибридизации* иммунных клеток В-лимфоцитов, производящих определенные антитела, и онкологических клеток. Полученные в результате *гибридомы* дают возможность производить моноклональные антитела в промышленных масштабах.

Разработка лекарственных препаратов на основе моноклональных антител, воздействующих не на весь организм больного человека, а только на больные клетки (бактериальные или онкогенные) кажутся очень перспективными.

Раздел XI

БИОСФЕРА, ЭКОСИСТЕМА, ПОПУЛЯЦИЯ



§ 48. Взаимосвязь между биоразнообразием и устойчивостью экосистем. Биоразнообразие видов

Цель изучения этой темы: установить взаимосвязь между биоразнообразием и устойчивостью экосистем.

Из каких двух основных компонентов состоит любая экосистема? Как они взаимосвязаны и взаимообусловлены? Какой из компонентов является определяющим?



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

Биоразнообразие. *Экологическая система* – это динамическое и устойчивое сообщество живых организмов (растений, животных, грибов и микроорганизмов), находящееся в постоянной взаимосвязи и непосредственном контакте с компонентами неживой природы (атмосферы, гидросферы и литосферы). Экосистема состоит из биотической (биоценоз) и абиотической (экотоп) частей, которые связаны непрерывным обменом веществ и энергией. В нее поступают энергия Солнца, минеральные вещества почвы, газы атмосферы и вода. Она выделяет теплоту, кислород, углекислый газ, биогенные вещества, переносимые водой, часто накапливающейся в почве, влагу и т. д. Для поддержания экосистем и круговорота веществ необходимо наличие трех групп организмов: продуцентов, консументов и редуцентов.

Для сохранения биоразнообразия в Казахстане в 1994 г. была подписана Конвенция о биологическом разнообразии. В рамках этой Конвенции коллективом авторов (зоологов и ботаников) был подготовлен важный государственный документ «Национальная стратегия и план действий по сохранению и сбалансированному использованию биологического разнообразия» (Кокшетау, 1999). В нем, в частности, дано подробное описание биологического разнообразия страны. Так, флора Казахстана насчитывает более 6000 видов одних только высших растений, из которых 14% видов являются *эндемиками* Казахстана, т. е. они произрастают только в нашей стране и больше нигде в мире. Многие из них являются также реликтами, т. е. сохранились с давних геологических эпох. Например, такой уникальный вид, как *таволгоцвет Шренка*. Фауна Казахстана в свою очередь насчитывает около 835 видов позвоночных животных и несколько десятков тысяч видов беспозвоночных животных. Среди них совершенно особый интерес, с точки зрения сохранения биоразнообразия,

представляет эндемичный для Казахстана вид и род *селевиния*, или *боялычная соня*, открытый В. А. Селевиным в 1938 г. Это было крупное зоологическое открытие XX в. Очень интересен также эндемик Западного Тянь-Шаня *сурок Мензбира*. Среди копытных животных уникален древний реликт *сайгак*.

Устойчивость экосистем. Любая территория, пригодная для обитания по набору абиотических факторов, будет заселяться живыми организмами. Этот процесс заселения территории определенными видами называется *сукцессией*. Первыми организмами, осваивающими новое местообитание, являются лишайники и растения. Формируются растительные сообщества. В ходе сукцессии изменяются видовой состав сообществ и характеристики местообитания. Вслед за растениями в сукцессию вовлекаются представители животного мира, а развивающийся биоценоз становится все более богатым видами. Цепи питания в нем усложняются, разветвляются и превращаются в сети питания.

Сукцессия завершается образованием постоянных сообществ, видовой состав которых в дальнейшем мало изменяется, сохраняясь на протяжении тысячелетий и больше. Скорость сукцессии по мере приближения к этому состоянию снижается. Процесс практически прекращается, когда между элементами биоценоза и физической средой устанавливается равновесие.

Важный показатель экосистемы – *устойчивость*, являющаяся мерой ее чувствительности к нарушениям. *Устойчивыми называются экосистемы, способные сохранять свои особенности на протяжении длительного времени.*

Основные свойства экосистем:

- 1) саморегуляция;
- 2) устойчивость – способность выдерживать изменения, создаваемые внешними воздействиями;
- 3) продуктивность – способность производить биологическую продукцию.

Саморегуляция выступает как ключевое свойство экосистемы. Она проявляется в том, что численность особей каждого вида поддерживается на определенном, относительно постоянном уровне.

Биоразнообразие и устойчивость экосистем. Важнейший показатель стабильного существования экосистемы, ее способности сохраняться неизменной в течение длительного времени и сопротивляться негативным воздействиям – это ее *биоразнообразие*. Существует прямая зависимость: **чем больше разных видов организмов обитают в экосистеме, тем выше ее устойчивость (стабильность).** Это происходит потому, что разные виды,

близкие по экологическим характеристикам, могут частично компенсировать колебания численности друг друга. Так, например, экосистема биоценоза отдельно стоящей сосны, выросшей на горном склоне, конечно, будет обладать меньшим видовым составом (и, разумеется, биомассой), чем группа таких же сосен, растущих в ущелье на небольшом расстоянии. Наиболее богатые видовым составом влажные экваториальные леса (джунгли, сельва) максимально устойчивы. Например, для того чтобы продвигаться по джунглям, люди прорубают себе дорогу, уничтожая растения. Последствия такого воздействия лес компенсирует буквально в считанные дни. Даже такое страшное химическое воздействие боевыми отравляющими веществами, как «Оранж» («Orange»), применявшееся армией США во Вьетнаме, не смогло полностью уничтожить экосистему тропических лесов. Впоследствии она почти полностью восстановилась.

Однако не следует забывать, что при изменении абиогенных условий (количества влаги, температуры, освещенности и др.) в экосистеме с любым биоразнообразием могут начать исчезать одни виды растений, а им на смену придут другие (см. § 52, 53). Фитоциноз будет определять состав зооциноза, соответственно, видовой состав животных будет зависеть от видового состава растений. В конечном счете определяющими в биоразнообразии экосистемы являются абиотические факторы и отсутствие вредного антропогенного влияния.

Например, трехпалые ленивцы питаются некоторыми видами ядовитых деревьев. Употребляя их ядовитую листву, они вынуждены нейтрализовать яды. В результате у них очень продолжительный обмен веществ. Именно поэтому они медлительны и почти не покидают деревья. Практически 80% жизни эти животные проводят в кроне. В результате такой диеты у них исчезла конкуренция за пищу, на них почти никто не охотится. Как известно, ленивцы обитают в джунглях, где экосистема изобилует водой и солнечным светом, который позволяет кормиться и размножаться большому количеству видов животных. В противовес такой экосистеме, как джунгли, существуют пустыни. Из-за недостатка питьевой воды в этой экосистеме может выживать минимальное количество видов, что приводит к ее неустойчивости. Нельзя забывать, что в современном мире появился антропогенный фактор. На пустыни и экономически невыгодные регионы этот фактор почти не влияет, человек всегда приходит в наиболее благоприятные условия среды, где много растительности и устойчивые экосистемы. Но рационально распорядиться природными ресурсами он, к сожалению, не может. За несколько месяцев люди вырубают деревья, на создание которых уходят десятки лет, зачастую истребляют некоторые виды животных. Это подрывает экосистему планеты и приводит к тому, что даже изобилующие жизнью джунгли могут потерять свою стабильность и даже исчезнуть. Поэтому каждый человек должен нести ответ



Лебедь-кликун



Розовый фламинго



Кудрявый пеликан

Рис. 41. Водоплавающие птицы

| | ственность перед природой и задуматься в первую очередь о том, насколько его действия полезны для природы, а не только для него лично.

Биоразнообразие Казахстана велико. Наш долг перед следующими поколениями сохранить биоразнообразие Казахстана. На территории нашей страны селятся 396 видов птиц из 499 существующих, отмеченных на территории Казахстана, остальные посещают ее во время *сезонных миграций*. Особенно богат Казахстан водоплавающей дичью, причем ряд водоемов (Наурызымская, Торгайская, Алакольская и Коргалжынская озерные системы) относится к угольям международного значения. Преобладающие виды – серый гусь, шилохвость, серая утка, кряква, лысуха. Суммарная численность этих птиц, включая и пролетных, по очень приблизительным оценкам составляет от двух до нескольких десятков миллионов особей.

В последнее десятилетие наметился спад численности большинства водоплавающих птиц вследствие деградации мест обитания и возрастающего пресса хозяйственной деятельности (рис. 41). Ежегодно в республике отстреливается в среднем 2,6 млн уток, гусей, лысух и других птиц. Органы и ткани их нередко загрязнены антропогенными токсикантами (различные соли, тяжелые металлы и др.). Иногда это вызывает токсикоз птиц и их гибель. Так уже не раз случалось на Каспийском море

и в Балкаш-Алакольской котловине. Необходимость контроля за этими явлениями осложняется обширностью географических связей казахстанских водоплавающих птиц.

В Казахстане встречается 39 видов дневных хищных птиц (рис. 42). К сожалению, около половины видов, особенно орлы, змеяеды, крупные канюки, соколы и падальщики, в 50-е годы XX в. истреблялись как

вредные хищники. В результате многие из них до сих пор не могут восстановить свою численность и помещены в Красную книгу. Туда же помещен и знаменитый беркут – один из главных геральдических атрибутов на Государственном флаге нашей страны.

Среди 49 видов рептилий тревогу вызывает состояние ресурсов среднеазиатской черепахи. В 1976–1991 гг. было заготовлено и отправлено на экспорт 1 млн 108 тыс. особей. Для частичного восстановления численности необходимо временно прекратить отлов черепах в Арысском массиве (Южно-Казахстанская область).

В последнее время растет потребность фармацевтической промышленности в яде змей, особенно щитомордника. Однако в Казахстане запасы змей не установлены, что пока не дает возможности поставить их промысел на научную основу.

Сайгак – уникальнейший эндемик, гордость нашей страны. В начале XX в. он был на грани исчезновения. Затем, достигнув численности в миллион особей, стал промысловым видом. Сейчас сайгак в нашей стране снова стал малочисленным.

Ихтиофауна Казахстана в последнее время сильно пострадала. В результате деградации водных экосистем Аральского бассейна практически исчезли такие эндемичные виды, как сырдарьинский желопатанос, аральский лосось и туркестанский усач. Бесконтрольная акклиматизация чуждых видов рыб в ряде случаев оказалась не только бесперспективной, но и вредной. Пришельцы вытеснили аборигенов.

Вследствие антропогенных воздействий – массовой распашки целинных земель, зарегулирования стоков рек, перевыпаса, пожаров,



Сокол-балобан



Беркут



Степной орел

Рис. 42. Хищные птицы

широкого применения пестицидов – сильно пострадала фауна наземных и почвенных беспозвоночных, особенно насекомых. По данным специалистов, примерно на 70% уничтожена зональная степная фауна насекомых в Западном, Центральном, Северном и отчасти Восточном Казахстане. Если перечисленные факторы будут действовать в том же темпе, то видовой состав насекомых в перечисленных ландшафтах может сократиться до 20–30%. Господствовать будут отдельные, наиболее пластичные виды, которые могут оказаться массовыми вредителями сельскохозяйственных культур и дикорастущих полезных растений.

Биоразнообразие, устойчивые экосистемы, эндемики Казахстана.



Знание и понимание

1. Что такое биоразнообразие?
2. Объясните, почему важно сохранять биоразнообразие на территории нашей страны и в мире в целом.

Применение

1. Назовите причины, по которым экосистема может быть в большей или меньшей мере устойчива.
2. Сравните свойства экосистем и разные экосистемы с различными характеристиками. Например, ледовая пустыня, тундра, тайга, лиственный лес, болото, озеро, река, лесостепь, разнотравная степь, полупустыня, пустыня. Какие из этих экосистем будут наименее устойчивы? Какие из них нуждаются в большей охране и почему?

Анализ

1. Изобразите в виде схемы экосистему и факторы, влияющие на ее устойчивость.
2. Докажите на примерах (мира или Казахстана), что природные экосистемы в наше время нуждаются в защите.

Синтез

1. Порассуждайте, почему при прочих равных условиях одни экосистемы остаются сохраненными в своем естественном состоянии, а другие – оказываются измененными человеком или прекращают свое существование.
2. Систематизируйте животных, описанных в тексте параграфа, по следующим характеристикам: 1) место обитания, 2) тип экосистемы, 3) встречаемость и (или) эндемичность, 4) роль в экосистеме, 5) заинтересовавшие вас особенности.

Оценка

1. Напишите реферат о примерах сохранения биоразнообразия в мире и Казахстане.
2. Проведите дебаты по резолюции: «Нам (НЕ) под силу полностью сохранить биоразнообразие Казахстана в нынешнем виде».

§ 49. Закон генетического равновесия Харди – Вайнберга

Цель изучения этой темы: объяснить закон генетического равновесия Харди – Вайнберга.

Что такое **популяция**? Чем она отличается от вида? Каков главный признак этого понятия? Что такое **рецессивная аллель**, **доминантная аллель**, **генотип**, **фенотип**, **полное и неполное доминирование**?



Что нужно повторить для успешного изучения темы? § 33 и 60 – учебник для 9 класса.

Формулирование популяционной генетики. Как вы помните, популяция – это группа особей одного вида, длительно живущая на определенной территории, постоянно свободно скрещивающаяся (не менее 100 поколений подряд) и имеющая общий *генофонд*. Популяции изменчивы. Они могут погибать, распадаться, мигрируя или увеличивая свою численность, смешиваться с другими популяциями и т. д. С начала XX в. ученые пытались изучать генетику популяции. Так изучением реальных природных популяций занимался **С. С. Четвериков**, открывший явление *популяционных волн* и признанный основателем популяционной генетики. Одним из крупнейших открытий в этой области считается **закон генетического равновесия Харди – Вайнберга**. Его математическим выражением является формула, позволяющая рассчитать соотношение генотипов в *идеальной популяции*. Почему же популяция должна обязательно быть *идеальной*? Да просто потому, что множество влияющих факторов вносят разные коррективы в реальную жизнь. Это не значит, что данная формула вообще не годится для расчета генотипов в реальных популяциях. Совсем нет. Если популяция находится в равновесии, она стабильна, то вполне возможно, что она будет полностью отвечать требованиям идеальной популяции. Рассмотрим подробнее саму формулу, или уравнение.

Уравнение Харди – Вайнберга исходит из того, что по определенному гену существуют две аллели – доминантная **A** и рецессивная **a**. Соответственно, все особи популяции должны обладать какими-то из этих аллелей, в каких-то определенных соотношениях. Но так как аллелей две, только они будут у всех особей популяции. Следовательно, верна будет формула: $A+a=1$ (или **100%**), это не вызывает сомнений. Для формулы авторы решили обозначить аллели иными символами. Для **A** – **p**, а для **a** – **q**. Теперь формула приобретает вид: $p + q = 1$ (или **100%**). Это

соотношение аллелей, а формула позволяет рассчитать соотношение генотипов. Вспомним, что для моногибридного скрещивания, в котором существуют всего две аллели – доминантная и рецессивная, возможно только три вида генотипов. Это *доминантная гомозигота AA*, *гетерозигота Aa* и *рецессивная гомозигота aa*. В результате формула соотношения генотипов выглядит следующим образом: $p^2 + 2pq + q^2 = 1$ (или **100%**). Или, если обозначить генотипы классическими символами, то вид уравнения будет следующий: $A^2 + 2Aa + a^2 = 1$ (или **100%**).

Решение уравнения Харди – Вайнберга. Есть стандартный набор действий, позволяющий решить данное уравнение, если нам известна одна из величин. В курсе алгебры 8 класса вы ознакомились с ними. Для желающих в этом параграфе мы даем подробную пошаговую инструкцию, по которой удобно решать данное уравнение.

Итак, поговорим об условии задачи, решаемой с помощью формулы Харди – Вайнберга. Предположим, в некоем заповеднике средней площади, но четко ограниченном от окружающих его незаповедных территорий, проживает популяция зайцев, хорошо описанная учеными-экологами, благодаря скрытым камерам, фотоловушкам и систематическим наблюдениям. Точно известно, что количество особей в этой заповедной популяции – 3728. Из них светло-серой окраской обладают 849 особей. Исходя из количественных соотношений, логично предположить, что именно светло-серая окраска является рецессивной, а темно-серая – доминантной. Следовательно, особей с генотипом **aa** – 849. Нам необходимо найти общее количество гетерозигот и доминантных гомозигот. Ход решения следующий:

1) Чтобы выяснить значение q^2 , необходимо разделить количество рецессивных гомозигот – 849 на общее число особей популяции – 3728, так как все особи популяции и составляют 100%, или 1. Следовательно:

$$q^2 = 849 : 3728 = 0,2277.$$

2) Чтобы узнать значение q , имея значение q^2 , необходимо извлечь корень. Извлекаем корень из $0,2277 = 0,477$. Следовательно, $q = 0,477$.

3) Чтобы узнать значение p , отнимаем q от 1. Вычитаем $1 - 0,477 = 0,523$. Следовательно, $p = 0,523$.

4) Чтобы узнать значение $2pq$, перемножаем их значения и умножаем на 2: $0,477 \times 0,523 \times 2 = 0,499$. Следовательно, $2pq = 0,499$.

5) Чтобы получить количество гетерозигот в процентах, умножаем $0,499$ на 100%. Получаем 4,99 или цифру, близкую к 5%.

6) Чтобы узнать абсолютное количество гетерозигот – *носителей* рецессивной аллели серой окраски, имеющих темно-серый доминантный фенотип из общего количества особей в популяции, проведем вычисление через пропорцию: $5\% \times 3728 / 100\% = 186$ гетерозигот **Aa**.

7) Проверим выполненные расчеты, высчитав количество доминантных гомозигот **AA** тем же способом. Если $p = 0,523$, следовательно:

$$p^2 = 0,523 \times 0,523 = 0,273.$$

Исходя из формулы $p^2 + 2pq + q^2 = 1$, подставляем имеющиеся значения:

$$0,273 + 0,499 + 0,2277 = 0,9997.$$

Если округлить, ответ равен 1. Почему возникла цифра на десятичные меньше единицы? Это произошло потому, что уже в первом действии мы округлили величины до четвертого знака после запятой.

Условия идеальной популяции. Как уже говорилось ранее, уравнение Харди – Вайнберга соблюдается не в любой природной популяции. Рассмотрим, какие же условия должны выполняться, чтобы популяция находилась в равновесии и к ней было применимо данное уравнение.

1) Популяция должна быть свободно скрещивающейся, а негермафродитной, самоопыляемой и неклонирующейся. Значит, например, для гаплоидных дрожжевых грибов данная формула, конечно, не подойдет.

2) В популяции не должно быть мутационного процесса и не должны появляться новые аллели. Ведь они в формуле не учитываются.

3) В популяции не должно быть значительных миграций. Иными словами, не должно быть такого, чтобы, например, бóльшая часть светло-серых зайцев убежала в соседний лес, а оттуда прибежали темно-серые зайцы и т. д. Если происходит катаклизм, например лесной пожар, то число «мигрантов» может превосходить всю исходную популяцию. Понятно, что в таких условиях никакие формулы не будут отражать реальную картину распределения количественного соотношения аллелей. Ведь тогда это будет уже «новая популяция», которую снова надо исследовать, подсчитав зайцев разных окрасок и произведя вычисления.

4) Против одной из аллелей не должен действовать естественный отбор. Если носители определенной аллели будут все время погибать или оставаться бесплодными, то уравнение тоже не будет «работать». Ведь предполагается, что генотипы примерно равны по степени выживаемости их носителей, а аллели равны по вероятности перейти к потомкам.

5) Популяция не должна быть очень малочисленной. Ведь в малочисленных популяциях может легко погибнуть значительная часть особей (более 50%), а случайно выживут представители с каким-то одним генотипом. Кроме того, в малочисленных популяциях происходят близкородственные скрещивания, что в принципе повышает гомозиготность и делает их генетически нестабильными.

Идеальная популяция, генетическое равновесие, доминантный, рецессивный, гомозигота, гетерозигота, дрейф генов.



Знание и понимание

1. Как вы понимаете, что такое *популяция* и ее *генофонд*?
2. Определите связь между буквенными символами $A, a, p, q, A^2, 2Aa, a^2, p^2, 2pq, q^2$ и генетическими терминами: *рецессивная аллель, доминантная аллель, рецессивная гомозигота, доминантная гомозигота, гетерозигота*. Какие из них каким соответствуют?

Применение

1. Для чего применяют уравнение Харди – Вайнберга?
2. Назовите, при каких условиях в природной популяции может не соблюдаться уравнение Харди – Вайнберга?

Анализ

1. Изобразите в виде схемы условия, которым должна соответствовать идеальная популяция, чтобы в ней полностью соблюдалось равновесие Харди – Вайнберга.
2. Докажите на примерах, что, зная количество рецессивных гомозигот, можно высчитать количество всех носителей рецессивной аллели в популяции.

Синтез

1. Порассуждайте, почему при малом количестве особей в изолированной популяции перестает действовать закон генетического равновесия Харди – Вайнберга, но начинает действовать явление *дрейф генов*.

2. Порассуждайте и обоснованно докажите, для каких из перечисленных популяций точно не будет действовать закон генетического равновесия Харди – Вайнберга, а для каких будет действовать с большой долей вероятности. Объясните, почему.

1) Среди 100 000 клеток стафилококковой инфекции обладают резистентностью к антибиотику 68.

2) На поле гороха посевного среди 7589 горошин найдено 1392 зеленых, остальные желтые.

3) На приусадебном участке, где выращивается капуста, в июне обнаружено 1256 тлей, из них 390 – пестро-серые, остальные имеют сплошную зеленоватую окраску.

4) На поле поймано 4711 кузнечиков, 482 из которых были желтые, остальные зеленые.

5) Больные сахарным диабетом встречаются с частотой 1 из 200.

6) Находящийся на горной вершине Тибета эндемичный вид саранчи насчитывает 429 особей, из них 33 обладают недоразвитыми крыльями, а остальные нормальными.

7) На территории заповедника экологами отслежено 2376 волков, из которых 98 – коротконогие, остальные имеют нормальную длину ног.

Оценка

1. Напишите реферат об истории открытия и применении закона генетического равновесия Харди – Вайнберга.

2. Оцените количество гетерозигот в следующих случаях и показателях:

1) На поле поймано 4711 кузнечиков, 482 из которых были желтые, остальные зеленые.

2) Больные сахарным диабетом встречаются с частотой 1 из 200 среди 18 млн населения. Каково количество носителей данной болезни?

3) На территории заповедника экологами отслежено 2376 волков, из которых 1978 – коротконогие, остальные имеют нормальную длину ног.

4)

Искомые гетерозиготы среди:	Гетерозиготы		
	Количество особей	%	Встречаемость: 1 на количество особей
1) кузнечиков			
2) носителей гена диабета			
3) волков			

§ 50. Сохранение редких и исчезающих видов растений и животных

Цель изучения этой темы: объяснить, почему необходимо сохранить редкие и исчезающие виды растений и животных.

Что такое вид? Как отличить виды друг от друга?



Что повторить для успешного изучения темы? § 60 – учебник для 9 класса.

История создания Красной книги. Каждый биологический вид обладает присущими только ему свойствами, которые при надлежащем исследовании могут оказаться бесценными для человека. В этом одна из причин необходимости сохранения всего генофонда растительного и животного мира нашей планеты. К сожалению, люди слишком поздно поняли это. В результате их недальновидной деятельности многие виды животных и растений исчезли навсегда. Только к 1969 г. выяснилось, что начиная с 1600 г. (когда стали появляться письменные свидетельства об исчезновении видов) безвозвратно исчезли 36 видов млекопитающих и 94 вида птиц, а 120 видов млекопитающих и 187 видов птиц оказались на грани исчезновения. Сведения эти были собраны членами Комиссии по выживанию видов (SSC) Международного союза охраны природы (МСОП, или IUCN), который в июле 1966 г. подготовил и издал «RedDataBook» – Красную книгу фактов (1966). Так появился этот термин. Цвет в данном

случае означает опасность. Одновременно SSC ведет Черный список видов растений и животных, исчезнувших полностью из биосферы. Занесение в Красную книгу фактов означает, что тот или иной вид животных или растений действительно нуждается в повседневной заботе. Каждая страна, на территории которой обитает вид, занесенный в Красную книгу фактов, несет моральную ответственность перед всем человечеством за сохранение этого сокровища природы.

В 70-е годы в развитых странах стали появляться *национальные Красные книги*, в которые, помимо видов, входящих в международную Красную книгу, стали заносить те виды, у которых неблагоприятное положение именно на территории данной страны. Поскольку эти книги учреждались правительственными органами, то в отличие от международной Красной книги они получили статус государственных документов.

В Казахстане вопрос о редких и находящихся под угрозой исчезновения видах животных впервые обсуждался на республиканском совещании «Исчезающие и редкие звери и птицы Казахстана, меры по их охране и воспроизводству» (Алма-Ата, 1973). Результатом этого совещания стала подготовка Красной книги.

Первая часть Красной книги Казахской ССР, посвященная позвоночным животным Казахстана, была издана (1978) благодаря подвижнической деятельности видного зоолога А. А. Слудского. В нее занесены 87 видов и подвидов позвоночных животных: млекопитающих (31), птиц (43), пресмыкающихся (8), земноводных (1) и рыб (4). В 1981 г. увидела свет вторая часть Красной книги Казахской ССР, в которую занесено 307 видов растений. Во второе издание Красной книги (1991) впервые включены беспозвоночные животные – насекомые, моллюски, черви, ракообразные и паукообразные. Дальнейший сбор информации по редким видам животных привел к появлению третьего издания Красной книги (1996). Она является основным документом, содержащим «совокупность сведений о состоянии редких, сокращающихся в численности и находящихся под угрозой исчезновения видов животных и растений на территории республики (рис. 43, 44), необходимых мер по их изучению, охране, воспроизводству и рациональному использованию».

Занесенные в Красную книгу виды животных и растений подлежат *особой охране на всей территории* Республики Казахстан. Добывание (сбор) этих видов запрещены на всей территории республики, кроме случаев, предусмотренных законодательством.

В третье издание Красной книги Казахстана включены 125 видов позвоночных и 99 видов беспозвоночных, т. е. 22,5% всего разнообразия млекопитающих республики, 11,4% видового многообразия птиц, 20,4% –

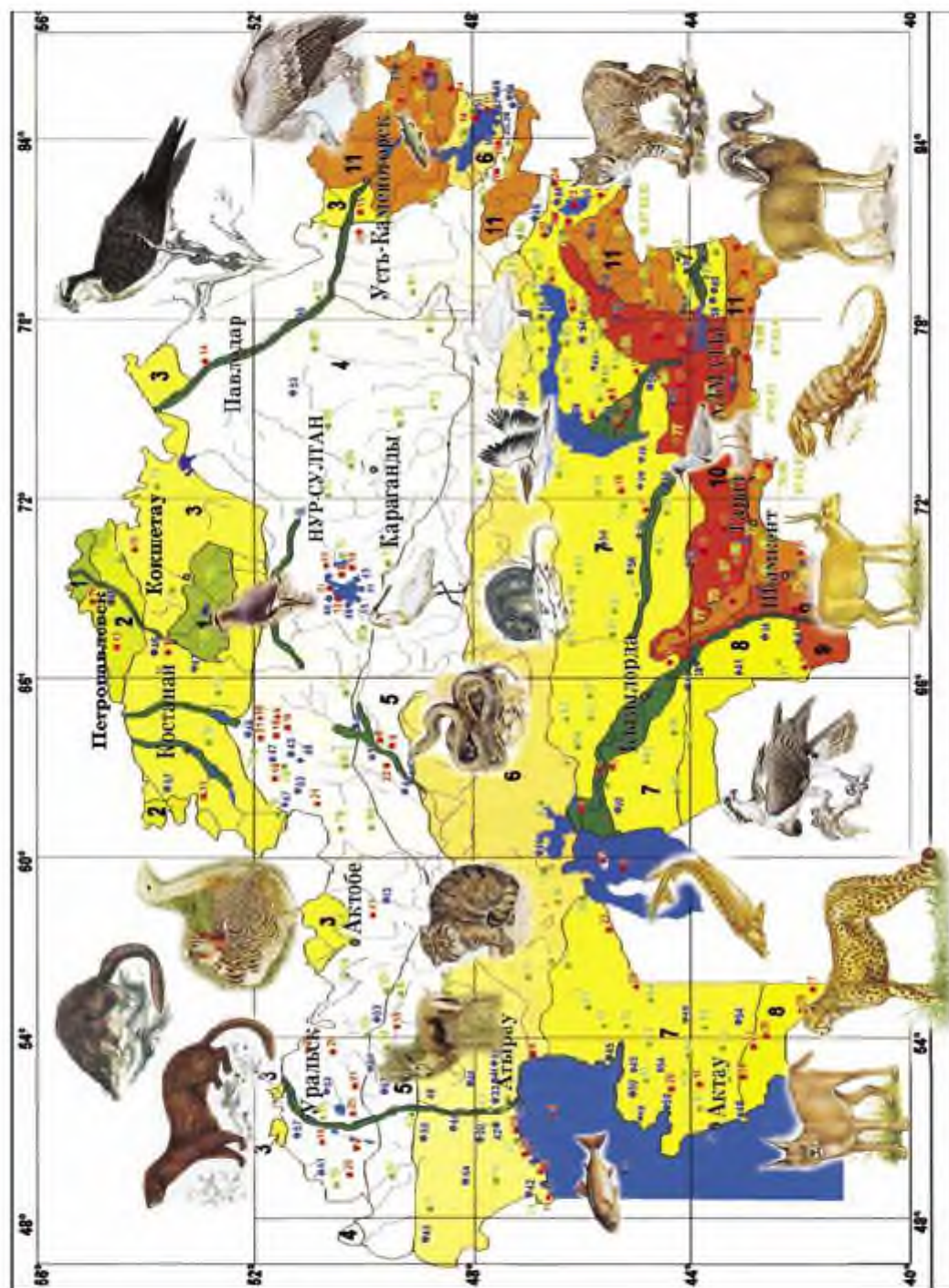


Рис. 43. Редкие животные Казахстана

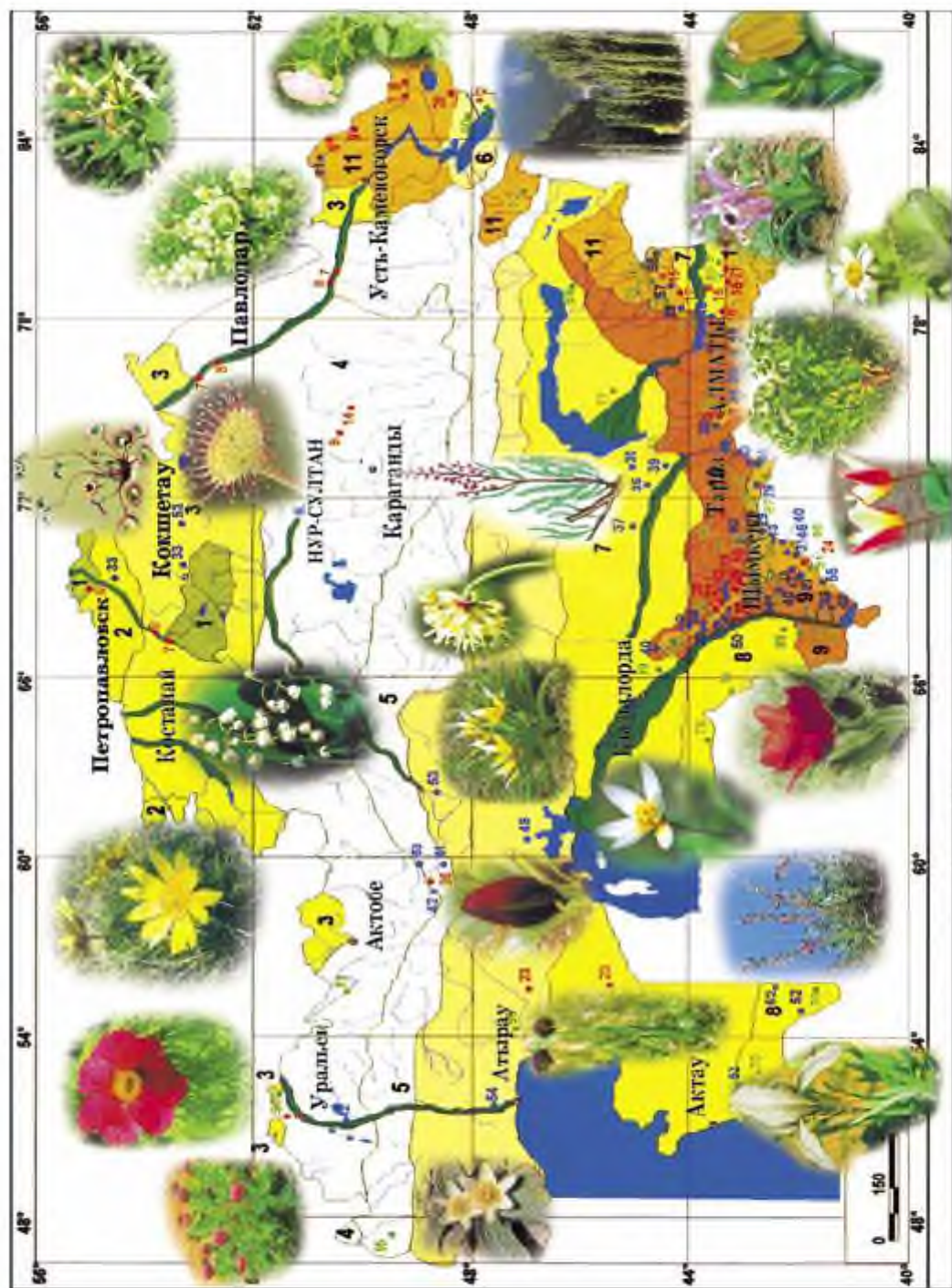


Рис. 44. Редкие растения Казахстана

пресмыкающихся, 25% – земноводных, 15,4% – рыб и буквально доли процента беспозвоночных.

Категории Красной книги. Поскольку далеко не все животные, занесенные в Красную книгу, в равной степени нуждаются в защите, они разделены на 5 категорий-статусов: исчезающие, сокращающиеся, редкие, неопределенные и восстановленные. Анализ Красной книги по категориям статуса показывает, что только четвертая часть занесенных в нее видов (подвидов) *позвоночных животных* (31 вид) находится под угрозой исчезновения, что составляет около 4% всего биологического разнообразия позвоночных животных Казахстана. Почти столько же (28 видов) относятся ко второй категории – резко сокращающих численность.

Половину *исчезающих видов* (15) составляют птицы (розовый пеликан, белый аист, гусь сухонос, мраморный чирок, савка, скопа, орлан-долгохвост, соколы балобан, шахин и сапсан, белый журавль стерх, дрофа, кречетка, тонкоклювый кроншнеп, реликтовая чайка). Вторую половину – 9 видов млекопитающих (красный волк, европейская норка, медоед, гепард, каракал, тугайный благородный олень, или хангул, 3 подвида горных баранов (рис. 45) – алтайский, кызылкумский, каратауский) и отдельные изолированные популяции 7 видов рыб (сырдарьинский желопатонос, каспийский и аральский лососи, аральская популяция шипа, лысач, чуйская остролучка и илийская популяция илийской маринки).

Ряд видов из приведенного перечня, по всей вероятности, уже не встречается на территории и в акваториях Казахстана. Это, прежде всего, красный волк, европейская норка, гепард, кызылкумский горный баран, аральский лосось (рис. 46), сырдарьинский желопатонос, лысач. Причины их исчезновения носят в основном антропогенный характер. Для



Рис. 45. Три подвида горных баранов – алтайский (1), кызылкумский (2) и каратауский (3) – относятся к I категории Красной книги (исчезающие виды)



Рис. 46. Для восстановления популяций аральского лосося (1) и щуковидного жереха (2) необходимо организовать их искусственное разведение, ограничить любительский лов, усовершенствовать рыбозащитные устройства в оросительных системах и т. д.

перечисленных рыб – это трагедия Аральского моря, для наземных хищников и кызылкумского барана – прямое истребление человеком и подрыв кормовой базы, а для европейской норки – вытеснение и поглощение ее более сильным конкурентом, американской норкой. Среди земноводных и пресмыкающихся представителей первой категории (исчезающих видов) в фауне Казахстана нет.

Вторая категория (*сокращающиеся виды*) также представлена в основном птицами: кудрявый пеликан, желтая цапля, колпица, каравайка, фламинго, краснозобая казарка, лебедь-кликун, змеяд, орлан-белохвост, алтайский улар, султанка, черноголовый хохотун, филин, стрепет, джек (рис. 47). Рыб в ней 7 видов: каспийская минога, волжская многотычинковая сельдь, таймень, бухтарминско-зайсанская популяция нельмы, аральский и туркестанский усачи, балкашская популяция балкашского окуня. На третьем месте – млекопитающие (выхухоль, среднеазиатская речная выдра, туркменский кулан, тьянь-шаньский архар и сурок Мензбира), а за ними – серый варан и центральноазиатская лягушка.



Рис. 47. Дрофа-красотка, или джек

Около половины видов и подвидов позвоночных животных Красной книги относятся к третьей (38,4%) и четвертой (10,4%) категориям статуса (*редкие и неопределенные виды*) и не требуют незамедлительных мер по сохранению и восстановлению численности. Их занесение в этот документ носит в значительной степени превентивный характер. Среди них стоит упомянуть

таких представителей, как семиреченский лягушкозуб (эндемик Жетысусского Алатау), безногая ящерица желтопузик, черный аист, серпоклюв, три вида орлов (могильник, беркут, орел-карлик), бородач, стервятник, два вида рябков (чернобрюхий и белобрюхий), бурый голубь (при более пристальном изучении может оказаться представителем второй категории, поскольку численность сокращается очень быстро), снежный барс, тьяншаньский бурый медведь, туркестанская рысь, манул, барханный кот, перевязка, лесная и каменная куницы, джейран, устюртский и казахстанский подвиды горного барана, селевиния, пятипалый и трехпалый карликовые тушканчики и др.

К пятой категории статуса (*восстановленные виды*) относятся лишь 4 вида птиц – малый лебедь, степной орел, журавль-красавка и синяя птица, численность которых достигла былых величин и продолжает расти. Это кандидаты на выход из Красной книги, и они будут исключены из нее, как только выяснится, что им уже ничто не угрожает.

У *беспозвоночных животных*, основу которых (на 86%) составляют насекомые, картина несколько иная. Здесь в краснокнижном списке главенствуют редкие виды (третья категория – 48,5%), а ко второй категории относится 38,4%, т. е. вместе они составляют почти 87% всего списка. Только шесть видов (6,1%), по мнению казахстанских энтомологов, находятся под угрозой исчезновения. Причем три из них (жужелица илийская, оленек и подвижноногий навозник), по всей вероятности, уже не встречаются на территории Казахстана. Еще три кандидата в небытие – голубянка Панопа и два вида червецов – галловый и удлиненный.

Необходимо отметить особенности беспозвоночных животных, имеющие прямое отношение к проблеме охраны редких и исчезающих видов. К ним практически неприменима видовая охрана, столь эффективная для таких крупных животных, как сайга, архар или дрофа. Здесь исключительное значение приобретает создание комплексных резерватов (типа микрозаповедников) при условии хорошей представленности их во всех основных ландшафтных зонах Казахстана.

Основные пути сохранения биологического разнообразия Казахстана в несколько упрощенном виде можно свести к трем.

1. *Законодательная база* представлена законами «Об охране и использовании животного мира» и «Об охране окружающей природной среды». К сожалению, эти законы пока не решают полностью стоящих перед ними задач.

2. *Разработка научных обоснований* сохранения биологического разнообразия. Необходимо разработать четкие критерии, чтобы пра-

вильно и безошибочно выявлять виды животных и растений, благополучие которых нарушено и которым может грозить исчезновение. Особое внимание обращать на состояние популяций, изолированных географически или экологически от основной части ареала вида.

3. *Практические мероприятия по сохранению и восстановлению* состоят в охране животных и их местообитаний не только в заповедниках, но и за их пределами. Ведь невозможно сохранить вид животных или растений в *состоянии естественной свободы*, не сохраняя необходимые для его существования местообитания. С другой стороны, невозможно превратить в заповедник весь Казахстан, а тех долей процента его территории, которые сейчас заповеданы, вряд ли достаточно для сохранения очень многих видов.

Необходимо создание *резерватов* редких видов, даже для одного определенного вида (подвида, популяции). Понятие *заповедник* как эталон природного комплекса гораздо шире, чем только сохранение редких видов животных или растений. Созданием одних только заповедников проблему редких видов не решить. Для этого очень важны *заказники* как более гибкая и удобная форма. В отличие от заповедников они могут быть любого размера, вплоть до крохотных. Создавать их можно в любой точке ареала данного вида (подвида) и на любой срок. Они могут быть сезонными, например на период зимовки, колониального гнездования (для птиц) или вегетации (для растений).

Экологическое образование должно быть ранжированным на определенные категории населения: руководящие кадры, бизнесмены-предприниматели, работники СМИ (пресса, радио, телевидение), вузы, школы, дошкольные учреждения. У каждой из этих категорий свое экологическое мировоззрение. Издание массовым тиражом научно-популярной литературы, содержащей увлекательно изложенную экологическую и биологическую информацию, способно привлечь в ряды защитников природы многих энтузиастов.

Задачи не только экологического, но и патриотического воспитания успешно решает природный (экологический) туризм. Он очень популярен у населения страны, так как дарит отдых, положительные эмоции и укрепляет здоровье. Но в большинстве случаев он выражается в загородных выездах, пикниках, рыбалках, ночевках на природе и т. д., которые сопровождаются захлаплением мест отдыха и даже пожарами. Коммерческие турфирмы организуют обзорные вертолетные экскурсии, горные и альпинистские восхождения, водные путешествия, орнитологические экспедиции, оказывают услуги гидов, проводников и т. д. Но доходы от этих мероприятий не идут на оздоровление

окружающей природной среды. Экологические экскурсии, проводимые государственными заповедниками и национальными парками, могут не только решать вопросы просвещения, но и финансировать проведение природоохранных мероприятий.

Легенда к карте
«Редкие животные Казахстана» (рис. 43)

Критически угрожаемые

Рыбы

1. Сырдарьинский желопатанос
2. Шип (аральская популяция)
3. Каспийский лосось
4. Аральский лосось
5. Щуковидный жерех (лысач)
6. Илийская маринка
7. Чуйская остролучка

Птицы

8. Кудрявый пеликан
9. Розовый пеликан
10. Белый аист
11. Гусь сухонос
12. Мраморный чирок
13. Савка
14. Скопа
15. Орлан-долгохвост
16. Валобан
17. Шахин
18. Сапсан (сокол)
19. Стерх
20. Дрофа
21. Кречетка
22. Тонкоклювый кроншнеп
23. Реликтовая чайка

Млекопитающие

24. Красный волк
25. Европейская норка
26. Медоed
27. Гепард
28. Каракал
29. Тугайный олень
30. Алтайский горный баран
31. Кызылкумский горный баран
32. Каратауский горный баран

Угрожаемые

Рыбы (и круглоротые)

33. Каспийская минога
34. Волжская многотычинковая сельдь

35. Таймень

36. Нельма (бухгармино-зайсанская популяция)

37. Аральский усач

38. Туркестанский усач

39. Балхашский окунь

Амфибии и рептилии

40. Центральноазиатская лягушка

41. Серый варан

Птицы

42. Желтая цапля

43. Колпица

44. Каравайка

45. Фламинго

46. Краснозобая казарка

47. Гусь-пискулька

48. Лебедь-кликун

49. Змееяд

50. Орлан-белохвост

51. Алтайский улар

52. Султанка

53. Стрепет

54. Джек

55. Черноголовый хохотун

56. Филин

Млекопитающие

57. Выхухоль

58. Речная выдра

59. Туркменский кулан

60. Тянь-шаньский горный баран

61. Сурок Мензбира

Уязвимые

Рыбы

62. Белорыбица

63. Кутум

Амфибии и рептилии

64. Семиреченский лягушкозуб

65. Пестрая круглоголовка

66. Желтопузик

67. Полосатый полоз
68. Краснополосый полоз
69. Желтобрюхий полоз
70. Четырехполосый полоз

Птицы

71. Малая белая цапля
72. Белоглазая черныт
73. Орел-карлик
74. Орел-могильник
75. Беркут
76. Бородач
77. Стервятник
78. Кумай
79. Серый журавль
80. Журавль-красавка
81. Чернобрюхий рябок
82. Белобрюхий рябок
83. Саджа
84. Бурый голубь
85. Илийская саксаульная сойка

Млекопитающие

86. Тянь-шаньский медведь
87. Каменная куница
88. Лесная куница
89. Перевязка
90. Барханный кот
91. Манул
92. Туркестанская рысь
93. Снежный барс
94. Джейран
95. Устьюртский горный баран
96. Казахстанский горный баран
97. Индийский дикобраз
98. Селевния
99. Пятипалый карликовый тушканчик
100. Карликовый тушканчик Гептнера
101. Гигантский слепыш

Легенда к карте

«Редкие растения Казахстана» (рис. 44)

Критически угрожаемые

1. Ковыль уклоняющийся
2. Лук дернистый
3. Тюльпан Регеля
4. Тюльпан Островского
5. Ювона алматинская
6. Башмачок пятнистый
7. Башмачок настоящий
8. Башмачок крупноцветный
9. Надбородник безлистный
10. Тополь беркаринский
11. Строгановия коренная
12. Качим аулиеатинский
13. Ленец Минквица
14. Барабарис каркаралинский
15. Астрагал чарынский
16. Астрагал джимский
17. Кахрис Гердера
18. Ферула илийская
19. Шренкия пушистоцветная
20. Ложная шандра пустынноколосниковая
21. Иконниковия Кауфмана
22. Недзвецкия семиреченская
23. Марена меловая

24. Островския великолепная
25. Криптокодон одноглавый
26. Наголоватка мугоджарская
27. Щитовник мынжилкенский
28. Ромашник Келлера

Угрожаемые

29. Жестковенечник пятирогий
30. Таволгоцвет Шренка
31. Лук пскемский
32. Лук Сергея
33. Горичвет весенний (адонис)
34. Польша цитварная
35. Курчавка вальковатолистная
36. Курчавка Мушкетова
37. Смолевка бетпақдалинская
38. Ферула сюгатинская
39. Тюльпан Альберта
40. Тюльпан Грейга
41. Ятрышник шлемовидный
42. Шпажник черепитчатый
43. Аллохруза качимовидная
44. Козелец тау-сагыз
45. Эремурус Иларии
46. Иридодиктиум Колпаковского

- | | |
|--------------------------------|------------------------------------|
| 47. Юнона великолепная | 73. Плагнобазис васильковый |
| 48. Спаржа Введенского | 74. Аутумналия Бочанцева |
| 49. Жужгун печальный | 75. Трихантемис аулиеатинский |
| 50. Песчанка турланская | 76. Тюльпан Королькова |
| 51. Резуха Попова | 77. Тюльпан Бема |
| 52. Катран беззубый | 78. Тюльпан Лемана |
| 53. Росянка круглолистная | 79. Астрагал Рубцова |
| 54. Альдрованда пузырчатая | 80. Астрагал белойлочный |
| 55. Бадаи угамский | 81. Астрагал копальский |
| 56. Молочай Ярослав | 82. Астрагал почтитройчатый |
| 57. Волосореберник Голоскокова | 83. Остролодочник колючий |
| 58. Семеновия Рубцова | 84. Остролодочник Недзвецкого |
| 59. Наголоватка превосходная | 85. Стеллеропсис тьянь-шаньский |
| 60. Кузиния Вавилова | 86. Цельнолистник Евгения Коровина |
- Уязвимые**
- | | |
|-----------------------------------|----------------------------|
| 61. Тонконог жестколистный | 87. Шренкия Культиасова |
| 62. Меч-трава обыкновенная | 88. Щуровския Маргариты |
| 63. Физандра солончаковая | 89. Хетолимон щетинистый |
| 64. Рафидофитон Регеля | 90. Марена Резниченко |
| 65. Бочанцевия каратавская | 91. Угамия ангресная |
| 66. Лжепустынноколосник Северцова | 92. Рябчик бледноцветковый |
| 67. Пастернаковник ледниковый | 93. Шафран Королькова |
| 68. Канкришиелла Крапешинникова | 94. Смолевка меловая |
| 69. Пушистотычиночник лопатчатый | 95. Кувшинка белая |
| 70. Мягкоплодник критмолистный | 96. Льянка меловая |
| 71. Козополянския туркестанская | 97. Тюльпан Зинаиды |
| 72. Метастахис стреловидный | 98. Тюльпан Кауфмана |
| | 99. Тюльпан Борцова |
| | 100. Жимолость каратавская |

Категории статуса, Красная книга Казахстана, Красная книга фактов, Международный союз охраны природы.



1. Докажите необходимость или ненужность сохранения редких и исчезающих видов растений и животных.
2. Кратко охарактеризуйте особенности охраны растений.
3. Кратко охарактеризуйте особенности охраны животных.
4. Докажите условность деления организмов на «полезные» и «вредные».
5. Охарактеризуйте отличия: а) заповедников от заказников; б) заповедников от национальных парков; в) национальных парков от памятников культуры.
6. Расскажите, что вам известно о работе каких-либо природоохранных организаций, направленной на сохранение исчезающих видов.
7. Предложите возможные меры по сохранению исчезающих видов.

§ 51. Использование различных биологических и статистических методов при анализе состояния экосистем

Цель изучения этой темы: ознакомиться с исследованиями экосистемы, используя статистические методы анализа.

Какие компоненты и организмы характерны для экосистем? Какова их роль? Как можно оценить состояние реальных экосистем?



Что нужно повторить для успешного изучения темы? § 1–3 – учебник для 7 класса.

Биологические методы применяются для изучения живых объектов. Они очень разнообразны. Так, для характеристики растительного покрова применяются методы *геоботаники*.

Растительные сообщества являются важнейшим экологическим объектом. Именно они определяют состав живых организмов, их разнообразие и количество. Для того чтобы дать характеристику растительности на больших участках, применяются *метод ключевых участков*, или *метод трансект*. В качестве ключевого участка берется небольшая площадка (1 м²) с характерной для данной экосистемы растительностью и детально описывается. Определяются ее видовой состав, высота растений (ярусность), их плотность (обилие), вегетативное состояние (цветение или увядание) и ряд других характеристик в зависимости от целей исследования. Затем полученные результаты интерполируются на большие территории при условии их однообразия. В другом случае исследование растительности, например подсчет деревьев, ведется при прохождении по определенному маршруту – трансекту. При применении метода трансекта удается дать характеристику крупным лесным массивам. Результаты обследования деревьев должны включать в себя их видовую принадлежность, количество взрослых деревьев и поросли, их высоту, а также другие характеристики в зависимости от целей исследования. Деревья подсчитываются по обе стороны от маршрута на ширину 2–3 м. Затем данные, полученные на небольшом участке, интерполируются на весь лесной массив при условии, что эта экосистема однородна и там нет крупных болот, озер или гор.

Численность животных, например почвенных организмов, определяется аналогично методу ключевых участков. На небольшом, характерном для данной экосистемы участке вынимается почва и производится подсчет ее обитателей. Затем эти данные интерполируются на весь массив.

Среди многочисленных методов учета птиц чаще всего применяется тот же метод трансект, только ширина полосы учета достаточно велика. Она варьирует от 25 м по каждую сторону от маршрута, если он проходит в лесу или другой закрытой местности, до 250 м в открытой степи. Сами птицы учитываются не только визуально, но и по голосам (для различения их требуется определенный навык). Протяженность маршрута вычисляется по времени его прохождения, умноженному на скорость движения. Иногда при пеших маршрутах используется так называемый шагомер, а при учетах с автомобиля пользуются спидометром. Причем скорость движения для достоверности учетных данных не должна превышать 50–60 км/ч. На воде проводятся количественные учеты птиц с лодки или другого судна.

Помимо маршрутных в орнитологии применяются также *площадочные методы учета*. Заслуживает упоминания *метод пятиминутки*, когда в течение 5 мин с одной точки учитываются все птицы в радиусе, доступном для их опознания визуально и по голосу. Затем учет повторяется в другой точке и т. д. Площадь учетного круга должна быть определена для каждого типа местности в зависимости от обзора и акустики.

Млекопитающие, большинство из которых ведет очень скрытный (часто ночной) образ жизни, мало поддаются непосредственному наблюдению. Их учитывают либо с помощью выставляемых на определенной площади ловушек, либо по следам (особенно зимой, по снегу). Для учета крупных зверей, обитающих на обширных просторах степей и пустынь, применяют так называемые *аэровизуальные методы*. При этом животных считают прямо с борта небольшого самолета или вертолета, пролетающего на высоте 100–200 м. Именно таким методом ведут зоологи Казахстана регулярные учеты сайгаков, джейранов, архаров и некоторых других млекопитающих. Еще более точные данные получают в результате применения *аэрофотосъемки*. Так подсчитывают тюленей и копытных в огромных скоплениях, а также гнезда колониальных птиц.

Большой арсенал методов учета численности у энтомологов. Пользуясь основным классическим *методом кошения*, идущий исследователь производит 100 взмахов сачком по траве, после чего подсчитывает количество добычи по видам животных. Для подсчета обитателей кроны отдельно стоящего куста под ним устанавливают выпуклостью вниз зонтик большого диаметра и на него стряхивают сидящих на кусте насекомых и других беспозвоночных животных.

Математические методы и компьютерное моделирование в экологии позволяют просчитывать возможные изменения экологической ситуации в том или ином случае. Так, при моделировании можно предположить,

к каким последствиям приведет увеличение или сокращение численности какого-либо вида для экосистемы в целом. В случае вредного выброса каких-либо веществ эти методы позволят оценить ущерб, роль мероприятий по его ликвидации и время, необходимое для восстановления экологического равновесия. Прежде чем приступить к изменению экологической обстановки, например в случае акклиматизации нового вида в условиях Казахстана, необходимо учесть все последствия. Нужно помнить, что результаты моделирования только в том случае будут достоверными, если в компьютерную программу были заложены безошибочные исходные данные. Надежные сведения, например, об интенсивности размножения, о питании, скорости роста, проценте смертности и динамике численности, могут быть получены только в ходе полевых и лабораторных исследований.

На территории нашей страны действуют мониторинговые службы, фиксирующие различные показатели состояния окружающей среды.

Значение случайной выборки и использование статистических методов анализа данных. Применение математических и статистических методов обработки данных позволяет исследователю выявить и предотвратить ошибки, допускаемые при анализе результатов исследования.

В практике невозможно исследовать все биологические объекты, их показатели или все компоненты биологической системы. Поэтому, для того чтобы сделать достоверные предположения об изучаемом явлении, используют только обследованные части – *выборки*. **Выборка** – это исследованная часть чего-либо, некоей *генеральной совокупности*. Методом выборки пользуются не только биологи, но и социологи, фармакологи, маркетологи, экономисты и т. д. В идеале выборка должна отражать все свойства генеральной совокупности. Так, например, если исследуется некий лесной массив, то достоверной выборкой не может быть его опушка или берег лесного озера, так как организмы, обитающие на берегу или на опушке, будут явно отличаться от обитателей основной лесной чащи.

Основными условиями достоверности выборки являются:

- 1) ее типичность – соответствие генеральной совокупности;
- 2) случайность (при случайной выборке снижается вероятность недостоверности);
- 3) максимальный объем (чем больше выборка, тем выше ее достоверность).

Так в физиологии человека при анализе достоверности тех или иных диагностических методик выборки менее 30 объектов вообще считаются недостоверными. Для исследования организма человека минимально пригодной считается выборка в 50 испытуемых. Достоверным в той или иной степени считается объем выборки от 200 до 1000–2500 человек.

Одной из самых надежных манипуляций для повышения достоверности считается сравнение результатов независимо проведенных исследований двух и более выборок.

Какие бы методы сбора данных исследователи ни использовали, для статистической обработки результатов они применяют три основных показателя:

- 1) выявление совокупностей;
- 2) средняя арифметическая величина (или среднее значение);
- 3) среднее квадратическое значение.

Остановимся на двух из используемых показателей несколько подробнее.

Выявление совокупности – это измерение значения того или иного показателя и его распределение в популяции (экосистеме или иной исследуемой биологической системе). Например, показатель роста учащихся. Допустим, вы измерили рост всех учащихся в параллели 11 классов. Эти показатели можно записать, используя алфавитные списки учеников классов, указывая напротив каждой фамилии ученика его рост. При этом, допустим, в вашей школе три 11 класса и соответственно три списка. Если вы решите правильно оформить полученные данные в виде *выявленной совокупности*, вам будет необходимо составить таблицу, отражающую максимальный и минимальный рост, а также степень встречаемости каждого показателя. То есть такая таблица будет иметь следующие ячейки и включать в себя информацию о росте учеников всех трех классов в совокупности:

	max	Другие значения роста, см											min
Рост	186	182	179	175	172	171	169	167	165	162	150	146	148
Кол-во уч-ся с данным показателем	1	2	1	16	7	3	26	1	4	2	6	2	1

Понятно, что такая выборка чисто гипотетическая. В трех классах вообще может не оказаться учеников с ростом от 162 до 150 см. Маловероятно также и то, что учеников именно с ростом 169 см оказалось больше всего – аж 26 человек. Данная таблица дается только в качестве примера, это не реальные данные. Но видя, как составляются подобные таблицы, вы можете сделать вывод о сведениях, которые можно из них извлечь. *Пределы варьирования признака* – это максимальное и минимальное его значения – 186 и 148 см. Соответственно их разброс (*дисперсия*) составляет 38 см, или 23,5% от среднего значения. Наиболее часто встречаемый

показатель – 169, второй по встречаемости показатель – 175, а максимально редко встречаемых показателей четыре – 186, 179, 167 и 148 соответственно. На основе имеющихся данных можно выстроить график *встречаемости признаков* или построить *вариационный ряд*.

Средняя арифметическая величина. Как вы знаете, это сумма всех показателей вариантов, разделенная на количество вариантов. То есть средний рост для этой выборки составит 161,7 см:

$$186 + 182 \cdot 2 + 179 + 175 \cdot 16 + 172 \cdot 7 + 171 \cdot 3 + 169 \cdot 26 + 167 + 165 \cdot 4 + 162 \cdot 2 + 150 \cdot 6 + 146 \cdot 2 + 148 / 75 = 161,7.$$

Средняя арифметическая величина обладает рядом свойств:

1. Если к каждому значению выборки прибавить или отнять одну и ту же величину, или умножить и разделить на одну и ту же величину, то средняя арифметическая увеличится или уменьшится на эту же величину.
2. Алгебраическая сумма отклонений отдельных вариантов совокупности от средней арифметической этой совокупности равна нулю.
3. Сумма квадратов отклонений вариантов совокупности от средней арифметической меньше суммы квадратов отклонений от любой другой величины.

Средняя арифметическая величина является важным параметром, характеризующим выборку. Она используется для характеристики любых совокупностей в технике, медицине и биологии. Это обобщенная характеристика совокупностей, составляющих выборку. Иногда значение средней арифметической величины реально не существует, например 4,5 потомка или 161,7 см роста, хотя при измерении миллиметры не учитывались. В этом смысле средняя арифметическая является абстрактной величиной, но в то же время это и конкретная величина, характеризующая типичное состояние признака в выборке.

Биологические методы, методы геоботаники, метод ключевых участков, площадочные методы учета, метод пятиминутки, аэровизуальные методы, аэрофотосъемка, метод кошени, средняя арифметическая величина (или среднее значение), среднее квадратичное значение.



Знание и понимание

1. Объясните, почему невозможно, вычислив количество деревьев на одном участке леса, расположенном около озера, интерполировать их количество на территорию всего лесного массива.

2. Определите связь между разнообразием и количеством популяций животных на одной территории. Как эти показатели будут связаны с растениями, произрастающими в этой экосистеме.

Применение

1. Для учета численности каких организмов применяют методы аэровизуальной съемки и аэрофотосъемки? Почему используют именно их?

2. Сравните методы подсчета млекопитающих, применявшиеся до технического прогресса в лесах или закрытых местах обитания.

Анализ

1. Проанализируйте примеры, какие методы подсчета млекопитающих применяются в Казахстане, объясните, по какой причине применяют каждый конкретный метод и при подсчете каких животных.

2. Выскажите ваше мнение о причинах, по которым нельзя производить подсчет млекопитающих методом трансекта и (или) применять площадочные методы учета.

Синтез

1. Порассуждайте, почему при подсчете птиц используется не только визуальный метод. Расскажите, какие методы подсчета птиц вы знаете.

2. Порассуждайте, как могли быть получены данные о приживаемости нового вида на новой территории.

3. Смоделируйте ситуацию: *«В ближайшем будущем в лесном массиве размером 29 га случится пожар, который уничтожит 30% деревьев».*

Какую помощь при этом может оказать компьютерное моделирование?

Оценка

1. Напишите реферат о применении методов компьютерного моделирования в области защиты окружающей среды. Как они применяются в нашей стране и других странах?

2. Оцените экономические и экологические последствия применения метода компьютерного моделирования при заселении какой-либо территории новым видом.



Лабораторная работа № 7.

Исследование состояния экосистемы своего региона с использованием статистических методов анализа.

Цель: исследовать экосистемы своего региона в полевых условиях, используя статистические методы анализа.

Оборудование: мерная лента, линейка, весы, транспортир, компьютер, калькулятор, любые иные средства учета численности организмов (например, почвенное сито, позволяющее извлекать и подсчитывать разных по размерам тела обитателей почв при последовательном просеивании через систему сит с разным диаметром отверстий; бинокли и подзорные трубы, если выбранной экосистемой будет берег Каспия, например, в г. Атырау для более точного подсчета количества птиц лучше воспользоваться оптикой).

Ход работы

- 1) Заранее выберите участок (экосистему), наметьте границы территории, на которой будет вестись подсчет.
- 2) Исходя из особенностей избранного участка (или целой экосистемы) определитесь с методами и оборудованием, которые вы будете применять.
- 3) Произведите измерения, применив как можно больше математических методов для обработки полученных результатов (рассчитываются средние показатели, например масса животных или длина стеблей, количество листьев (цветков, плодов) или самих растений, их плотность и т. д.).
- 4) Максимально используйте компьютерную технику. Воспользуйтесь готовыми формулами в программе Excel либо создайте сами такие формулы, которые максимально облегчат задачу дать наиболее полное описание экосистемы с использованием методов статистического анализа.
- 5) Для оценки видового разнообразия описываемых экосистем предлагается использовать указанные в параграфе первый или второй индексы Маргалефа.
- 6) Оформите результаты в виде отчета с применением таблиц и окончательных выводов по итогам проведенной работы.

Заключение по разделу «Биосфера, экосистема, популяция»

Одним из важнейших показателей состояния экосистемы является ее устойчивость. Это способность сохранять свои особенности в течение длительного времени. Экосистемы формируются на определенных территориях с характерным климатом, рельефом, химическим составом воды, почвы и рядом других специфических характеристик неживой природы. Первыми в неживой природе должны поселиться продуценты – лишайники и (или) растения. Вслед за растениями в экосистеме поселяются животные. Как только видовой состав растительных и животных сообществ более или менее сформируется, можно говорить о приобретении экосистемой (биоценозом) определенной устойчивости. Чем большее количество видов живых организмов заселяет экосистему, тем выше ее устойчивость. Это проявляется в способности противостоять негативным воздействиям. Если видовое разнообразие велико, то при сокращении численности организмов одного вида его экологическую функцию может взять на себя другой вид (часто близкий по экологическим характеристикам). Такая экосистема имеет больше шансов сохраниться в течение длительного времени. Самые богатые видовым биоразнообразием экосистемы – влажные экваториальные леса – джунгли и сельва. Самые бедные – пустыни (арктические или песчаные). Но сейчас из-за действий человека уничтожаются именно богатейшие, устойчивые экосистемы. В то же время пустыни остаются более не тронутыми.

Биоразнообразие Казахстана велико, количество экосистем из-за обширных и разнообразных территорий тоже огромно. Наш гражданский и человеческий долг – сохранить его для будущих поколений. С этой целью была создана и трижды переиздавалась Красная книга Казахстана. Созданы заповедники, заказники и другие охраняемые природные территории. На государственном уровне ведется работа по учету, охране и размножению редких видов животных и растений, создаются условия для их сохранения.

Особи одного вида в экосистемах образуют популяции, обладающие общим генофондом – совокупностью аллелей генов. Для расчета численности тех или иных носителей различных генотипов в популяции применяется уравнение Харди – Вайнберга:

$$p^2 + 2pg + g^2 = 1, \text{ или } 100\% .$$

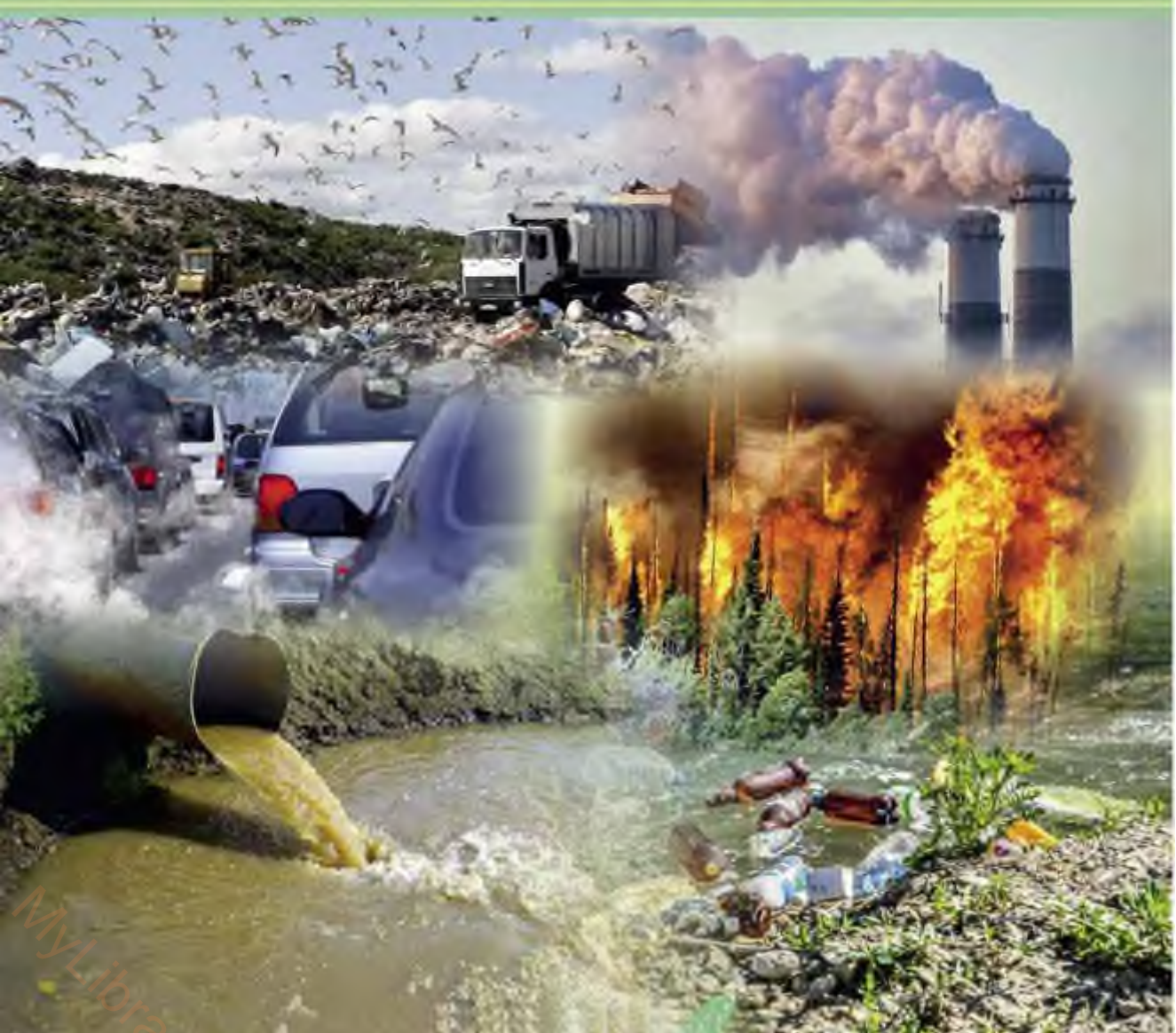
Эта формула позволяет рассчитать количество гетерозигот, доминантных и рецессивных гомозигот в популяции, если известен один из показателей (например, количество рецессивных гомозигот, которые часто хорошо различимы внешне). Но данное уравнение «безупречно работает» только в идеальной свободно скрещивающейся популяции. В ней не должно быть новых мутаций, массовых миграций, равные возможности для размножения у особей с разными генотипами и достаточно много организмов, чтобы исключить генетическую депрессию и т. д.

Для изучения природных популяций в реальных экосистемах используются различные биологические и математические статистические методы. Выявляется численность живых объектов на определенной небольшой территории, характерной для данной экосистемы. Это может быть участок или маршрут – трансект. Определяется видовой состав организмов. Может измеряться их размер (рост, вес, степень развития, вегетативное состояние для растений), половой (для большинства раздельнополых животных), возрастной состав и любые иные характеристики в зависимости от целей исследования. Полученные данные статистически (математически) обрабатываются и интерполируются на всю площадь экосистемы. Они считаются относительно достоверными.

При заселении экосистемы новыми видами либо воздействии на нее иными способами могут создаваться компьютерные модели, прогнозирующие изменения видового состава в будущем. Но точное построение таких моделей невозможно без точных вводных данных. Иначе говоря, чтобы строить модель, например размножения того или иного вида, необходимо учесть все возможные факторы его взаимодействия со всеми другими видами экосистемы и с факторами неживой природы.

Раздел XII

ЭКОЛОГИЯ И ВЛИЯНИЕ ЧЕЛОВЕКА НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ



§ 52. Глобальное потепление: причины, последствия, пути решения

Цель изучения этой темы: прогнозировать последствия возможного глобального потепления климата.

Что такое парниковый эффект? Чем он опасен? Выбросы каких веществ его вызывают? Как связаны четыре глобальные экологические проблемы: загрязнение атмосферы, парниковый эффект, озоновые дыры и глобальное потепление климата?



Что нужно повторить для успешного изучения темы? § 9 – учебник для 9 класса; § 58 – учебник для 8 класса.

Характеристика глобального антропогенного воздействия. Влияние человека на окружающую природу носит в основном негативный характер. Но пока человек не начал применять промышленные технологии, оно почти не ощущалось, так как компенсировалось за счет способности природных экосистем к самовосстановлению. После наступления эпохи научно-технического прогресса (НТП) роль антропогенных факторов в изменении условий на планете стала главенствующей.

Рост численности населения влечет за собой интенсификацию масштабов использования природных ресурсов – как возобновляемых, так и невозобновляемых. Так, если в эпоху неолита для удвоения числа живущих на Земле людей потребовалось целых 2500 лет, то в 1900 г. – уже 100, а в 1960 г. – всего 35 лет. В результате перестали существовать 2/3 африканских тропических лесов, значительно сократилась площадь лесов на территории Северной Америки. Не лучше картина в Европе и странах Средиземноморья. Здесь исчезает растительный покров, предохраняющий почвы от эрозии. Неслучайно так участились сильные наводнения даже в густонаселенных районах Европы, где раньше таких явлений не наблюдалось. Восстановление сведенных лесов в большинстве стран идет во много раз медленнее, чем их вырубка.

При этом специалисты считают бесперспективными посадки хвойных лесов на месте вырубленных лиственных видов. Ведь хвойные породы делают почвы кислыми и бесплодными, к тому же они более подвержены пожарам, да и фауна их во много раз беднее.

По подсчетам экологов, лесные пожары ежегодно уничтожают 2 млн т органических веществ. Нужно понимать, что при этом в атмосферу выбрасываются продукты горения: сажа, копоть и углекислый газ. Эти потери леса усугубляются использованием древесины для

производства бумаги, в том числе газетной. В тропических лесах использование монокультур (сахарный тростник, кофейное дерево, банан и др.) истощает почвы, которые потом на много лет выходят из хозяйственного оборота. На острове Мадагаскар, например, в результате такого варварского использования 9/10 территории стали непригодными для сельского хозяйства.

Серьезным просчетом человечества явилось массовое осушение болот, проводимое в XX в. в умеренной зоне Северного полушария. Роль болот как регулятора грунтовых вод выяснили сравнительно недавно. Оказалось, что они, подобно губке, поглощают воду после сильных дождей, предотвращая тем самым наводнения, а летом в жару постепенно возвращают влагу в окружающее пространство. К тому же продуктивность болот как экосистем достаточно высока, а осушение их очень дорогостояще и экономически не оправдано.

Еще одним сомнительным с точки зрения экологии мероприятием, регулярно проводимым в США, является так называемое *омоложение леса* с помощью искусственно вызываемых пожаров. Даже если пожар контролируемый и не выходит за рамки намеченного участка, польза от таких мероприятий вряд ли превосходит приносимый вред.

Причины глобального потепления. Быстрыми темпами загрязняется окружающая среда – воздух, вода, земля. В воздух выбрасывается огромное количество углекислоты, накопление которой в атмосфере приводит к *парниковому эффекту*. Почему же проблема повышения углекислого газа в атмосфере встала остро именно теперь? Основные его выбросы формируют предприятия черной металлургии, все процессы сгорания топлива, процессы гниения (с ростом численности населения значительно увеличилось количество отходов животноводства), лесные пожары и вулканические извержения.

Геологи предполагают, что в прошлых эрах вулканическая активность была выше нынешней, но катастрофического глобального потепления климата не происходило. Дело в том, что самым активным биологическим «поглотителем» углекислого газа из атмосферы являются зеленые растения и цианобактерии, использующие углерод в процессе фотосинтеза для создания органики. Часть синтезированных органических веществ снова превращается в CO_2 и воду в ходе дыхания самих растений и съевших растения животных. Но значительная часть углерода остается в телах растений даже после их смерти в виде целлюлозы, пока они не сгниют или не сгорят. А если вспомнить, сколько угля образовалось из растительности каменноугольных лесов палеозоя, становится понятно, почему высокая вулканическая активность не привела к глобальному по-

тепленю климата. Следует вспомнить еще и тот факт, что человечество ведет постоянную вырубку лесов и вызывает гибель водорослей, загрязняя поверхность Мирового океана.

Самым активным небиологическим «поглотителем» углекислого газа является именно Мировой океан. Соприкасаясь с атмосферой, на бескрайней поверхности океана происходит растворение углекислого газа в воде. Далее CO_2 превращается в карбонаты кальция. Они извлекаются из морской воды и накапливаются такими морскими обитателями, как кораллы, раковинные организмы (простейшие и моллюски). Весь этот известняк уже не «выпускает» из себя углерод, в отличие от сгорающего угля и нефтепродуктов. Вспомним, что в наши дни поверхность океана сильно загрязнена. По статистике, плавающие на поверхности пластиковые бутылки, пакеты и другие материалы по совокупной площади уже превосходят континент Австралию. Если учесть еще и нефтяные пятна, формирующиеся на поверхности в результате разливов нефтепродуктов, становится понятно, что и океан не справляется с утилизацией CO_2 .

Выброс всевозможных газов, в особенности фреонов, привел к частичному разрушению озонового слоя, который отражает значительное количество излучения Солнца. Кроме чисто климатических процессов, озоновый экран защищает все живое на Земле от губительного ультрафиолетового излучения. Наблюдения со спутников и МКС показали, что над Арктикой и Антарктикой появились *озоновые дыры*. В результате большее количество солнечного излучения стало проникать в атмосферу и нагревать поверхность Земли.

Последствия глобального потепления могут быть катастрофическими. За последние десятки лет температура Земли повысилась почти на 1°C , что может привести к ускоренному таянию ледников, повышению уровня Мирового океана и затоплению огромных территорий суши. В том, что потепление наступает, сомнений нет уже ни у кого. Наша планета постоянно находится в перманентном состоянии глобальных климатических изменений. Эти процессы происходят не мгновенно, но они имеют тенденцию усиливаться и ускоряться, как телега, катящаяся с горы, постепенно набирает скорость и становится неуправляемой. Если потепление будет продолжаться, то, вероятно, произойдет таяние ледников, подъем уровня Мирового океана, изменение океанических течений. Учитывая, что нагрев поверхности Земли зависит от ее отражающей способности, с исчезновением ледников Земля начнет нагреваться еще быстрее. Ведь лед обладает большей отражающей способностью, чем вода. В то же время вода обладает большей отражающей способностью,

чем суша. Дальнейшее накопление твердых частиц в атмосфере, как и CO_2 , будет приводить к парниковому эффекту только до определенного предела. Если атмосфера загрязнится настолько, что будет не только не выпускать отраженные солнечные лучи, но даже и не впускать их, тогда наступит ситуация «ледяная Земля». При наступлении полного глобального ледникового периода сохранение жизни даже в океане будет еще под большим вопросом, чем при потеплении.

Некоторые ученые-экологи уверены, что наша планета и ранее переживала глобальные климатические изменения. Так, по мнению одного из основателей *глобальной экологии* **М. И. Будыко**, выбросами CO_2 в атмосферу человечество предотвратило очередной ледниковый период. Но, по мнению этого же исследователя, изменения от «планеты-океана» и до «ледяной Земли» могут произойти всего лишь из-за разницы получаемого солнечного излучения в 1–5%. Иными словами, если мы получим на 1–5% больше солнечной радиации, ледники растают и континенты уйдут под воду. Если же всего на 1–5% меньше, то вся поверхность Земли, включая океаническую, – замерзнет. Поэтому задача человечества предпринимать максимум усилий по стабилизации климата.

Есть мнение, что последствия *глобального потепления* не будут столь катастрофичны. Ведь это должно привести к ослаблению засушливости, повышению урожайности сельскохозяйственных культур, спасению от голода.

Температура на Земле сегодня не является абсолютно максимальной. В геологической истории планеты она бывала и на 10–15°C выше. Об этом свидетельствуют исследования геологов и палеонтологов. Есть косвенные доказательства, что 2000 лет назад на Британских островах выращивали виноград. Тысячу лет назад зерновые в Скандинавии возделывали на 300 м выше современной границы. В Великом Новгороде на теплых грядках выращивали дыни. В Алматы сто лет назад энтузиасты выращивали чайные деревья в открытом грунте. Но мнение, что «глобальное потепление улучшит климат», не разделяет подавляющее большинство ученых-экологов.

Уже сейчас особенно остро начинают чувствоваться климатические изменения в условиях тундровой зоны *вечной мерзлоты*. Дело в том, что при таянии меняется структура почв, образуются зыбучие грунты, напоминающие по свойствам болото. Все проложенные дороги, линии электропередач, капитальные постройки, шахты, нефте- и газопроводы в тундре могут разрушиться. Они не рассчитаны на такие изменения. В результате будет меняться и уровень грунтовых вод, исчезнет сложившаяся за десятки и сотни тысяч лет флора и фауна. Предугадать результаты техногенных аварий после разрушения всей возведенной человеком инфраструктуры в этих местах вообще сложно. Так что таким северным

государствам, как Канада, Россия, Финляндия и др., радоваться потеплению климата точно не приходится.

Пути решения проблемы глобального потепления можно разделить на *глобальные* и *локальные* меры. Вне всякого сомнения, что глобальные меры, которые способны предпринять все цивилизованные страны мира, могли бы дать незамедлительный эффект. Но пока между странами обсуждаются в основном вопросы экономического, военного и политического взаимодействия, но далеко не экологические вопросы. Однако нельзя сказать, что вопросам экологии совсем не уделяется внимание.

Действенным общемировым экологическим мероприятием является принятие *Киотского протокола* (город Киото – древняя столица Японии), подписанного большинством стран мира. Этот протокол международного соглашения по климату вступил в действие с 2005 г. Подписавшие его страны добровольно ограничивают выбросы углекислого газа в атмосферу, что позволяет уменьшить опасность потепления атмосферы Земли. Ведь именно углекислый газ создает парниковый эффект. Но как вы, наверное, знаете, США недавно вышли из международного соглашения по климату. Представляя собой одну из крупнейших экономик мира, Соединенные Штаты Америки являются еще и одним из государств – «лидеров» по выбросам CO_2 в атмосферу.

Каждый гражданин может внести свой посильный вклад в предотвращение глобального потепления. В первую очередь не следует без особой нужды уничтожать любые зеленые растения. Помните, что каждый листочек, каждая живая зеленая растительная клетка – это «поглотитель» углекислого газа, кроме всего прочего, выделяющий кислород. Поверхность листьев к тому же собирает оседающую на них пыль и другие твердые частицы. Стремитесь ухаживать за растениями, приумножать их везде, где это возможно: от жилищ и классных комнат до дворов и приусадебных участков. Не сжигайте что-либо без необходимости или просто для развлечения.

Глобальное антропогенное воздействие, глобальное потепление, глобальная экология, Киотский протокол.



Знание и понимание

1. Объясните, почему состояние планеты стало ухудшаться после технического прогресса и почему этому не может воспрепятствовать способность природы к самовосстановлению.
2. Определите связь между вырубкой лесов и наводнениями в густонаселенных районах континентальной части Сибири.

Применение

1. Сравните, как вырубка лесов, рост численности населения и загрязнение океана влияют на атмосферу Земли.

2. Назовите причины, по которым посадка хвойных растений на место вырубленных лиственных приводит к ухудшению экологической ситуации относительно той, что была до вмешательства человека.

Анализ

1. Изобразите в виде схемы процессы, которые могут привести к глобальным климатическим изменениям.

2. Выскажите свое мнение о причинах и последствиях вырубки тропических лесов.

Синтез

1. Порассуждайте, почему при высокой вулканической активности в доисторические времена не произошло образование озоновых дыр и глобального потепления.

2. Попытайтесь оценить, сколько живых существ уничтожается из-за пожаров в год.

Оценка

1. Напишите реферат о применении американской технологии омолаживания леса и ее влиянии на образование парникового эффекта.

2. Оцените экономические и экологические последствия научно-технического прогресса (вырубка лесов, техногенное загрязнение, использование пресной воды и т. д.). Объясните, почему экономическая прибыль может быть выгодна для отдельных людей и смертельно опасна для человечества в целом.

Моделирование: Компьютерное моделирование глобального потепления климата

Цель моделирования: прогнозировать последствия возможного глобального потепления климата.

Глобальные климатические изменения очень сложны, поэтому современная наука не может дать однозначного ответа, какие преобразования климата можно действительно ожидать в ближайшем будущем. Существует множество сценариев развития ситуации. Предлагаем ознакомиться с некоторыми из них.

Первый сценарий – глобальное потепление будет происходить постепенно. Земля – очень большая и сложная экосистема, состоящая из большого количества связанных между собой структурных компонентов. На планете есть подвижная атмосфера, движение воздушных масс которой распределяет тепловую энергию по широтам планеты. На Земле есть огромный аккумулятор тепла и газов – Мировой океан (океан накопи-

вает в 1000 раз больше тепла, чем атмосфера). Изменения в такой сложной системе не могут происходить быстро. Пройдут столетия и тысячелетия, прежде чем можно будет судить о сколько-нибудь ощутимом изменении климата.

Второй сценарий – глобальное потепление будет происходить относительно быстро. Это самый «популярный» в настоящее время сценарий. По различным оценкам за последние сто лет средняя температура на нашей планете увеличилась на 0,5–1°C, концентрация – CO₂ возросла на 20–24%, а метана – на 100%. В будущем эти процессы получат дальнейшее продолжение и к концу XXI в. средняя температура поверхности Земли может увеличиться от 1,1 до 6,4°C по сравнению с 1990 г. (по прогнозам IPCC от 1,4 до 5,8°C). Дальнейшее таяние арктических и антарктических льдов может ускорить процессы глобального потепления из-за изменения альбеда⁴ поверхностей. По утверждению некоторых ученых, только ледяные шапки планеты за счет отражения солнечного излучения охлаждают нашу Землю на 2°C, а покрывающий поверхность океана лед существенно замедляет процессы теплообмена между относительно теплыми океаническими водами и более холодным поверхностным слоем атмосферы. Кроме того, над ледяными шапками практически нет главного парникового газа – водяного пара, так как он выморожен.

Глобальное потепление будет сопровождаться подъемом уровня Мирового океана. С 1995 по 2005 г. уровень Мирового океана уже поднялся на 4 см, вместо прогнозируемых 2 см. Если уровень Мирового океана в дальнейшем будет подниматься с такой же скоростью, то к концу XXI в. суммарный подъем его уровня составит 30–50 см, что вызовет частичное затопление многих прибрежных территорий, особенно многонаселенного побережья Азии. Следует помнить, что около 100 миллионов человек на Земле живет на высоте меньше 88 см над уровнем моря. Кроме повышения уровня Мирового океана глобальное потепление влияет на силу ветров и распределение осадков по планете. В результате на Земле вырастет частота и масштабы различных природных катаклизмов (штормы, ураганы, засухи, наводнения).

В настоящее время от засухи страдает 2% всей суши. По прогнозам некоторых ученых, к 2050 г. засухой будет охвачено до 10% всех земель материков. Кроме того, изменится распределение количества осадков по сезонам.

⁴ Альbedo – это разница между количеством отраженной от поверхности солнечной энергии и количеством падающей на него энергии.

Третий сценарий – глобальное потепление в некоторых частях Земли сменится кратковременным похолоданием. Известно, что одним из факторов возникновения океанических течений является градиент (разница) температур между арктическими и тропическими водами. Таяние полярных льдов способствует повышению температуры арктических вод, а значит, вызывает уменьшение температурной разницы между тропическими и арктическими водами, что в будущем приведет к замедлению течений. Одним из самых известных теплых течений является Гольфстрим, благодаря которому во многих странах Северной Европы среднегодовая температура на 10 градусов выше, чем в других аналогичных климатических зонах Земли. Понятно, что остановка этого океанического конвейера тепла очень сильно повлияет на климат Земли. Уже сейчас течение Гольфстрим стало слабее на 30% по сравнению с 1957 г. Математическое моделирование показало, чтобы полностью остановить Гольфстрим, достаточно будет повышения температуры на 2–2,5 градуса. В настоящее время температура Северной Атлантики уже прогрелась на 0,2 градуса по сравнению с 70-ми годами XX в. В случае остановки Гольфстрима среднегодовая температура в Европе будет понижаться. Другие математические модели «сулят» сильное похолодание на всем Европейском континенте при общем глобальном потеплении.

По этим математическим расчетам полная остановка Гольфстрима произойдет через 20 лет. В результате климат Северной Европы, Ирландии, Исландии и Великобритании может стать холоднее настоящего на 4–6 градусов, усилятся дожди и участятся штормы. Похолодание затронет также и Нидерланды, Бельгию, Скандинавию и север европейской части России. После этого потепление в Европе возобновится по второму сценарию.

Четвертый сценарий – глобальное потепление сменится глобальным похолоданием. Остановка Гольфстрима и других океанических течений вызовет вначале глобальное потепление на Земле, а затем – наступление очередного ледникового периода.

Пятый сценарий – парниковая катастрофа. Парниковая катастрофа – самый «неприятный» сценарий развития процессов глобального потепления. Автором теории является А. В. Карнаухов, суть ее в следующем. Рост среднегодовой температуры на Земле из-за увеличения в атмосфере Земли содержания антропогенного CO_2 вызовет переход в атмосферу растворенного в океане CO_2 , а также спровоцирует разложение осадочных карбонатных пород с дополнительным выделением углекислого газа, который, в свою очередь, поднимет температуру на Земле еще выше, что повлечет за собой дальнейшее разложение карбонатов, лежащих в более глубоких слоях земной коры (в океане содержится угле-

кислого газа в 60 раз больше, чем в атмосфере, а в земной коре – почти в 50 000 раз больше). Ледники будут интенсивно таять, уменьшая альбедо Земли. Такое быстрое повышение температуры будет способствовать интенсивному поступлению метана из тающей вечной мерзлоты, а повышение средней температуры на 1,4–5,8°C к концу столетия будет способствовать разложению метангидратов (льдыстых соединений воды и метана), сосредоточенных преимущественно в тундре.

Если учесть, что метан является в 21 раз более сильным парниковым газом, чем CO_2 , рост температуры на Земле будет катастрофическим. Чтобы лучше представить, что будет с Землей, достаточно обратить внимание на нашего соседа по солнечной системе – планету Венера. При таких же параметрах атмосферы, как на Земле, температура на Венере должна быть выше земной всего на 60°C (Венера ближе Земли к Солнцу), т. е. быть в районе 75°C. В реальности же температура на Венере почти 500°C. Большинство карбонатных и метаносодержащих соединений на Венере давным-давно были разрушены с выделением углекислого газа и метана. В настоящее время атмосфера Венеры состоит на 98% из CO_2 , что приводит к увеличению температуры планеты почти на 400°C.

Если глобальное потепление пойдет по такому же сценарию, как на Венере, то температура приземных слоев атмосферы на Земле может достигнуть 150 градусов. Повышение температуры Земли даже на 50°C поставит крест на человеческой цивилизации, а увеличение температуры до 150°C вызовет гибель почти всех живых организмов планеты.

По «оптимистическому» сценарию Карнаухова, если количество поступающего в атмосферу CO_2 останется на прежнем уровне, то температура 50°C на Земле установится через 300 лет, а 150°C – через 6000 лет. К сожалению, с каждым годом объемы выбросов CO_2 только растут. В этом случае, если выброс CO_2 будет расти, удваиваясь каждые 50 лет, температура 50°C на Земле установится уже через 100 лет, а 150°C через 300 лет.

Ознакомившись с предложенными сценариями, ответьте на вопросы.

1. Оцените, можно ли отразить данные какого-либо одного сценария в виде таблиц и выстроенных на их основе графиков.

2. Можно ли отразить данные всех однотипных из предложенных сценариев (второй, третий и пятый) в виде таблицы и выстроенного на их основе единого графика?

3. Используя любую компьютерную программу (Excel, Pascal, V. Basic или любые другие), попытайтесь смоделировать взаимозависимость рассмотренных показателей и выстроить графики глобальных климатических изменений, дополняя и (или) трансформируя данные, приведенные в таблицах ниже.

Таблица 1

Показатель	Значение показателя											
	0,03	0,05	0,07	0,09	0,1	0,12	0,15	0,2	0,3	0,4	0,5	1
CO ₂ в воздухе												
Температура воздуха	12	12,5	13	14	?	?	?	?	?	?	?	?

Таблица 2

Показатель	Значение показателя											
	1,30	1,32	1,35	?	?	?	?	?	?	?	?	
Кол-во солнечной радиации Вт/м ²												
Озоновый слой Земли, % от современного	100	98	95	?	?	?	?	?	?	?	?	?

§ 53. Экологические проблемы Республики Казахстан

Цель изучения этой темы: предложить пути решения экологических проблем Казахстана.

Какие глобальные экологические проблемы вам известны? Существуют ли экологические проблемы в вашем регионе? Какие экологические проблемы считаются глобальными, а какие – региональными (локальными)?



Что нужно повторить для успешного изучения темы? § 7, 8 – учебник для 9 класса.

Зоны экологических бедствий в Казахстане. Одно из наиболее трагичных событий XX в. – *экологический кризис в Приаралье*. Располагаясь в центре пустыни, море оказывало благоприятное влияние на природно-климатические и экологические условия окружающих регионов и было регулятором влажности на обширной территории.

Бассейн Аральского моря общей площадью около 2,3 млн км², в границах которого расположена вся территория Средней Азии и южная часть Казахстана, является одним из важнейших экономических регионов. Это древнейший район орошаемого земледелия, в котором было со-

средоточено около 40% орошаемых земель бывшего СССР (7,4 млн га). Здесь производилось 95% хлопка-сырца, около 40% риса и 25–30% овощей и фруктов.

Наличие огромных земельных ресурсов, обилие солнца и быстрый рост численности населения привели к интенсивному освоению орошаемых земель. Их площадь с начала 60-х годов XX в. возросла в республиках Средней Азии в 1,5–2,4 раза. При этом на орошение был использован практически весь сток Амударии и Сырдарии. В результате море сначала резко обмелело (рис. 48), а потом в несколько раз сократило свою площадь и превратилось в два небольших водоема – Большой Арал и Малый Арал. Прекратились весенние разливы рек, резко сократилась тугайная и тростниковая растительность, высохли многочисленные приморские озера, богатые фауной и флорой, расширились границы песчаных пустынь, усилилась засушливость климата. На 10–18% уменьшилась влажность воздуха, на 30–35 дней сократилась продолжительность безморозного периода. Началось засоление и заболачивание почв, в результате чего только в бассейне реки Сырдарии ежегодно из сельскохозяйственного оборота выходили 10–15% орошаемых земель. Продуктивность пастбищ снизилась в 2–3 раза. Сократилась урожайность сельскохозяйственных культур.

В 1980-е годы в Приаралье было 13 рыболовецких хозяйств. В г. Аральске работал судоремонтный завод, а в порту – судоремонтная мастерская. С отступлением моря оказались без работы тысячи их сотруд-



Рис. 48. Рыболовецкое судно с отступлением моря обрело причал в песках Приаралья



Рис. 49. Обеспеченность питьевой водой – социальная составляющая благополучия среды обитания человека

ников. Началась миграция населения. Возник новый тип мигрантов – *экологические беженцы*.

Социальные, экономические и экологические последствия Аральской катастрофы огромны. В районах Приаралья сложилась экстремальная санитарно-эпидемиологическая обстановка. В период с 1987 по 1993 г. здесь резко увеличилась инфекционная заболеваемость, особенно брюшным тифом, туберкулезом, вирусным гепатитом и др. Так нарушение равновесия в экосистеме и деградация среды обитания привели не только к экологическим последствиям (эрозия почв, появление пыльных бурь, дефицит питьевой воды) (рис. 49), но и к резким демографическим нарушениям. Стала сокращаться продолжительность жизни, снизился прирост населения. Низкий уровень жизни, неполноценное питание, ухудшение здоровья вызвали миграцию населения за пределы районов бедствия.

Вторая зона экологического бедствия – территория бывшей Семипалатинской области на востоке Казахстана (см. Приложение 1 в конце учебника). За период с 1949 по 1989 г. на Семипалатинском полигоне было проведено более 450 ядерных взрывов (наземных, воздушных, подземных). Кроме того, несколько ядерных взрывов было проведено для геологоразведочных целей в различных районах Казахстана в 1966–1987 гг.

Существенное влияние на радиационную обстановку в республике оказывают и урановые рудники, где до 1990-х годов добывалось более 40% уранового сырья для ядерной индустрии бывшего СССР.

Зона загрязнения нефтью. Часть территории Западного Казахстана стала зоной напряженной экологической ситуации из-за выбросов нефти. Сопутствующие добыче углеводородного сырья разливы сырой нефти – как на водах Каспия, так и на суше – отрицательно сказываются на экологической обстановке в этом регионе. Добыча нефти и газа сопровождается выбросами попутных токсических веществ, а также окислов серы, азота и углерода. Они очень негативно сказываются на здоровье населения, растительном и животном мире.

Правительством Казахстана принята программа, согласно которой ведется обследование населения и осуществляется постоянный мониторинг здоровья граждан. Жителям районов экологического бедствия производятся доплаты, предусматривается выделение средств на поддержание здоровья.

Экологические беженцы, экологический кризис, экологическое бедствие.



Знание и понимание

1. Как вы понимаете, что такое *зона экологического бедствия*?
2. Объясните, почему и когда возникла экологическая проблема Семипалатинского полигона.

Применение

1. Назовите зоны экологических бедствий в Казахстане.
2. Сформулируйте причины, по которым они возникли.

Анализ

1. Изобразите в виде схемы причины и последствия Аральского экологического кризиса.
2. Выскажите ваше мнение о причинах экологических проблем нашей страны.

Синтез

1. Систематизируйте количество (сколько и какого типа) ядерных взрывов, произведенных на территории Казахстана.
2. Смоделируйте ситуацию.

В ближайшем будущем сознание каждого гражданина нашей страны, начиная с детей и заканчивая самыми пожилыми людьми, достигнет такого уровня, что каждый из них будет оценивать свои поступки с точки зрения сохранения природы. Экологическое воспитание не позволит им выбрасывать даже самый мелкий мусор в неположенных местах, незаконно использовать природные ресурсы как в сельскохозяйственном и промышленном производстве, так и в личных целях. При первой возможности они будут поддерживать и размножать редкие или декоративные виды растений, участвовать в мероприятиях по защите и разведению редких животных; максимально долго использовать пригодные вещи, оттягивая срок их утилизации; организовывать сортировку и полную переработку бытовых отходов, добиваться безотходного или максимально «чистого», насколько позволяют технологии, производства в промышленности и сельском хозяйстве.

К каким экономическим и экологическим последствиям привела бы подобная ситуация в ближайшей, средней и далекой временной перспективе?

Оценка

1. Напишите реферат о государственных мероприятиях и инициативах энтузиастов по улучшению экологической ситуации в зонах экологических бедствий в нашей стране.
2. Оцените деятельность правительства по снижению негативных последствий экологических бедствий, используя не только учебник, но и другие официальные дополнительные источники информации.

§ 54. Экология атмосферного бассейна и водных ресурсов Казахстана (для дополнительного чтения)

Вспомните состав воздуха. Какие еще компоненты, кроме газов, обязательно присутствуют в нижних слоях атмосферы? Над какими экосистемами воздух более запыленный? Какие вредные промышленные выбросы попадают в воздух?

Назовите крупнейшие реки и озера Казахстана. Какие из этих водных объектов полностью находятся на территории нашей страны, а какие – относятся к трансграничным? На каких из них находятся крупные промышленные объекты? Каково хозяйственное и экологическое значение этих водных экосистем для нашей страны?

Воздушный бассейн отличается прежде всего тем, что попавшие в него загрязняющие вещества очень быстро распространяются на большие расстояния. Сами загрязнители атмосферы бывают как естественными, так и искусственными. В роли естественных могут выступать вулканы, лесные пожары, пыльные бури и т. д. Искусственное загрязнение (табл. 8) возникает из-за промышленных выбросов котельных и заводов, выбросов автотранспорта, радиоактивных загрязнений вследствие ядерных испытаний, утечки радиации или аварий на АЭС.

Таблица 8

Предельно допустимая концентрация (ПДК) для агентов, поступающих из атмосферы

Загрязнители	Максимальные разовые ПДК загрязнителей воздуха, мг/м ³			Отношение ПДК человека/ПДК биосферы
	для человека	для растений	для биосферы	
Сернистый газ	0,5	0,02	0,02	25
Аммиак	0,2	0,05	0,05	4
Двуокись азота	0,085	0,2	0,02	4,25
Хлор	0,1	0,025	0,025	4
Сероводород	0,008	0,02	0,008	1
Метанол	1,0	0,2	0,2	5
Бензол	1,5	0,1	0,1	15
Формальдегид	0,035	0,02	0,02	1,75
Циклогексан	1,4	0,2	0,2	7
Пары H ₂ SO ₄	0,3	0,1	0,1	3
Окись азота	3,0	4000	3,0	1

Анализ наблюдений за загрязнением воздушного бассейна регулярно проводится в 20 крупных городах и промышленных центрах Казахстана. Он подтвердил высокий уровень загрязнения атмосферного воздуха и показал, что основными его источниками являются города и промышленные центры (стационарные загрязнители), автотранспорт (мобильные загрязнители), ракетные и испытательные полигоны, лесные и степные пожары, сжигание газо- и нефтепродуктов в местах добычи. В среднем по республике в атмосферу выбрасывается 163 кг различных химических соединений в год в расчете на одного жителя. В Атырауской области этот показатель достигает 279 кг, в Павлодарской – 547 кг, а в Карагандинской – даже 793 кг.

Основными загрязнителями (в порядке убывания их значимости) являются следующие виды экономической деятельности:

- производство и транспортировка электроэнергии, газа и воды;
- обрабатывающая промышленность;
- металлургическая промышленность;
- горнодобывающая деятельность;
- добыча материалов для энергетики;
- добыча сырой нефти и природного газа;
- транспорт и связь.

Доля отдельных отраслей промышленности в суммарных выбросах в атмосферу загрязняющих веществ показана на рис. 50. Из крупных предприятий лидерами по загрязнению воздушного бассейна оказались Балкашский горно-металлургический комбинат (19,7% выбросов) и АО «АрселорМиттал Темиртау» (15,9%).



Рис. 50. Доля отраслей промышленности в валовых выбросах загрязняющих веществ в атмосферу

Водные экосистемы Казахстана включают в себя различные типы поверхностных вод – реки, озера (пресные и соленые), водохранилища, часть акватории Каспийского моря, пруды, каналы и магистральные водоводы, а также подземные воды и ледники. Из общего числа $100,5 \text{ км}^3$ поверхностных вод только $56,5 \text{ км}^3$ формируется на территории республики. Остальной объем поступает из соседних государств: Китая ($18,9 \text{ км}^3$), Узбекистана ($14,6 \text{ км}^3$), России ($7,5 \text{ км}^3$) и Кыргызстана ($3,0 \text{ км}^3$) (рис. 51).

По водообеспеченности Казахстан занимает последнее место среди стран СНГ. Здесь на одного человека в год приходится 37 тыс. м^3 (или на $1 \text{ км}^2 - 6000 \text{ м}^3$). При этом по территории страны водные ресурсы распределены очень неравномерно. Самая обеспеченная пресной водой – Восточно-Казахстанская область (290 тыс. м^3 на 1 км^2). Почти нет пресной воды в Мангыстауской области. В Казахстане очень велики потери речного стока на испарение и фильтрацию в водохранилищах и руслах рек ($12 \text{ км}^3/\text{год}$).

Поверхностные воды Казахстана считаются умеренно загрязненными (рис. 52), однако такие пограничные реки, как Ертис и Жайык, постоянно загрязняются промышленными стоками химических, нефтеперерабатывающих, машиностроительных предприятий. Среди маловодных рек очень загрязнены ртутью Нура и Шерубай-Нура в Акмолинской области.

Запасы подземных вод, по прогнозам гидрогеологов, оцениваются в Казахстане в 45 км^3 , из них пресных, с минерализацией до 1 г/л , –



Рис. 51. Зависимость водных ресурсов Республики Казахстан от соседних государств



Рис. 52. Берега озера Жасыбай в Байнауылском национальном парке очень живописны. Вода в нем сохраняет вкус горных ключей и ручьев

около 10 км^3 . Степень их использования в промышленном производстве и для нужд сельского хозяйства, а также для питья и в лечебных целях пока невелика и достигает 7,9% в год. Как выяснилось, даже подземным водам грозит загрязнение. В Казахстане выявлено более 700 потенциальных источников загрязнения подземных вод. Из них 241 непосредственно влияют на химическое состояние этих вод. Наибольшее количество источников загрязнения выявлено в Алматинской, Карагандинской и Восточно-Казахстанской областях.

В Казахстане не решена проблема очистки и использования *возвратных вод* – коллекторно-дренажных, сбросных промышленных, сельскохозяйственных и бытовых. Объем их по республике составляет около 9 млн км^3 . Причем 2 млн км^3 поступает обратно в бассейны Сырдарии (47%), Ертиса (34%), Иле (8%), Нуры (5%). Даже запасы воды в ледниках высокогорий подвергаются химическому загрязнению. Кроме того, есть примеры антиэкологического, бесхозяйственного отношения к запасам пресной воды. Так, в 80-е годы XX в. на юге Жамбылской области были предприняты попытки искусственного ускорения таяния ледников для увеличения дебита воды, используемой на полив.

Водные экосистемы, возвратные воды, воздушный бассейн.

§ 55. Проблемы опустынивания (для дополнительного чтения)

Что такое **почвы**? Как они сформировались? Из каких компонентов состоит почва? От чего зависит плодородие почв? Какие типы почв преобладают на территории Казахстана? Какие из них являются наиболее плодородными?

Почвенный покров Казахстана характеризуется зональностью и многообразием типов. На равнинах представлены три главные почвенные зоны: черноземы, каштановые, бурые и серо-бурые почвы. В лесостепной зоне развиты в основном лугово-черноземные почвы. В подзоне умеренно засушливой степи развиты обыкновенные черноземы, а в подзоне засушливой степи – южные черноземы. Пустыни представлены бурыми, серо-бурыми, такыровидными и песчаными почвами. Они бедны гумусом (менее 1%). Солонцы и солончаки распространены во всех зонах, но особенно – в пустынной.

Из общей площади территории Казахстана (272,5 млн га) почвы, пригодные для использования без предварительной мелиорации, составляют 21,8 млн га. *Эрозии* (разрушению) и *дефляции* (выдуванию) подвержено 26,7 млн га, в том числе 1,6 млн га – пашни, 24,1 млн га – деградированные пастбища. В рекультивации (восстановлении) нуждаются 182 тыс. га земель (рис. 53).



Рис. 53. При добыче угля и руды открытым способом образуются огромные территории, лишённые почвы



Рис. 54. Центральная часть пустыни Бетпакдала

Одной из важнейших экологических проблем в Казахстане остается *опустынивание*. Его возникновению способствуют такие естественные условия, как аридный климат и удаленность от океанов. Но не стоит забывать, что данная проблема усугубляется результатами деятельности человека. В первую очередь – это потребление пресной воды на нужды орошаемого земледелия, в том числе и в сопредельных государствах. В результате еще с 80-х годов XX в. уменьшился сток двух главных рек нашего региона – Амударии и Сырдарии – и обмелело Аральское море. Этот крупный экологический кризис регионального масштаба уже рассматривался нами (§ 54). Также косвенно опустыниванию способствуют бесконтрольная рубка и выпас скота на территории тугаев и водоохраных лесополос, истребление степной и пустынной растительности (саксаул и шенгиль), распашка земель, ведущая к деградации почв.

Развитие процессов опустынивания в Казахстане привело к сокращению земель сельскохозяйственного назначения. Суммарная площадь опустыненных земель в Казахстане составляет около 179,9 млн га. Опустыниванием в той или иной степени охвачены почти все регионы республики (рис. 54). Так, в 50-е годы XX в. при освоении целинных и залежных земель в Центральном Казахстане наряду с высокопродуктивными степными участками были распаханы около 8 млн га солонцовых земель и 12 млн га почв легкого механического состава. В 70-е годы были дополнительно «освоены» еще 11 млн га малопродуктивных земель. При этом отсутствие почвозащитных технологий привело к потере гумуса (почти

на 25% этих территорий) и снижению плодородия почв. В то же время были распаханы малопродуктивные в земледельческом отношении участки, служившие ценными естественными пастбищами. Их уничтожение обернулось ежегодной потерей более чем 85 млн т естественных кормов.

Вслед за экономическими потерями опустынивание влечет за собой ряд серьезных социальных проблем, таких как увеличение безработицы среди сельского населения; снижение качества продукции и уровня ее потребления; резкое ухудшение состояния здоровья населения, падение их доходов от продажи сельскохозяйственной продукции; усиление миграции из районов, подвергшихся опустыниванию.

Подписав и ратифицировав (7 июля 1997 г.) Конвенцию по борьбе с опустыниванием, Республика Казахстан взяла на себя обязательства о неуклонном ее выполнении. Борьба с опустыниванием осуществляется в соответствии с научно обоснованными планами действий, прежде всего путем устранения основных причин, вызывающих опустынивание.

Опустынивание, рекультивация земель, эрозия и дефляция почв.

§ 56. Пути решения экологических проблем Республики Казахстан

Цель изучения этой темы: предложить пути решения экологических проблем Казахстана.

Что такое биогеоценозы? Каково влияние различных загрязняющих веществ на состояние биогеоценозов? В чем значение рационального научно обоснованного природопользования для сохранения многообразия животного и растительного мира?



Что нужно повторить для успешного изучения темы? § 7, 8 – учебник для 9 класса.

Особо охраняемые природные территории Казахстана. История заповедного дела в Казахстане ведет отсчет с того времени, когда созданный в 1922 г. Туркестанский комитет по охране памятников природы, старины и искусства (Туркомстарис), располагавшийся первоначально в Кызылорде, а затем уже в Ташкенте, принял решение о создании первых заповедников на юге Казахстана – Аксу-Жабагылы в Западном Тянь-Шане, палеонтологического в горах Каратау и заповедника для сохранения цитварной полыни на Арыском массиве.

Согласно закону «Об особо охраняемых природных территориях» (1997) в Казахстане устанавливалось 13 видов особо охраняемых природных территорий (ООПТ). В новой редакции этого закона (2004) в ранге республиканского значения оставлены только 9:

- государственные природные заповедники;
- государственные национальные природные парки;
- природные резерваты;
- природные заказники;
- государственные памятники природы;
- государственные заповедные зоны;
- государственные зоологические парки;
- государственные ботанические сады;
- государственные дендрологические парки.

Таким образом, по современному законодательству в число охраняемых природных территорий включены и такие антропогенные образования, как зоопарки, дендропарки и ботанические сады.

Основными типами ООПТ являются заповедники, национальные парки, заказники и памятники природы (рис. 55).

Слово *заповедник* вряд ли нуждается в объяснении. Оно восходит к слову *заповедный* – находящийся под запретом, неприкосновенный. Это территория, полностью изъятая из хозяйственного использования, т. е. экосистема, развивающаяся по законам природы, без вмешательства человека – как эталон природы. Здесь полностью запрещены массовый отдых людей и любая хозяйственная деятельность: охота, рыбная ловля, рубка леса, выпас скота, сенокошение, сбор ягод и грибов, добыча полезных ископаемых.

Национальные природные парки образуются для сохранения природных комплексов, имеющих особую экологическую, историческую и эстетическую ценность (благоприятное сочетание естественных и культурных ландшафтов). Используются они в просветительных, научных и культурных целях. Здесь практикуются туризм, отдых населения и ограниченное использование ресурсов.

Природные заказники имеют разную направленность. В ботанических заказниках нельзя пасти скот, косить траву, рубить деревья. В охотничьих заказниках строго регламентируется охота, в рыбных хозяйствах – рыбная ловля. Свои ограничения существуют в геологических, ландшафтных и других заказниках.

Памятники природы – это природные объекты, подлежащие охране по своему большому научному, историческому, учебно-просветительному и культурно-эстетическому значению. Ими могут быть как небольшие

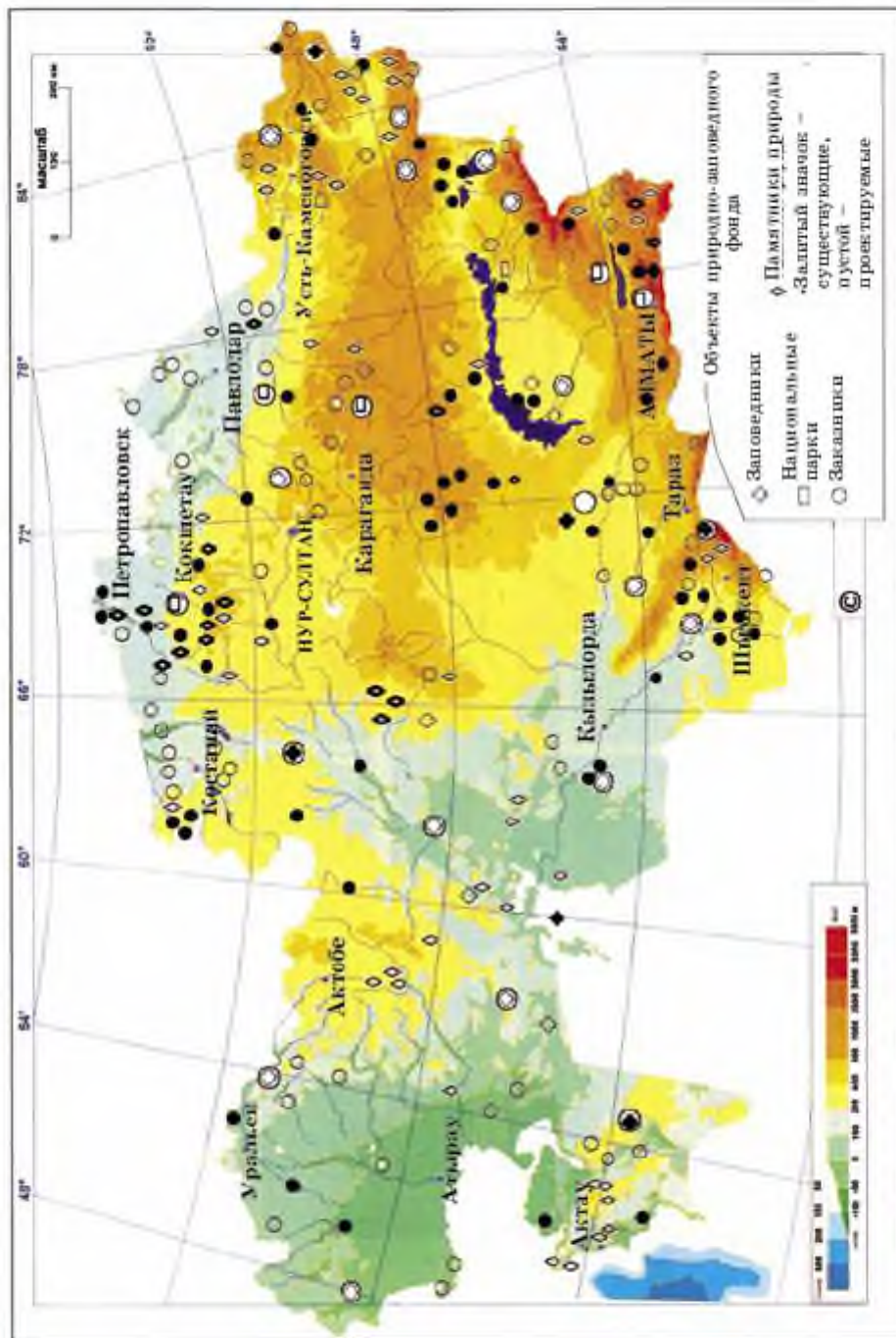


Рис. 55. Особо охраняемые природные территории Республики Казахстан (по «Национальной стратегии и плану действий по сохранению и сбалансированному использованию биологического разнообразия»)

Особо охраняемые природные территории Казахстана

№	Название особо охраняемой природной территории	Площадь, га	Год создания
Общая площадь заповедников		1 611 419	
1	Аксу-Жабағылы	131 934	1926
2	Алаколь	65672	1998
3	Алматы	71 700	1931
4	Барсакельмес	160 826	1939
5	Западно-Алтайский	86 122	1992
6	Каратауский	34 300	2004
7	Коргалжынский	543 171	1958
8	Маркаколь	102 971	1976
9	Наурызым	191 381	1931
10	Устирт	223 342	1984
Общая площадь национальных парков		2 670 063	
1	Алтынемель	307 653	1996
2	Баянауыл	68 453	1985
3	Бурабай	129 299	2000
4	Жонгар-Алатауский	356 022	2010
5	Иле Алатауы	201 313	1996
6	Каркаралы	112 120	1998
7	Катонкарагай	643 477	2001
8	ГНПП «Көлсай көлдері»	161 045	2006
9	Кокшетау	182 076	1996
10	Сайрам-Огем	149 037	2006
11	Шарынский	127 050	2004
12	ГНПП «Тарбағатай»	143 550	2018
13	ГНПП «Бұйратәу»	88 968	2018
Остальные категории ООПТ			
	50 государственных природных заказников	5 837 663	
	25 государственных памятников природы	6 484	
	5 государственных заповедных зон	11 311 929	
	6 государственных природных резерватов	3 122 082	
	5 государственных ботанических садов и один дендропарк	789	
Общая площадь ООПТ всех категорий		24 560 429	

урочища (рощи, озера, участки долин), так и отдельные объекты (геологические обнажения, водопады, пещеры и т. д.).

К концу 2010 г. (Постановление Правительства РК № 1074 с изм. и доп.) в Казахстане функционировали 10 заповедников, 11 национальных парков, 51 заказник, 26 памятников природы и других ООПТ (табл. 9).

В последние годы возникает много новых национальных природных парков и других ООПТ, зачастую они имеют ведомственную принадлежность. Так, список национальных парков пополнился Буйратауским национальным природным парком в приграничных районах Карагандинской и Акмолинской областей.

Штаты охраны имеются только в заповедниках, национальных парках, некоторых заказниках, зоопарках, дендропарках и ботанических садах. В *заповедной зоне* – это территория или акватория с заповедным, т. е. неприкосновенным для хозяйственного использования режимом, – нет не только штата охраны, но и администрации. Такой зоной более 20 лет была северная часть акватории Каспийского моря. Здесь предполагалось сохранять осетровых рыб и каспийского тюленя. Однако именно здесь все эти годы проводилась геофизическая разведка нефти и осуществлялась ее добыча, т. е. заповедная зона существовала только на бумаге.

В ныне существующих заповедниках охраняются многие позвоночные животные Республики Казахстан (табл. 10).

Таблица 10

**Видовое представительство позвоночных животных
в заповедниках Казахстана**

Класс	Количество видов		
	в Казахстане	в заповедниках	
		абсолютное	в процентах
Млекопитающие	178	140	78,6
Птицы (гнездящиеся)	396	346	87,4
Пресмыкающиеся	48	31	63,2
Земноводные	12	6	50,0
Рыбы и круглоротые	148	23	22,1
Всего	782	546	73,6

Создание экологической сети ООПТ в Казахстане. Заповедники Казахстана создавались как эталоны определенных ландшафтов. Первоначально заповедниками были объявлены наиболее богатые в фаунистическом и флористическом отношении участки гор Западного и Северного

Тянь-Шаня. Затем к ним присоединились озерные системы Центрального и Северного Казахстана, еще позже – алтайские леса и уникальные пустынные пространства Устирта. В современных заповедниках Казахстана наиболее полно представлены горные ландшафты (3 заповедника – в Тянь-Шане и 2 – на Алтае), достаточно хорошо – озерные экосистемы с небольшими участками суши (Коргалжын, Наурызым и Алаколь) и слабо – пустыни (Устирт и Барсакельмес). Поэтому для Казахстана актуально создание новых заповедников, особенно в недостаточно представленных биомах, таких как различные типы пустынь и полупустынь (включая тугайные леса), ксерофитное низкогорье и др.

Заказник, заповедная зона, заповедник, национальный парк, ООПТ (особо охраняемые природные территории), памятник природы.



Знание и понимание

1. Объясните, почему важно создавать охраняемые природные территории.
2. Определите связь между типом охраняемой территории и степенью ограничений на антропогенное влияние.

Применение

1. Сравните виды охраняемых территорий, существующие в Казахстане. Приведите примеры.
2. Заполните таблицу. Выявите сходство и различия между заповедником и заказником.

Признак	Заповедник	Заказник

Анализ

1. Изобразите в виде схемы или карты все заповедники Казахстана, дав им характеристику.
2. Докажите на примерах, что существует принципиальное отличие памятников природы от национальных парков.

Синтез

1. Порассуждайте, как могли бы развиваться имеющиеся охраняемые природные территории в Казахстане. Где бы вы рекомендовали создать новые? Ответ обоснуйте.
2. Систематизируйте все охраняемые объекты на территории Казахстана по регионам: Северный, Западный, Восточный, Центральный и Южный Казахстан.

Оценка

1. Напишите реферат о развитии ООПТ в своем регионе или в соседних государствах и (или) в мире в целом.

2. Обсудите следующее высказывание ученых: *«Зоопарки, национальные парки, ботанические сады и заповедники и заказники остаются на сегодня "генетическим резервом" для многих исчезающих видов растений и животных».*

§ 57. Законодательство страны по охране природы.

История и современное состояние заповедного дела в Казахстане (для дополнительного чтения)

Законодательная база по охране природы в Казахстане. Все мероприятия, направленные на сохранение, рациональное использование и воспроизводство природных ресурсов – сбережение видового многообразия флоры и фауны, водных ресурсов, атмосферного воздуха и т. д., – регулируются Конституцией страны, различными законами, указами и постановлениями.

Первый закон «Об охране природы в Казахской ССР» был принят в 1963 г. Он содержал только несколько общих глав о необходимости бережного отношения к природе и сохранении ее богатств. В 1981 г. в Казахстане были приняты сразу два закона: «Об охране атмосферного воздуха» и «Об охране и использовании животного мира».

Основой национального законодательства суверенного Казахстана явилась Конституция Республики Казахстан 1995 г. Статья 31 гласит: «Государство ставит целью охрану окружающей среды, благоприятной для жизни и здоровья человека». Таким образом, государство берет на себя ответственность за обеспечение благоприятных условий окружающей среды для своего народа.

За годы государственной независимости в Республике Казахстан были приняты следующие законодательные акты, регулирующие вопросы охраны окружающей среды:

- Лесной кодекс Республики Казахстан (1993);
- Водный кодекс Республики Казахстан (1993);
- Закон Республики Казахстан «Об охране, воспроизводстве и использовании животного мира» (1993);
- Указ Президента РК, имеющий силу закона, «О нефти» (1995);
- Указ Президента РК, имеющий силу закона, «О земле» (1995);
- Указ Президента РК, имеющий силу закона, «О недрах и недропользовании» (1996);

- Закон Республики Казахстан «Об экологической экспертизе» (1997);
- Закон Республики Казахстан «Об охране окружающей среды» (1997) (был действителен до января 2007 г.);
- Закон Республики Казахстан «Об особо охраняемых природных территориях» (1997);
- Экологический кодекс РК (2007).

Следует особо подчеркнуть, что базовыми являются Закон «Об охране окружающей среды» и Экологический кодекс.

За период государственной независимости Казахстана было принято много нормативных актов. Конец XX в. ознаменовался составлением и принятием на правительственном уровне «Национальной стратегии и плана действий по сохранению и сбалансированному использованию биологического разнообразия».

В начале нового столетия были приняты новые законы: «Об охране атмосферного воздуха» (2002), «Об охране, воспроизводстве и использовании животного мира» (2004) и «Об особо охраняемых природных территориях» (2004). С принятием двух последних законов утратили силу аналогичные, принятые ранее.

Заповедники. В 1926 г. в Южном Казахстане был создан первый в республике заповедник Аксу-Жабагылы как эталон природы Западного Тянь-Шаня.

Вторым был заповедник **Наурызым** в Костанайской области (1931), взявший под охрану участки целинной степи, самый южный сосновый бор и несколько типичных степных озер с их богатой фауной (рис. 56).



Рис. 56. Наурызымский сосновый бор в Костанайской области



Рис. 57. Озеро Улькен Алматы в Илейском Алатау

Третьим по счету стал **заповедник Алматы (1931)**, представляющий эталонные участки природы Северного Тянь-Шаня с его вертикальной поясностью, лучше всего выраженной именно здесь, в центральной части хребта Илейский Алатау (рис. 57).

Заповедник Бурабай, представлявший собой эталонное сочетание степи, сосново-березового леса на гранитном крыже и лесных озер Кокшетау (Бурабай, Шортан (Щучье), Чебачье), просуществовал всего 15 лет. Он был ликвидирован в 1951 г. и больше не восстанавливался.

Заповедник Барсакельмес существует с 1939 г.

Заповедник Коргалжынский, впервые созданный в 1958 г., занимает в основном акватории озер Тениз и Коргалжын в Центральном Казахстане (Акмолинская область) и лишь небольшие участки прилегающей к ним целинной степи. Здесь настоящее царство водоплавающих птиц, в том числе и самая северная на Азиатском материке колония фламинго.

Заповедник Маркаколь представляет собой одноименное озеро и горную тайгу Южного Алтая (рис. 58). Организован почти два десятилетия спустя (1976).

Пустынный заповедник Устирт, занявший самую возвышенную часть Западного чинка Устирта, возник в 1984 г.

Наконец, относительно нетронутый участок тайги Западного Алтая под тем же названием удалось заповедать в 1992 г.

В 1998 г. создан **Алакольский заповедник** в дельте реки Тентек и на островах озера Алаколь на юго-востоке Казахстана.



Рис. 58. Озеро Маркаколь расположено в межгорной котловине на высоте 1500 м над уровнем моря. Именно поэтому кажутся сравнительно невысокими окружающие его хребты

В 2004 г. – Каратауский заповедник в древних горах Каратау в Южном Казахстане.

Из 178 видов *млекопитающих* Казахстана в ныне существующих заповедниках охраняются 140 (78,6%). Среди них 22 вида занесены в Красную книгу Казахстана (1996). Совсем не встречаются на заповедных территориях 38 видов (21,3%), в том числе 13 видов, занесенных в Красную книгу. Это выхухоль, лесная куница, европейская норка, гигантский слепыш. Вне заповедных территорий оказались многие типичные представители пустынной *териофауны*: пятипалый карликовый тушканчик и 3 вида трехпалых карликовых тушканчиков, желтая пеструшка и даже эндемик Казахстана селевиния. Все эти виды занесены в Красную книгу Казахстана. А с краснокнижным эндемиком Западного Тянь-Шаня *сурком Мензбира* положение просто казусное. Он не встречается на территории заповедника Аксу-Жабагылы, хотя обитает всего в нескольких километрах от его юго-западных границ.

Общий вывод: необходимо создание надежно охраняемых резерватов в различных типах пустынь (песчаных, глинистых, лессовых, щебенисто-каменистых, солончаковых), для каждой из которых характерен свой набор фоновых млекопитающих. Особое внимание должно быть обращено на западный регион, в том числе и на долину реки Жайык.

Из *птиц* в казахстанских заповедниках гнездится 346 видов, что составляет 87,4% от всех гнездящихся в республике. Среди них 39 редких

и находящихся под угрозой исчезновения, что составляет 76,5% от всех гнездящихся в Казахстане *краснокнижных* птиц. Однако лишь немногие из них могут считаться достаточно обеспеченными охраняемыми территориями. Это беркут и филин, гнездящиеся в 6 из 10 казахстанских заповедниках, а также фламинго, единственная колония которого (самая северная в Евразии) охраняется в Коргалжынском заповеднике.

Явно недостаточно охраняемых территорий для кудрявого пеликана, колпицы, каравайки, дрофы (джека), стрепета, серпоклюва, чернобрюхого рябка и ряда других краснокнижных птиц. Так, кудрявый пеликан гнездится только в Коргалжынском и Наурызымском заповедниках, где обитает всего несколько десятков пар, тогда как основная часть казахстанских пеликанов обитает в дельте реки Иле, до сих пор не заповеданной.

Из 148 видов *рыб* в водах казахстанских заповедников живут только 23, что вполне объясняется отсутствием в Казахстане морского заповедника и вообще заповедников, специализированных на сохранении гидроценозов. Создание таких заповедников осложняется отсутствием водоемов, где был бы сохранен аборигенный состав ихтиофауны. Акклиматизация рыб (в том числе и самовольная, незаконная) достигла в Казахстане огромных масштабов. В большинстве водоемов акклиматизанты составляют 50–80% состава ихтиофауны. Даже в заповедных водоемах наряду с такими ценными аборигенными видами, как сибирский хариус и ленок, эндемичный подвид которого водится в озере Маркаколь, встречаются акклиматизированные здесь линь, лещ, сазан и др.

Особенно показательно практически полное отсутствие в заповедных водоемах рыб, занесенных в Красную книгу Казахстана. Только илийская маринка может заходить в горные речки Алматинского заповедника. Остальные 15 видов рыб, подвиды и популяции которых занесены в Красную книгу Казахстана, в заповедных водоемах отсутствуют. Среди них такие ценные обитатели Каспийского и Аральского морей, как сырдарьинский лжелопатанос, аральская популяция шипа, каспийский и аральский лососи, волжская многотычинковая сельдь, белорыбца и ряд других. Наиболее важные мероприятия для сохранения многих из этих видов – восстановление гидроценозов бассейна Аральского моря и создание крупного морского заповедника в Каспийском море.

Основные проблемы в создании новых охраняемых территорий:

- недооценка роли ООПТ;
- недостаток финансирования;
- частая смена ведомственной принадлежности ООПТ;
- отсутствие квалифицированных кадров.

§ 58. Формирование экологического мировоззрения (для дополнительного чтения)

Что такое мировоззрение, образование, воспитание? Кто такие И. Песталоцци, Ы. Алтынсарин, Я. Корчак, К. А. Тимирязев?

Необходимость в экологическом воспитании и образовании возникла в 70–80-е годы XX в. В этот период результаты давления антропогенной деятельности на природу стали носить характер глобальных процессов. Еще Аристотель, изучая животных, объяснял своим ученикам условия их обитания. О том, что наряду с чувством прекрасного, правовыми и морально-нравственными понятиями нужно воспитывать бережное отношение к природе, говорили многие (И. Песталоцци, Я. Корчак, Л. Толстой, К. Тимирязев, Ы. Алтынсарин), но эта часть воспитания тогда еще не носила названия «экологического».

Определенное развитие экологическому воспитанию и образованию придала теория В. И. Вернадского. После возникновения учения о биосфере нормы экологического воспитания и образования были теоретически обоснованы. Согласно этой теории в XX в. стихийная эволюция должна была смениться эволюцией сознательной. Для собственного блага человечество должно измениться и перестать использовать природу хищнически. Господствовавшая до середины XX в. фраза: «Мы не должны ждать милостей от природы, взять их – вот наша задача», – ярко демонстрирует полное отсутствие не только элементарной экологической культуры, но и элементарного экологического образования.

Известный американский ученый **Лестер Браун** сказал следующее: *«Если мировое сообщество будет обеспокоено в первую очередь физической деградацией планеты, то основным принципом нового миропорядка станет принцип экологической безопасности. На первом плане во всем мире окажутся не экономические, а экологические проблемы. В этих условиях отношения между цивилизацией и природой будут куда более важными, чем отношения между государствами, нациями или цивилизациями».*

На реализацию задач экологического образования было направлено решение ЮНЕСКО объявить последние двадцать лет XX в. (начиная с 1981 г.) годами экологического образования. Таким образом, интенсивное развитие экологического образования рассматривается как стратегический способ предотвращения глобальных экологических кризисов и как актуальная проблема, стоящая перед всеми цивилизованными странами. Сегодня во многих странах мира идет модернизация образовательных систем. Становится очевидной необходимость овладения минимумом

экологических знаний для формирования экологической культуры населения. Это условие с успехом реализуется в Казахстане через введение в курс биологии раздела экологии. Многими европейскими странами рассматривается возможность преподавания экологических дисциплин во всех средних и высших учебных заведениях, независимо от профиля. По большому счету, экологическое образование предполагает обучение человека бережному отношению к окружающему миру и вместе с тем совершенствованию собственного внутреннего мира, бережного отношения и к себе. Это направление реализуется в Казахстане через введение обязательного предмета «Самопознание».

По мнению многих современных специалистов, содержание экологического образования должно включать обобщенные формы знания по естественным дисциплинам (физика, химия, биология). Наряду с этим обязательны нравственные, правовые и эстетические знания, без которых экологическое образование не достигнет своих целей.

Параллельно с необходимостью формирования общей экологической культуры и экологического мышления через экологическое образование постоянно возрастает потребность в квалифицированных специалистах – экологах. В связи с этим в Казахстане на базе университетов и институтов стали появляться экологические специальности. Так, еще в 1989 г. в Петропавловском педагогическом институте было организовано обучение студентов по специальности «экология – биология». В последнее десятилетие почти все крупные университеты наладили выпуск специалистов по экологическим специальностям. На многих производствах появилась обязательная штатная единица инженера-эколога. По этой специальности осуществляют набор студентов не только университеты и педагогические вузы, но и многие технические вузы.

*Эколог, экологическое воспитание, экологическое образование,
ЮНЕСКО.*

Заключение по разделу «Экология и влияние человека на окружающую среду»

Одной из глобальных экологических проблем является проблема изменения климата. В результате выбросов как в ходе сельскохозяйственного и промышленного производства, так и по естественным причинам (извержения вулканов, лесные пожары), атмосфера изменяется. Накопление углекислого газа, частиц сажи, метана и фреонов разрушает озо-

новый слой. В результате создается парниковый эффект. Параллельно происходит уничтожение растительности (вырубка лесов и лесные пожары), засорение океана, и углекислый газ в атмосфере накапливается. Подавляющее большинство экологов считает, что, если не прекратить этот процесс, произойдет глобальное потепление. Отмечено, что уже сегодня температура атмосферы Земли поднялась в среднем на 1°C. Сценарии глобальных климатических изменений не однозначны, так как просчитать все последствия каскада изменений такого масштаба не представляется возможным. Но глобальное потепление однозначно приведет к таянию ледников, подъему уровня Мирового океана и сокращению площади обитаемой суши, изменению направления океанических течений, таянию вечной мерзлоты с разрушением всей выстроенной там инфраструктуры, изменению химического состава атмосферы и океана. На международном и государственном уровнях предпринимаются попытки решения данной проблемы.

Экологические проблемы Республики Казахстан, кроме проблемы сохранения биоразнообразия и природных экосистем, рассмотренные в прошлом разделе, включают в себя и проблему появления зон экологических бедствий. Начиная со второй половины XX в. из-за нерационального использования природных ресурсов и проведения ядерных испытаний в Казахстане оформились не только экологические проблемы, но и зоны экологического бедствия. Это Арал и Приаралье, Семипалатинский ядерный полигон, зона нефтезагрязнения в Западном Казахстане. Кроме этих крупных экологических проблем, получивших республиканский статус, есть и региональные проблемы, характерные для каждого региона.

Экологические проблемы решаются в нашей стране на правительственном уровне с привлечением ученых-экологов, а также энтузиастов и волонтеров различных общественных движений. Но для успешного решения таких вызовов нужна личная ответственность каждого гражданина.

На правительственном уровне создаются различные ООПТ – особо охраняемые природные территории, такие как заповедники, заказники, памятники природы, национальные парки, заповедные зоны. Использование природных ресурсов, как и правила хозяйственной деятельности, строго регламентируются законодательством Республики Казахстан, составленным с учетом экологических требований и норм. Однако соблюдение законов невозможно без воспитания, формирования экологического мировоззрения на основе патриотизма, сохранения национальных традиций и применения передового научного и образовательного опыта.

Заключение

XXI век иногда справедливо называют биологическим. Такая оценка роли биологии в жизни человечества представляется вполне оправданной с учетом тех перспектив, которые уже сейчас намечаются в развитии науки о живом. С помощью технологий, основанных на использовании генетической инженерии, и таких фундаментальных биологических механизмов, как фотосинтез, фиксация атмосферного азота, синтез гормонов и других, уже в недалеком будущем удастся решить многие важные проблемы обеспечения человечества пищевыми продуктами, необходимыми медицине и сельскому хозяйству лекарствами, биологически активными веществами и энергией в достаточном количестве, несмотря на рост населения и сокращение природных запасов топлива.

Вместе с тем нельзя забывать, что рост народонаселения, развитие промышленности и современного сельского хозяйства ставят перед человечеством серьезные экологические проблемы: опасное для здоровья людей загрязнение окружающей среды, уничтожение лесов, разрушение природных сообществ растительных и животных организмов. Необходимость решения этих вопросов объясняется тем, что в короткие отрезки времени, сравнимые с продолжительностью жизни одного поколения людей, заметно меняются условия жизни на крупных территориях. Знание общих закономерностей и главных направлений развития биологии является необходимым и обязательным для современного человека. Сам человек представляет собой закономерный результат эволюции жизни на Земле, само его существование, здоровье или болезнь зависят от общебиологических механизмов жизнеобеспечения и развития. Этим и определяется место биологических знаний в системе ценностей человека.

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ДИДАКТИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ЗА II ПОЛУГОДИЕ

1. Заполните таблицу.

Типы изменчивости

Название	Определение	Передается ли потомкам	Что происходит с хромосомами	Роль в эволюции	Примеры
1. Модификационная					
2. Комбинативная					
3. Мутационная					

2. Дайте определение следующим терминам.

Изменчивость – _____

Модификационная изменчивость – _____

Комбинативная изменчивость – _____

Мутации – _____

Мутои – _____

Закон гомологических рядов в наследственной изменчивости – _____

3. Выберите правильные суждения.

А – Изменчивость у организмов появляется всегда только при изменении генотипа.

Б – Изменчивость у организмов может быть связана как с изменением генотипа, так и без его изменения.

В – Наследственная изменчивость возникает только при изменении условий среды.

Г – Наследственная изменчивость связана с изменением генотипа, а ненаследственная изменчивость не связана с изменением генотипа.

Д – При вегетативном размножении смородины в разных условиях можно вырастить множество фенотипически различных кустарников.

Е – При выращивании в одинаковых условиях тополя из черенков можно вырастить множество фенотипически различных деревьев.

Ж – Мутация одного нуклеотида может привести к изменению строения аминокислоты.

З – Комбинативная изменчивость всегда связана с половым размножением.

4. Выберите правильный ответ.

1. Изменчивость – это:

- а) изменение питания организма;
- б) отличие потомков от предков;
- в) отличие генотипа от фенотипа.

2. Модификационная изменчивость:

- а) передается по наследству;
- б) передается по наследству в зависимости от условий среды;
- в) зависит от генотипа;
- г) не передается по наследству.

3. Фенотипическое выражение генотипа зависит:

- а) всегда от конкретного гена;
- б) от взаимодействия конкретного гена со средой;
- в) от взаимодействия конкретного гена со средой и другими генами;
- г) не зависит от среды.

4. Модификационная изменчивость:

- а) имеет случайный характер;
- б) имеет приспособительный характер;
- в) характерна только для одной особи в данной популяции;
- г) имеет наследственный характер.

5. Наследственной является изменчивость:

- а) модификационная;

- б) мутационная и комбинативная;
 - в) модификационная и мутационная;
 - г) комбинативная и модификационная.
6. Комбинативная изменчивость зависит:
- а) от мутаций;
 - б) от условий среды;
 - в) от взаимодействия генов;
 - г) от полового размножения.
7. Единица мутации:
- а) ген;
 - б) хромосома;
 - в) мутон.
8. Закон гомологических рядов наследственной изменчивости утверждает, что:
- а) близкородственные виды обладают сходной наследственной изменчивостью;
 - б) близкородственные виды всегда мутируют;
 - в) близкородственные виды имеют одинаковые генотипы;
 - г) близкородственные виды имеют одинаковые фенотипы.
9. Растения, у которых можно ожидать мутационный процесс, сходный с этим процессом у пшеницы:
- а) овес;
 - б) подсолнух;
 - в) горох;
 - г) томат.
5. Установите соответствие, распределив органеллы по трем группам в зависимости от наличия и количества мембран.

Немембранные органеллы	Одномембранные органеллы	Двумембранные органеллы

1. Мембрана.
2. Центриоли, или клеточный центр.
3. Лейкопласты.
4. Лизосомы.
5. Ядро.
6. ЭПС – эндоплазматическая сеть.
7. Жгутики, реснички.
8. Комплекс Гольджи.

9. Хлоропласты.
10. Митохондрии.
11. Настоящая вакуоль.
12. Рибосомы.
13. Пластиды.
14. Хромопласты.
15. Клеточная стенка из целлюлозы.

6. Из вышеуказанного перечня органоидов выберите те, которые присутствуют у разных групп организмов, и распределите их в таблице.

Есть только у растений	Есть только у животных	Есть как у растений, так и у животных	Есть у бактерий

7. Заполните таблицу.

Жидкости в клетке

Жидкость	Местонахождение	Что в ней содержится	Роль
Клеточный сок			
Гиалоплазма			
Кариоплазма (ядерный сок)			
Матрикс			

8. Установите соответствие между органоидами и их функциями. (Около цифр внизу поставьте соответствующую букву.)

Органоид	Функция
1. Мембрана	А. Осуществляют биосинтез белков (соединяют аминокислоты в белок)
2. Центриоли или клеточный центр	Б. Образует «веретено деления» – специфический органоид, который равномерно распределяет хромосомы по дочерним клеткам
3. Лейкопласты	В. Осуществляют движение клетки
4. Лизосомы	Г. Разлагают вредные или питательные вещества, осуществляют автолиз

5. Ядро	Д. Внутриклеточный транспорт веществ. Биосинтез белков, углеводов и жиров
6. ЭПС – эндоплазматическая сеть	Е. Синтезирует мембранные пузырьки, осуществляет хранение веществ, внутриклеточный транспорт, модификацию и синтез жиров и углеводов
7. Жгутики, реснички	Ж. Внутриклеточное (тургорное) давление в растительных клетках
8. Комплекс Гольджи	З. Управление жизнью клетки, формирование рибосом
9. Хлоропласты	И. Хранение и передача наследственной информации, руководство биосинтезом белка
10. Митохондрии	К. Синтез АТФ и некоторых жирных кислот
11. Настоящая вакуоль	Л. Осуществляют фотосинтез
12. Рибосомы	М. Накапливают крахмал
13. Хромопласты	Н. Накапливают питательные или вредные вещества, содержат каротиноиды
14. Хромосома	О. Защищает клетку, осуществляет избирательную проницаемость, фаго- и пиноцитоз

1____, 2____, 3____, 4____, 5____, 6____, 7____,
8____, 9____, 10____, 11____, 12____, 13____, 14____.

9. Напротив указанных особенностей строения клетки впишите органоид.

Особенности строения	Органоид
Пузырьки, заполненные пищеварительными ферментами	
Состоят из сократительных белков в виде микротрубочек, выступают из клетки	
Немембранный органоид из большой и малой субъединиц. Двумембранный с внутренними выростами – гранами, содержат зеленый пигмент — хлорофилл	

Одномембранный органоид, заполненный клеточным соком	
Цистерны и мембранные полости вблизи ядра	
Двумембранный органоид, содержащий хромосомы	
Двумембранный органоид с каротиноидами	
Два блока микротрубочек, расположенных около ядра перпендикулярно друг другу	
Выросты внутренней мембраны – кристы	
Мембранные каналцы внутри цитоплазмы. Бывают двух видов: гладкая и шероховатая	
Двумембранные органоиды, белые или бесцветные; могут зеленеть или краснеть	
Немембранный органоид всех клеток; состоит из ДНК	

10. Составьте схему взаимосвязи между органоидами, используя следующие опорные вопросы:

- Какие части клетки формируют компоненты наружной мембраны?
- Откуда они получают необходимые для строительства вещества?
- Какие органоиды, расщепляя вещества, поставляют «строительные блоки» для биосинтеза собственных веществ?
- Какие органоиды синтезируют собственные белки, жиры и углеводы (у растений и животных)? Играет ли ядро свою роль в этих процессах?
- Куда могут поступать готовые белковые, углеводные и жировые молекулы?
- Откуда в клетке берется энергия для биосинтеза?
- Как отличаются эти процессы у растений и животных?
- За счет чего растет клеточная стенка у растений, какие органоиды формируют ее компоненты? Какие органоиды осуществляют синтез ее компонентов?
- Какие органоиды осуществляют внутриклеточный транспорт веществ? Что, откуда и куда они транспортируют?
- Какие органоиды осуществляют хранение веществ? Каких и для чего?

11. В схеме представлены некоторые из разделов экологии. Предположите, что они изучают и какие конкретные вопросы решают.



12. Приведите примеры положительного и отрицательного воздействия всех трех групп факторов на жизнь человека.

Роль фактора	Группы факторов		
	биотические	абиотические	антропогенные
Положительная (+)			
Отрицательная (-)			

13. Распределите примеры по трем группам факторов.

Биотические _____

Абиотические _____

Антропогенные _____

1. Количество O_2 в воздухе в среднем составляет 21%.
2. Комары на болотах присутствуют в виде многочисленных популяций.
3. Зеленые растения летом производят много органических веществ.
4. Строительство железных дорог предполагает высадку лесополос.
5. Количество солнечных дней на юге Казахстана в отдельные годы может составлять более 300.
6. Глубина снежного покрова на севере Казахстана в отдельные зимы может достигать полуметрового слоя.
7. Завезенная в Аральское море камбала адаптировалась и размножилась.

8. Популяции степных грызунов могут являться переносчиками природно-очаговых инфекций.

9. Некоторые почвенные бактерии способны питаться нефтепродуктами.

14. Заполните таблицу.

Значение факторов для человека

Абиотические факторы	Уровень показателей		Лимитирующие факторы	
	оптимальный	пессимальный	минимум	максимум
Температура окружающей среды				
Атмосферное давление				
Количество O_2 в атмосфере				
Количество и качество питьевой воды				

15. Установите соответствие между терминами и определениями.

1. Группа животных одного вида, длительно сосуществующих в определенной части природного ареала, постоянно свободно скрещивающихся и частично изолированных от других аналогичных групп _____.

2. Биосферу называют самой крупной _____.

3. Этим термином часто обозначают либо только неживые объекты какого-либо биогеоценоза, изолированные от живых, либо только живые объекты, изолированные от неживой природы. _____.

4. Группа из нескольких популяций, объединенных пищевыми или другими связями _____.

5. Все живые компоненты экосистемы со всеми охватывающими их взаимосвязями без неживых объектов _____.

6. Все компоненты живого и неживого, длительно устойчиво сосуществующие на определенной территории и способные к саморегуляции _____.

1. Популяция.
2. Сообщество.
3. Биоценоз.
4. Биогеоценоз.
5. Экосистема.
6. Биотоп.

16. Какие процессы соответствуют цифрам в кружочках?



- А – дыхание;
- Б – горение;
- В – гниение;
- Г – питание;
- Д – фотосинтез.

17. Заполните таблицу. Выберите три заповедника, находящихся ближе всего к вашей местности.

№	Название	Местонахождение	Охраняемые виды животных и растений, объекты неживой природы
1			
2			
3			

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Мера ионизационного воздействия радиоактивного излучения на человека измеряется в рентгенах (Р) или зивертах (Зв), $1 \text{ Зв} = 100 \text{ Р} = 100 \text{ бэр}$ (бэр – биологический эквивалент рентгена). В одном зиверте 1000 миллизивертов (мЗв).

Уровни радиоактивного облучения

6–7 Зв (600–700 бэр)	однократно полученная доза считается абсолютно смертельной
4,5 Зв (450 бэр)	тяжелая степень лучевой болезни (погибает 50% облученных)
1 Зв (100 бэр)	нижний уровень развития легкой степени лучевой болезни
0,75 Зв (75 бэр)	кратковременное незначительное изменение состава крови
0,3 Зв (30 бэр)	облучение при рентгеноскопии желудка (местное)
0,25 Зв (25 бэр)	допустимое облучение персонала (разовое)
0,1 Зв (10 бэр)	допустимое аварийное облучение населения (разовое)
0,05 Зв (5 бэр)	допустимое облучение персонала атомных электростанций в нормальных условиях за год
0,03 Зв (3 бэр)	облучение при рентгенографии зубов (местное)
5 мЗв (500 мбэр)	допустимое облучение персонала в нормальных условиях
1 мЗв (100 мбэр)	фоновое облучение за год
10 мкЗв (0,01 мЗв или 1 мбэр)	перелет самолетом на расстояние 2400 км
0,005 мЗв (0,5 мбэр)	ежедневный в течение года трехчасовой просмотр телепередач

Зиверт (Зв) – единица эквивалентной дозы излучения в системе СИ*

1 Зв = 100 бэр**

* СИ – Международная система единиц.

** Бэр – единица эквивалентной дозы любого вида ионизирующего излучения.

Наиболее вероятные эффекты при кратковременном облучении

- **10 000 мЗв (10 Зв)** – смерть в течение нескольких недель.
- **Между 2000 и 10 000 мЗв (2–10 Зв)** – острая лучевая болезнь с вероятным фатальным исходом.
- **1000 мЗв (1 Зв)** – риск появления раковых заболеваний многими годами позже.

Нормальный радиационный фон

3 мЗв/в год – от естественных природных источников ионизирующего излучения, включая мощность дозы почти в 2 мЗв/в год от радона в воздухе. Эти уровни радиации близки к минимальным дозам, получаемым всеми людьми на планете.

Типичный радиационный фон

0,3–0,6 мЗв/в год – искусственные источники излучения, главным образом медицинские.

Фоновая радиация

0,05 мЗв/в год – уровень, требуемый по нормам безопасности, вблизи ядерных электростанций. Фактическая доза вблизи ядерных объектов намного меньше.

Для наглядности и примера:

1 рентген = 1000 миллирентген. (80 миллирентген = 0,08 рентген)

1 миллирентген = 1000 микрорентген. (80 микрорентген = 0,08 миллирентген)

1 микрорентген = 0,000001 рентген. (80 рентген = 80 000 000 микрорентген)

80 Зв = 80 000 мЗв = 8000 Р.

0,18 мкЗв/ч = 18 мкР/ч.

80 мР = 800 мкЗ.

Возьмем для примера расчет (миллирентген – рентген в час) #1:

1. 80 мР в час = 0,08 Р.

2. 100 000 мР = 100 Р. (По статистике, 10% людей, получивших такую дозу облучения, умирают через 30 дней. Может возникать рвота, симптомы проявляются после 3–6 часов после дозы и могут оставаться вплоть до одного дня. 10–14 дней бывает латентная фаза, ухудшается самочувствие, начинается анорексия и усталость. Иммунная система по-

вреждена, возрастает риск инфекции. Мужчины временно бесплодны. Бывают преждевременные роды или потеря ребенка.)

3. $100/0,08 = 1250$ часов/24 = 52 суток, находясь в загрязненном помещении или месте, требуется для того, чтобы появились первые признаки лучевой болезни.

Возьмем для примера расчет (микрозиверт – микрорентген в час) #2:

1. 1 микрозиверт (мкЗв, μSv) – 100 микрорентген.

2. Норма 0,20 мкЗв (20 мкР/ч)

Норма санитарная почти во всем мире — до 0,30 мкЗв (30 мкР/ч)

То есть 60 микрорентген = 0,00006 рентген.

3. Или 1 рентген = 0,01 Зиверт.

100 рентген = 1 Зиверт.

Как пример

$11,68$ мкЗв/ч = 1168 мкР/ч = $1,168$ мЛР.

1000 мкР (1мР) = $10,0$ мкЗв = $0,001$ Р.

$0,30$ мкЗв = 30 мкР = $0,00003$ Р.

Доза облучения, рентген	Эффект
700 и более	Смертность – 100%
600	Смертность – 90% за 14 суток
350	Смертность – 50% за 30 суток
150	Смертность – 5%; «лучевое похмелье»* – 50%
100	Тошнота, рвота, вялость во всем теле, значительное снижение лимфоцитов
50	Временное снижение лимфоцитов
25 и менее	Не обнаруживаются клинических симптомов

*Отравление организма продуктами взаимодействия излучения с организмом. Похоже на алкогольное похмелье.

Основные пределы доз

Нормируемые величины	Пределы доз	
	персонал (группа А)	население
Эффективная доза	20 мЗв в год в среднем за любые последовательные 5 лет, но не более 50 мЗв в год	1 мЗв в год в среднем за любые последовательные 5 лет, но не более 5 мЗв в год

Эквивалентная доза за год в хрусталике глаза	150 мЗв	15 мЗв
коже	500 мЗв	50 мЗв
кистях и стопах	500 мЗв	50 мЗв

Приложение 2

- Рак является второй из основных причин смерти в мире; в 2018 г. от этого заболевания умерли 9,6 млн человек. Рак становится причиной практически каждой шестой смерти в мире.
- Около 70% случаев смерти от рака происходит в странах с низким и средним уровнем дохода.
- Примерно в трети случаев смерть от рака обусловлена пятью основными источниками риска, связанными с поведением и рационом питания. Это высокий индекс массы тела, низкий уровень потребления фруктов и овощей, отсутствие физической активности, употребление табака и употребление алкоголя.
- Употребление табака является самым значительным фактором риска развития рака, на который приходится почти 22% глобальных случаев смерти от рака.
- До 25% случаев рака в странах с низким и средним уровнем доходов обусловлено такими вызывающими рак инфекциями, как гепатит и вирус папилломы человека (ВПЧ).
- Распространенной проблемой являются обращение за медицинской помощью на поздних стадиях заболевания и недоступность диагностики. В 2017 г. только 26% стран с низким уровнем доходов сообщили, что располагают общедоступными службами по ведению патологии в государственном секторе. О наличии соответствующих медицинских служб сообщили более 90% стран с высоким уровнем доходов и менее 30% стран с низким уровнем дохода.
- Экономический эффект рака значителен, и он возрастает. Общий годовой экономический ущерб от рака в 2010 г. оценивается примерно в 1,16 трлн. долл. США.
- Только в одной из пяти стран с низким и средним уровнем доходов есть данные, необходимые для разработки политики в области онкологических заболеваний.

(Данные ВОЗ за 2018 г.)

А

Автотрофы – организмы, использующие для построения своего тела CO_2 в качестве единственного или главного источника углерода и обладающие как системой ферментов для ассимиляции CO_2 , так и способностью синтезировать все компоненты клетки.

Адаптация – процесс привыкания.

Аденозиндифосфат (АДФ) – нуклеотид, состоящий из аденина, рибозы и двух остатков фосфорной кислоты.

Аденозинмонофосфат (АМФ) – нуклеотид, состоящий из аденина, рибозы и одного остатка фосфорной кислоты.

Аденозинтрифосфат (АТФ) – нуклеотид, содержащий аденин, рибозу и три остатка фосфорной кислоты.

Адреналин – гормон мозгового слоя надпочечников.

Азотфиксация – усвоение молекулярного азота воздуха азотфиксирующими бактериями с образованием соединений азота, доступных для других организмов.

Актин – белок мышечных волокон.

Аллеель – вариант гена, контролирующий одно из проявлений признака.

Альbedo – разница между количеством отраженной от поверхности солнечной энергии к количеству падающей на него энергии.

Альтернативный – допускающий одну из двух или нескольких возможностей.

Аминокислоты – органические кислоты; основной элемент построения растительных и животных белков.

Амитоз – прямое деление клетки путем перетяжки без образования хромосом, вне митотического цикла.

Анаэробы – организмы, живущие при отсутствии кислорода.

Андрогенез – форма размножения организмов, при которой в развитии зародыша участвует мужское ядро, привнесенное в яйцо сперматозоидом, а женское – не участвует.

Антибиотики – органические вещества, образуемые микроорганизмами и обладающие способностью убивать или подавлять развитие других микроорганизмов.

Антигены – вещества, воспринимающиеся организмом как чужеродные и вызывающие специфическую иммунную реакцию.

Антитела – глобулярные белки, специфически связывающиеся с чужеродными веществами (антигенами) и обеспечивающие иммунитет.

Аутосомы – неполовые хромосомы, одинаковые у обоих полов.

Б

Бактерии – микроорганизмы с прокариотным типом строения клетки.

Бактериофаги – вирусы бактерий.

Бациллы – любые бактерии палочковидной формы.

Бесполое размножение – различные способы размножения организмов, характеризующиеся отсутствием полового процесса и осуществляемые без участия половых клеток.

Бивалент – пара гомологичных хромосом, соединенных между собой в мейозе.

Биомеханика – раздел биологии, изучающий механические свойства тканей, органов и организма в целом и происходящие в них механические явления.

Биосинтез – образование органических веществ из более простых соединений, происходящее в живых организмах под действием биокатализаторов – ферментов.

¹ Подготовлен в русской редакции издательства «Атамұра».

Биотехнология – использование живых организмов и биологических процессов в производстве.

Бластомеры – клетки, образующиеся в результате дробления яйца у многоклеточных животных.

Бластула – стадия развития зародыша. Результат дробления зиготы и последующих митозов образовавшихся бластомеров – однослойный зародыш.

Бластуляция – заключительная фаза периода дробления яйца у многоклеточных животных. Зародыш в этот период называется бластудой.

Бластоцель – полость, заполненная жидкостью, внутри бластулы.

Борьба за существование – совокупность отношений между особями и различными факторами внешней среды.

В

Вегетативное размножение – вид бесполого размножения; размножение с помощью отделения части тела взрослого организма (черенки, почки) или с помощью видоизмененных частей организма (клубни, луковицы, корневища).

Вектор – в геной инженерии искусственная генетическая конструкция для переноса генетической информации в чужеродную клетку; в качестве вектора используются плазмиды бактерий, вирусы.

Веретено деления – система микротрубочек в делящейся клетке, обеспечивающая расхождение хромосом в митозе и мейозе.

Видообразование – процесс возникновения видов посредством разветвления предковой филогенетической линии на несколько новых.

Включения клетки – компоненты цитоплазмы, представляющие собой отложения веществ, временно выведенных из обмена или конечных его продуктов.

Г

Газообмен – совокупность процессов обмена газов между организмом и окружающей средой.

Гамета – репродуктивная клетка животных и растений.

Гаметогенез – развитие половых клеток (гамет).

Гаплоидный – имеющий один набор хромосом (n).

Гастура – зародыш многоклеточных животных в период *гастрюляции*, состоящий на ранней стадии из двух слоев клеток, а на поздней – из трех (кроме губок и кишечнополостных).

Гастрюляция – процесс обособления двух первичных зародышевых листков: наружного (эктодермы) и внутреннего (энтодермы) у зародышей всех многоклеточных животных.

Ген – элементарная единица наследственности; участок ДНК, кодирующий одну полипептидную цепь или одну молекулу РНК.

Генетика – наука о законах наследственности и изменчивости организмов и методах управления ими.

Генетическая инженерия, геновая инженерия – методы молекулярной биологии и генетики, связанные с целенаправленным созданием не существующих в природе сочетаний генов.

Генетический код – свойственная живым организмам единая система записи наследственной информации в молекулах нуклеиновых кислот в виде последовательности нуклеотидов.

Геном – совокупность молекул ДНК гаплоидного набора хромосом; полный набор генов определенного вида организмов.

Генотип – совокупность аллелей гена или группы генов, контролирующей анализируемый признак у данного организма.

Генофонд – совокупность генов, которые имеются у особей данной популяции, группы популяций или вида.

Гетерогаметность – характеристика организма или группы организмов, имеющих в своем хромосомном наборе одну половую хромосому (тип XO) или пару различающихся половых хромосом (X и Y) и вследствие этого образующих разные гаметы.

Гетероангота – организм или клетка, у которых гомологичные хромосомы несут различные аллели того или иного гена.

Гетерозис – превосходство гибридов по ряду признаков и свойств над родительскими формами.

Гетеротрофы – организмы, использующие в качестве источника углерода органические вещества.

Гибрид – организм, полученный в результате объединения отличающихся друг от друга геномов.

Гибридизация – процесс образования или получения гибридов, в основе которого лежит объединение генетического материала разных клеток в одной клетке.

Гликолипиды – липиды, содержащие углеводный фрагмент.

Гликопротеиды – сложные белки, содержащие углеводы.

Гомеостаз – способность биологических систем поддерживать постоянство своего состава и свойств.

Гомозигота – диплоидная или полиплоидная клетка или организм, у которых гомологичные хромосомы несут идентичные аллели одного гена.

Гомологичные хромосомы – пара хромосом диплоидной клетки, содержащих одинаковый набор генов и имеющих одинаковую морфологию.

Гормоны – биологически активные вещества, синтезируемые специализированными клетками и оказывающие целенаправленное действие на другие органы и ткани.

Д

Двойное оплодотворение – тип полового процесса, свойственный только цветковым растениям.

Дезоксирибонуклеиновая кислота, ДНК – одна из нуклеиновых кислот, биополимер.

Деление – форма размножения некоторых организмов и многих клеток, входящих в состав тела многоклеточных.

Делеция – тип хромосомной перестройки, в результате которой выпадает участок генетического материала.

Денатурация белков (лат. *denaturare* – лишать природных свойств) – утрата природной конфигурации молекулами белков, нуклеиновых кислот и других биополимеров в результате нагревания, химической обработки и т. п.

Детрит – мелкие органические частицы (остатки разложившихся организмов вместе с бактериями), осевшие на дно водоема или взвешенные в толще воды.

Дефишенси – концевые нехватки хромосом.

Диализ – освобождение коллоидных растворов и растворов высокомолекулярных веществ от растворенных в них солей и других низкомолекулярных веществ.

Дивергенция – расхождение признаков у родственных видов за счет приспособления к разным условиям среды.

Диплоидный – имеющий двойной набор хромосом ($2n$).

Дискретный – состоящий из отдельных частиц.

Дифференцировка – возникновение различий между однородными клетками и тканями, изменения их в ходе развития особи, приводящие к формированию специализированных клеток, органов и тканей.

Диффузия – проникновение молекул одного вещества в другое при их непосредственном соприкосновении или через пористую перегородку.

Доминантность – участие только одной аллели в определении признака у гетерозиготной особи.

Дрейф генов – случайные ненаправленные изменения частоты генов в популяциях ограниченного размера.

Дробление – последовательные митотические деления оплодотворенной яйцеклетки (или неоплодотворенной яйцеклетки при партеногенезе).

Дыхание – одна из основных жизненных функций, совокупность процессов, обеспечивающих поступление в организм O_2 , использование его в окислительно-восстановительных процессах, а также удаление из организма CO_2 и некоторых других соединений, являющихся конечными продуктами обмена веществ.

Е

Естественный отбор – основной движущий фактор эволюции организмов.

Ж

Железобактерии – организмы, способные отлагать окисное железо на поверхности клеток.

Жизненный цикл – совокупность всех фаз развития, пройдя которые, обычно начиная от зиготы, организм достигает зрелости и становится способным дать начало следующему поколению.

Жирные кислоты – одноосновные карбоновые кислоты алифатического ряда.

Жиры – триглицериды, полные сложные эфиры глицерина и одноосновных неразветвленных высших жирных кислот с четным количеством атомов углерода.

З

Зародыш – организм в ранний период развития от оплодотворения яйца до выхода из оболочек или рождения.

Зародышное сходство – на ранних стадиях эмбриогенеза представители разных групп организмов обычно более сходны друг с другом, чем взрослые особи.

Зародышевый мешок – центральная часть семяпочки цветковых растений, в которой развивается яйцеклетка и происходит двойное оплодотворение.

Зигота – клетка, образующаяся в результате слияния гамет разного пола; оплодотворенное яйцо.

И

Изменчивость – свойство живых организмов существовать в различных формах.

Изоляция – исключение или затруднение свободного скрещивания между особями одного вида, ведущее к обособлению внутривидовых групп и новых видов.

Иммунитет – способность организма защищать собственную целостность и биологическую индивидуальность.

Интерфаза – стадия клеточного цикла между двумя делениями.

Интерферон – белок, образующийся в клетках организмов при вирусных инфекциях.

Интрон – участок гена, не несущий информации о первичной структуре белка. Расположен между кодирующими участками – экзонами.

Искусственный отбор – выбор человеком наиболее ценных в хозяйственном отношении особей животных и растений данного вида, породы или сорта для получения от них потомства с желательными свойствами.

К

Карнограмма – графическое изображение *кариотипа*.

Кариокинез – деление клеточного ядра, устаревший синоним *митоза*.

Кариотип – совокупность признаков хромосомного набора, характерных для того или иного вида.

Карты хромосом – схемы порядка расположения и относительных расстояний между генами определенных хромосом.

Катализатор (греч. *katalysis* – «разрушение») – вещество, изменяющее скорость химической реакции или возбуждающее химическую реакцию.

Кладограмма – графическое изображение отношений сестринского родства между таксонами.

Клеточный цикл – жизнь клетки от одного митотического деления до другого.

Клон – совокупность клеток или особей, происходящих от одного предка путем бесполого размножения.

Клонирование – образование идентичных потомков (клонов) путем бесполого размножения.

Кодоминантность – участие обеих аллелей в определении признака у гетерозиготной особи.

Кодон, триплет – последовательность трех нуклеотидов, кодирующая включение в синтезируемый белок строго определенной аминокислоты.

Комплементарность – взаимное соответствие в химическом строении двух макромолекул, обеспечивающее их взаимодействие: спаривание двух нитей ДНК, соединение фермента с субстратом, антигена с антителом. Комплементарные структуры подходят друг к другу как ключ к замку, например азотистые основания в молекуле ДНК.

Конвергенция – независимое развитие сходных признаков у неродственных видов вследствие приспособления к сходным условиям среды.

Конъюгация хромосом – (лат. *конъюгацио* – «соединение») – попарное облизание гомологичных хромосом и переплетение их хроматид, при котором становится возможен кроссинговер. Конъюгируют только по одной хроматиде из каждой гомологичной хромосомы, прилегающей друг к другу. Конъюгация происходит в профазе I мейоза.

Кроссинговер (англ. *crossing-over* – «перекрест») – взаимный обмен участками между гомологичными (попарными) хромосомами. Происходит в процессе клеточных делений – мейоза и (гораздо реже) митоза на стадии профазы, когда спаренные гомологичные хромосомы уже содержат по две сестринские хроматиды. На этой четыреххроматидной стадии и осуществляется обмен гомологичными участками хроматид: в каждой гомологичной хромосоме одна хроматида разрывается, а затем образовавшиеся фрагменты соседних хроматид воссоединяются заново, но уже крест-накрест. При кроссинговере гены на одной гомологичной хромосоме перемещаются в другую, в результате чего возникают новые комбинации аллелей генов, т. е. происходит рекомбинация генетического материала. Кроссинговер – один из механизмов наследственной изменчивости.

Л

Лизис – разрушение, растворение клеток под действием ферментов, содержащихся в лизосомах, или других агентов, обладающих растворяющим действием.

Липиды – жиры и жироподобные вещества, входящие в состав биологических мембран. Все липиды гидрофобны и плохо растворимы в воде.

М

Мезодерма – средний зародышевый листок у большинства многоклеточных животных.

Мейоз – особый способ деления клеток, в результате которого происходит уменьшение (редукция) числа хромосом в дочерних клетках.

Метаболизм – то же, что обмен веществ.

Механорецепторы – чувствительные нервные окончания, воспринимающие механические раздражения извне или во внутренних органах.

Микроорганизмы – мельчайшие, преимущественно одноклеточные организмы, видимые только в микроскоп: бактерии, микроскопические грибы и водоросли, простейшие.

Миозин – белок мышечных волокон.

Миофибриллы – сократимые волокна в цитоплазме сердечной и поперечнополосатых мышц.

Митоз, непрямоe деление – основной способ деления эукариотных клеток.

Модификация – ненаследственное изменение.

Мутаген – физический или химический фактор, увеличивающий частоту мутаций.

Мутагенез – искусственное получение мутаций с помощью физических или химических *мутагенов*.

Мутант – наследственно измененная в результате мутации форма организма.

Мутация – наследуемые изменения генетического материала.

Н

Наследственность – свойство организмов обеспечивать материальную и функциональную преемственность между поколениями.

Незаменимые аминокислоты – не синтезируются в организме животных и человека или синтезируются в недостаточном количестве и должны поступать с пищей.

Незаменимые жирные кислоты – ненасыщенные жирные кислоты, необходимые для роста и развития млекопитающих.

Нуклеиновые кислоты, полинуклеотиды – фосфорсодержащие биополимеры, имеющие универсальное распространение в живой природе.

Нуклеоид – ДНК-содержащая зона клетки прокариот.

Нуклеопротеиды – сложные комплексы нуклеиновых кислот с белками.

Нуклеотиды – органические вещества, состоящие из пуринового или пиримидинового основания, углерода и одного или нескольких остатков фосфорной кислоты.

О

Овуляция (лат. *ovulum* – «яичко») – выход зрелых яйцеклеток (ооцитов) у млекопитающих из яичника в полость тела.

Онкогенез (греч. *ónkos* – «опухоль» и *genesis* – «происхождение, возникновение») – процесс превращения нормальных клеток, ткани в опухолевые.

Онкогены – гены, обуславливающие превращение (трансформацию) нормальных клеток в злокачественные.

Онтогенез – индивидуальное развитие особи.

Оогенез (греч. *óōn* – «яйцо» и ... *genesis*) – совокупность последовательных процессов развития женской половой клетки от первичной половой клетки до зрелого яйца. Включает периоды размножения, роста и созревания.

Ооцит – женская половая клетка животных в периоды ее роста и созревания.

Оперон – единица транскрипции у прокариот, содержащая один или несколько генов, которые кодируют белки, принимающие участие в одной биохимической цепи реакций.

Органогенез – образование зачатков органов и их дифференцировка в ходе онто- или филогенеза многоклеточных организмов.

Органоиды – постоянные клеточные структуры, обеспечивающие выполнение специфических функций в процессе жизнедеятельности клеток: немембранные, одномембранные и двумембранные.

П

Пенетрантность – частота проявления аллели определенного гена у разных особей родственной группы организмов.

Перекрест – обмен идентичными участками гомологичных хромосом во время профазы мейоза.

Плазмиды – внехромосомные молекулы ДНК, не являющиеся жизненно необходимыми для клетки.

Полимеразы – ферменты, катализирующие образование макромолекул из низкомолекулярных веществ.

Полимерия – один из типов взаимодействия генов, при котором степень развития одного и того же признака обусловлена влиянием ряда так называемых полимерных генов (проявляющихся сходным образом).

Полимеры – вещества, молекулы которых состоят из большого числа повторяющихся звеньев.

Полиплоидия – кратное увеличение числа хромосом.

Полисахариды, гликаны – высокомолекулярные углеводы; *полимеры*, мономерами которых являются простые сахара.

Почкование – способ бесполого размножения, при котором на материнском органе образуется вырост – почка. Из почки развивается новая особь.

Природные ресурсы (естественные ресурсы) – компоненты природы, используемые человеком: минеральные, земельные, климатические, водные, биологические ресурсы и др.

Промотор – узнаваемый РНК-полимеразой участок ДНК, с которого начинается синтез любой РНК.

Р

Радионуклиды – радиоактивные ядра и атомы.

Регенерация – восстановление организмом утраченных или поврежденных органов и тканей, а также восстановление целого организма из его части.

Регулярные гены – участки ДНК, специфически включающие или выключающие транскрипцию структурных генов в разных органах и тканях, на разных стадиях развития организма.

Редукция – недоразвитие или полное исчезновение органа, который был нормально развит у предковых форм или на более ранних стадиях онтогенеза.

Рекомбинация – перераспределение родительского генетического материала в потомстве в результате перекреста и расхождения гомологичных хромосом в мейозе.

Ренатурация – обратный переход молекулы биополимера из денатурированного состояния в биологически активное.

Репликация – процесс самовоспроизведения макромолекул нуклеиновых кислот, обеспечивающий точное копирование генетической информации и ее передачу от поколения к поколению.

Рецессивность – отсутствие фенотипического проявления одной аллели у гетерозиготной особи.

Рибонуклеиновые кислоты (РНК) – нуклеиновые кислоты, содержащие в качестве углеводного компонента рибозу, а в качестве азотистых оснований – аденин, гуанин, урацил, цитозин, а также их модифицированные производные.

Робототехника – автоматические программно-управляемые системы, применяемые в технологических процессах и позволяющие создавать безлюдные технологии.

С

Саркомер – повторяющийся участок миофибриллы мышечного волокна, основная структурная единица миофибрилл.

Селекция – наука о методах создания сортов, гибридов растений и пород животных, штаммов микроорганизмов с нужными человеку признаками.

Синапсы – специализированные функциональные контакты между возбудимыми клетками, служащие для передачи и преобразования нервных импульсов.

Старение – закономерный разрушительный процесс возрастных изменений организма, ведущий к снижению его адаптационных возможностей, увеличению вероятности смерти.

Стволовые клетки – родоначальные клетки в органах и тканях животных; способны размножаться, заменяя погибшие или поврежденные клетки.

Структурные гены – гены, в которых закодированы белки.

Сцепление генов – явление, в основе которого лежит локализация генов в одной хромосоме.

Т

Таксон – группировка организмов, принятая в систематике (например вид, род, семейство).

Терминатор – участок ДНК, на котором завершается синтез любой РНК.

Токсины – ядовитые вещества, образуемые некоторыми микроорганизмами, растениями и животными.

Тотипотентность – свойство клетки растений при определенных условиях развиться до взрослого организма – полноценного растения.

Трансгенез – внесение чужеродной или измененной генетической информации в геном животных, растений или микроорганизмов.

Транзиция – мутация, обусловленная заменой азотистого основания в молекуле нуклеиновой кислоты.

Транскрипция – биосинтез РНК на соответствующих участках ДНК.

Трансляция – биосинтез полипептидных цепей белков по матрице иРНК согласно генетическому коду.

Трансплантация – пересадка тканей или органов.

Трансформизм – система представлений об изменчивости видов.

Трисомия – наличие дополнительной гомологичной хромосомы.

У

Углеводы – сахара, компоненты всех без исключения живых организмов.

Уотсона–Крика модель – двойная спираль, структурная модель ДНК, согласно которой молекула ДНК состоит из двух цепей, образующих правильную правозакрученную перевитую спираль.

Ф

Фенотип – совокупность всех признаков организма.

Ферменты – специфические белки, присутствующие во всех живых клетках и играющие роль биологических катализаторов.

Фикобилины – специфические пигменты красного и синего цвета, содержащиеся у цианобактерий и некоторых водорослей.

Филогенетическое древо – родословное древо, графическое изображение хода филогенеза и родственных связей разных групп организмов.

Фосфолипиды – сложные липиды, в молекулах которых присутствует остаток фосфорной кислоты.

Фосфопротеиды – сложные белки, содержащие остатки фосфорной кислоты.

Фосфорилирование – введение в органическое соединение остатка какой-либо фосфорной кислоты.

Х

Хемосинтез – тип питания бактерий, основанный на усвоении CO_2 за счет окисления неорганических соединений.

Хлорофиллы – зеленые пигменты растений, с помощью которых они улавливают энергию солнечного света и осуществляют фотосинтез.

Хроматида – половина хромосомы после удвоения ДНК; одна хроматида содержит одну молекулу ДНК.

Хромосомные аберрации – хромосомные перестройки, тип мутаций, которые изменяют структуру хромосом.

Хромосомный набор – совокупность хромосом, заключенных в каждой клетке организма.

Хромосомы – немембранные структуры клеточного ядра, состоящие из ДНК и упаковочных белков и являющиеся носителями генетической информации.

Ц

Центромера – участок хромосомы, к которому прикрепляются нити веретена деления во время митоза и мейоза.

Цианобактерии – группа фототрофных прокариотных организмов, традиционно называемых синезелеными водорослями.

Цитогенетика – область генетики, изучающая закономерности наследственности и изменчивости на уровне клетки и субклеточных структур (главным образом хромосом).

Ч

Чередование поколений – закономерная смена в жизненном цикле организмов генераций (поколений бионтов), различающихся способом размножения.

Человекообразные обезьяны, гоминиоиды, антропоиды – надсемейство узконосых обезьян. Объединяет 3 семейства: гиббоновые, понгиды, гоминиды.

Человекоподобные приматы, высшие приматы, антропоиды, обезьяны – подотряд приматов.

Чистая линия – потомки одной особи, размножающейся с помощью самоопыления (самооплодотворения), гомозиготные по большинству генов.

Ш

Штамм – чистая культура микроорганизма, выделенного из определенного источника или полученного в результате мутаций.

Э

Эволюция – необратимый процесс исторического изменения живого.

Экзон – участок гена (ДНК) эукариот, несущий генетическую информацию.

Эктодерма – наружный зародышевый листок у многоклеточных животных.

Энтодерма – внутренний зародышевый листок у многоклеточных животных.

Эпистаз – один из типов взаимодействия генов, при котором аллели одного гена подавляют проявление аллелей других генов.

Я

Ядерная оболочка – структура, ограничивающая ядро клеток эукариот от цитоплазмы.

Список литературы

1. Азбука природы. Более 1000 вопросов и ответов о нашей планете, ее растительности и животном мире. М., 1997.
2. *Алехо Родригес-Вида*. Тело человека. Нескучная анатомия. М.: Лабиринт Пресс, 2010.
3. *Байтенов М. С.* Флора Казахстана. В 2 томах. Иллюстрированный определитель семейств и родов. Алматы, 1999.
4. Биология. Энциклопедия. М., 2003.
5. Биология. Энциклопедия для детей. Т. 2. М.: Аванта[®], 1999.
6. *Богданова Т. Л., Солодова Е. А.* Биология: Справочник для школьников и поступающих в вузы. М.: АСТ-ПРЕСС ШКОЛА, 2018.
7. Большая энциклопедия животного мира. М., 2004.
8. *Вилли К.* Биология. Пер. с англ. М.: Мир, 1964.
9. *Воробьева Е. А., Губарь А. В., Сафьянникова Е. Б.* Анатомия и физиология: Учебник/Учеб. лит. Для учащихся медучилищ. М.: Медицина, 1988.
10. Генетика и наследственность: Сб. статей: Пер с франц. М.: Мир, 1987.
11. *Грин Н., Стаут У., Тейлор Д.* Биология. В 3 т. М.: Мир, 1996.
12. *Гуленкова М.А. и др.* Биология: Большой справочник для школьников и поступающих в вузы. М.: Дрофа, 2000.
13. Естествознание. Энциклопедический словарь. М., 2002.
14. Жизнь животных. В 6 томах. М., 1968.
15. Жизнь растений. В 6 томах. М., 1974.
16. *Залесский М.* Занимательная анатомия для детей. Интернет-книга.
17. Заповедники и национальные парки Казахстана. Алматы, 2006.
18. *Кемп П., Армс К.* Ведение в биологию: Пер. с англ. М.: Мир, 1988.
19. *Ковшарь А. Ф.* Птицы. Дороги. Люди. Воспоминания орнитолога (Очерки по истории зоологии в Казахстане: 1959–2014). Алматы, 2014.
20. *Ковшарь А. Ф., Ковшарь В. А., Грачев Ю. А., Тимирханов С. Р., Дүйсебаева Т. Н.* Позвоночные животные Казахстана. Справочник для вузов и школ. Алматы, 2013.
21. Красная книга Казахстана. Т. 1. Животные. Ч. 1. Позвоночные. Алматы, 1996.
22. *Ленинджер А.* Основы биохимии: В 3 т. Пер. с англ. М.: Мир, 1985.
23. Национальная стратегия и план действий по сохранению и сбалансированному использованию биологического разнообразия. 1999.
24. Окружающая среда и устойчивое развитие в Казахстане. 2004.
25. *Орловская Э. Р.* Первый палеонтологический заповедник СССР. Алматы, 1996.
26. Позвоночные животные. По страницам Красной книги Казахстана. Алматы, 2004.
27. Растительный мир Казахстана. Иллюстрированная энциклопедия. Алматы, 2004.
28. *Рябицев В. К., Ковшарь А. Ф., Ковшарь В. А., Березовиков Н. Н.* Полевой определитель птиц Казахстана. Алматы, 2014.
29. Тело человека. Детская энциклопедия. М.: Росмен, 2016.
30. Удивительный мир беспозвоночных. По страницам Красной книги Казахстана. Алматы, 2005.
31. *Уилсон Дж., Хант Т.* Молекулярная биология клетки: Сб. задач: Пер. с англ. М.: Мир, 1994.
32. Экология. Энциклопедия для детей. Т. 19. М.: Аванта[®], 2005.

Учебное издание
Ковшарь Анатолий Федорович
Асанов Нигметулла Гатауевич
Соловьева Алина Робертовна
Ибраимова Бахыт Тасбулатовна
Куприй Светлана Алексеевна

БИОЛОГИЯ

Для 11 класса общественно-гуманитарного направления
общеобразовательной школы

В двух частях

Часть 2

Зав. редакцией *Н. Жиенгалыев*
Редактор *А. Раймкулова*
Технический редактор *О. Рысалиева*
Художники *Е. Цой, А. Веккожанова*
Художественные редакторы *А. Лукманов, З. Огай*
Корректор *Г. Тулепова*
Компьютерная верстка *Е. Козловой*

ИБ 037

Сдано в набор 05.06.2019. Подписано в печать 08.07.2020. Формат 70x90^{3/32}.
Вумага офсетная. Гарнитура «Школьная». Печать офсетная. Усл. п. л. 15,21.

Уч.-изд. л. 12,71. Тираж 11 000 экз. Заказ № 5172.

ТОО «Корпорация «Атамұра», 050000, г. Алматы, пр. Абылай хана, 75
Полиграфкомбинат ТОО «Корпорация «Атамұра», 050002, г. Алматы, ул. Макатаева, 41.

