

БИОЛОГИЯ

Учебник

Часть 2

11

Естественно-математическое
направление

Условные обозначения:



— **проверь знания**



— **это интересно**



— **знание и понимание**



— **применение**



— **анализ**



— **синтез**



— **оценка**

КЛЕТОЧНАЯ БИОЛОГИЯ

8

БИОТЕХНОЛОГИЯ

9

БИОМЕДИЦИНА И БИОИНФОРМАТИКА

10

БИОСФЕРА. ЭКОСИСТЕМА. ПОПУЛЯЦИЯ

11

**ЭКОЛОГИЯ И ВЛИЯНИЕ ЧЕЛОВЕКА НА
ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ**

12

8

КЛЕТОЧНАЯ БИОЛОГИЯ

§ 35. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ КОМПОНЕНТОВ КЛЕТОК

На этом уроке:

- Научитесь определять и описывать основные компоненты клеток с использованием микрофотографий;
- узнаете особенности клеточного строения прокариот и эукариот.

Знаете ли вы:

- Значение клеток для живых организмов процены в клетках живых организмов;
- примеры прокариотических и эукариотических организмов.

Ключевые понятия:

Клетка, мембрана, цитоплазма, митохондрии, лизосомы

Клетки, образующие ткани растений и животных, значительно различаются по форме, размерам и внутреннему строению. Однако все они обнаруживают сходство в главных чертах процессов жизнедеятельности, обмена веществ, в раздражимости, росте, развитии, способности к изменчивости.

Биологические превращения, происходящие в клетке, неразрывно связаны с теми структурами живой клетки, которые отвечают за выполнение той или иной функции. Такие структуры получили название *органойды*.

Клетки всех типов содержат три основных, неразрывно связанных между собой компонента:

- структура, образующая ее поверхность: наружная мембрана клетки, или клеточная оболочка, или цитоплазматическая мембрана;
- цитоплазма с целым комплексом специализированных структур — органойдов (эндоплазматическая сеть, рибосомы, митохондрии и пластиды, комплекс Гольджи и лизосомы, клеточный центр), присутствующих в клетке постоянно, и временных образований, называемых *включениями*;
- ядро, которое отделено от цитоплазмы пористой мембраной и содержит ядерный сок, хроматин и ядрышко.

Поверхностный аппарат клетки (цитоплазматическая мембрана) растений и животных имеет некоторые особенности.

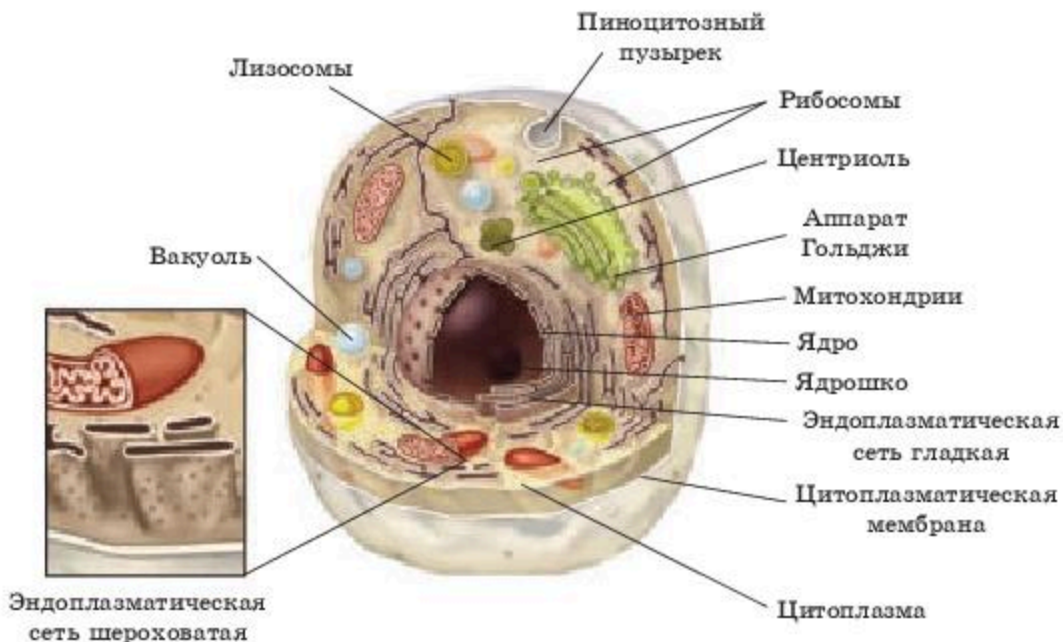


Рис. 8.1. Строение клетки

У всех организмов наружная мембрана обеспечивает проникновение в клетку ионов, воды, мелких молекул других веществ. Процесс проникновения в клетку твердых частиц называется *фагоцитозом*, а попадание капель жидких веществ — *пиноцитозом*.

Наружная плазматическая мембрана регулирует обмен веществ между клеткой и внешней средой.

В клетках эукариот есть органоиды, покрытые двойной мембраной, — *митохондрии* и *пластиды*. Они содержат собственные ДНК и синтезирующий белок аппарат, размножаются делением, т. е. имеют определенную автономию в клетке. Кроме АТФ, в митохондриях происходит синтез небольшого количества белка. Пластиды свойственны клеткам растений и размножаются путем деления.

К одномембранным органоидам относятся эндоплазматическая сеть, комплекс Гольджи, лизосомы, различные типы вакуолей (рис. 8.1).

Современные средства исследования позволили биологам установить, что по строению клетки все живые существа следует делить на организмы безъядерные — *прокариоты* и ядерные — *эукариоты*.

У прокариот-бактерий и сине-зеленых водорослей, а также вирусов имеется всего одна хромосома, представленная молекулой ДНК (реже РНК), расположенной непосредственно в цитоплазме клетки.

Эукариоты обладают большим богатством органоидов, имеют ядра, содержащие хромосомы в виде нуклеопротеидов (комплекс ДНК с

белком гистоном). К эукариотам относятся большинство современных растений и животных как одноклеточных, так и многоклеточных.

Выделяют два уровня клеточной организации:

- *прокариотический* — одноклеточные или колониальные формы, составляющие царство дробянок, синезеленых водорослей;
- *эукариотический* — одноклеточные колониальные и многоклеточные формы, от простейших — корненожки, жгутиковые, инфузории — до высших растений и животных (табл. 10).

Таблица 10

Особенности клеточного строения прокариотов и эукариотов

Органоиды-клетки Организмы	Цитоплазма	Ядро	Митохондрии	Пластиды	Лизосомы	ЭПТ	Рибосомы	Комплекс Гольджи	Клеточный центр	Включение	Органоиды специального назначения
Прокариоты (бактерии)	+	Ядерный элемент	-	У некоторых видов	+	нет	+	+	-	-	Жгутики
Эукариоты а) простейшие	+	+	Внутренняя мембрана образует трубочку	Хроматофоры	Пищеварительная вакуоль	+	+	+	+	Гликоген жиры белок	Жгутики, реснички сократительная вакуоль
б) одноклеточные зеленые водоросли	+	+	+	Хроматофоры	+	+	+	+	+	+	Жгутики

Примечание. Знак “+” означает, что данный органоид имеется; “-” — органоид отсутствует

Все органоиды клетки, несмотря на особенности их строения и функций, находятся во взаимосвязи и “работают” на клетку, как на единую систему, в которой связующим звеном является цитоплазма.

Проверь знания:



1. Расскажите о строении клеток и значении клеточных органоидов.
2. Опишите клеточное строение прокариот и эукариот.



1. Объясните особенности строения двумембранных органоидов.
2. Объясните какие функции выполняют органоиды в клетке и как клетка получает из внешней среды воду и другие вещества.



1. Проанализируйте отличие сине-зеленых водорослей от других организмов.

2. Нарисуйте строение клетки и подпишите все клеточные структуры.



1. Заполните таблицу. Объясните, какие функции выполняют клеточные органоиды и для чего.

2. Охарактеризуйте отличие строения клеток у разных царств (растений, грибов, животных).

Клеточные структуры	Функция	У каких организмов есть
Цитоплазма		
Ядро		
Митохондрии		
Пластиды		
Лизосомы		
ЭПС		
Рибосомы		
Комплекс Гольджи		
Клеточный центр		
Вакуоль		



Предложите эксперименты для наблюдения за фагоцитозом?

Лабораторная работа № 8.1

“Описание основных компонентов клеток с использованием микрофотографий”

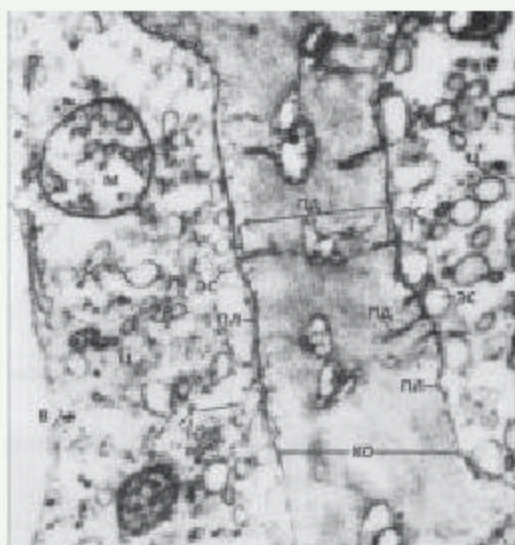
Все живые организмы состоят из клеток. По строению клетки животных и растений отличаются друг от друга. На микрофотографиях видны основные органоиды клеток.

Цель работы изучить микрофотографии, зарисовать характерные черты строения органоидов и, в связи с функциями, составить схему: “структуры клетки”.

Приборы и материалы: Микрофотографии в учебнике стр. (Рис. 1, 2, 3, 4).

Ход работы:

Рис. 1. Участок слившихся оболочек двух смежных клеток и прилегающие к нему участки цитоплазмы этих клеток. Паренхимные клетки коры коры ели (*Picea abies*). Электронная микрофотография (увел. $\times 75\,000$) А. Е. Васильева: ко — клеточные оболочки; пл — плазмалемма; пд — плазмодесмы, некоторые из которых видны не по всей своей длине, так как они тянутся не строго в плоскости среза; ц — цитоплазма; эс — элементы эндоплазматической сети (многие каналы перерезаны поперек; видна связь эндоплазматической сети с плазмодесмами; м — митохондрия; р — рибосомы; в — вакуоль



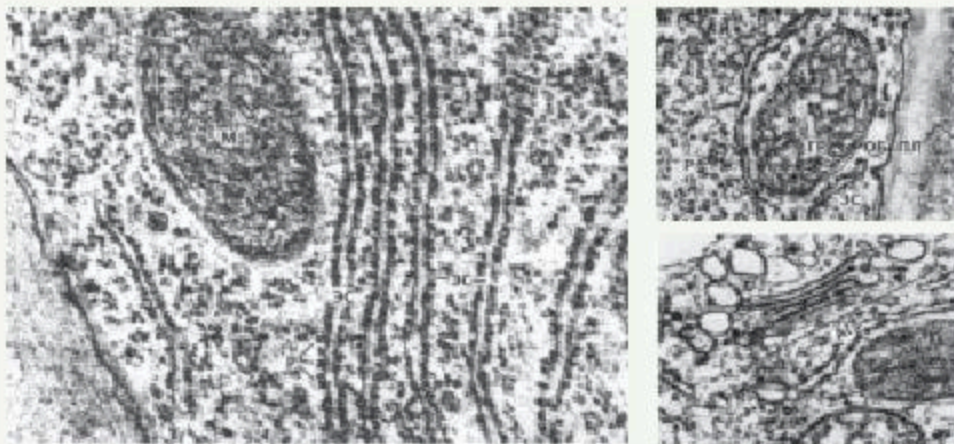


Рис. 2. Структура растительной клетки. Вверху — гранулярная эндоплазматическая сеть в цитоплазме развивающегося корневого волоска редиса (*Raphanus sativus*). Электронная микрофотография (Увел. $\times 103\ 000$) М. Ф. Даниловой: эс — каналы эндоплазматической сети; р — рибосомы; м — митохондрия. Внизу слева — митохондрия в развивающемся корневом волоске редиса (*Raphanus sativus*). Электронная микрофотография (Увел. $\times 85\ 000$) Е. А. Мирославова: м — митохондрия; об — оболочка; гр — гребни; пл — плазмалемма (под ней видна часть оболочки клетки); эс — каналы эндоплазматической сети, на внешних поверхностях которых видны рибосомы; р — свободные рибосомы в цитоплазме. Внизу справа — аппарат Гольджи в цитоплазме развивающегося корневого волоска редиса (*Raphanus sativus*). Электронная микрофотография (увел. $\times 52\ 000$) М. Ф. Даниловой: аг — аппарат Гольджи, видны срезы плоских мешочков и пузырьков

1. Рассмотреть рисунки микрофотографий в учебнике.
2. Определить все клеточные структуры.
3. В тетради зарисовать клетку с указанием всех органоидов, найденных на микрофотографиях.
4. Сделать выводы и, объяснить какие органоиды они наблюдали, на микрофотографиях в учебнике, которых нет у животных клеток.

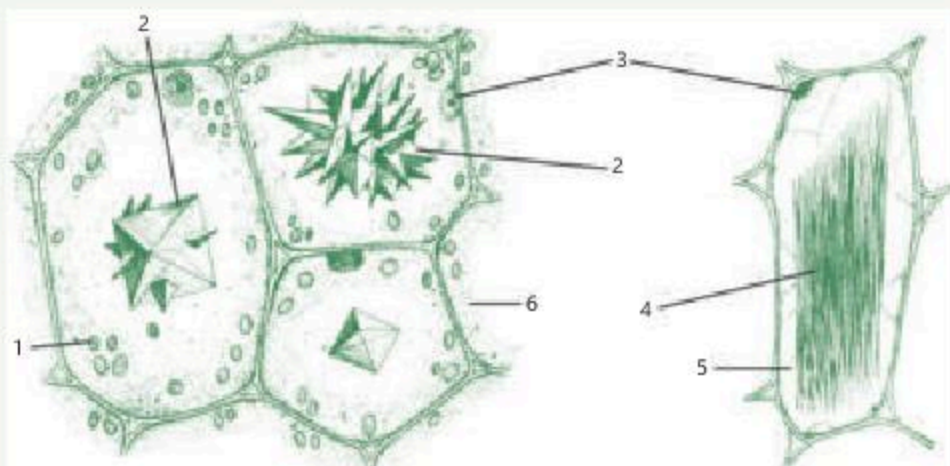
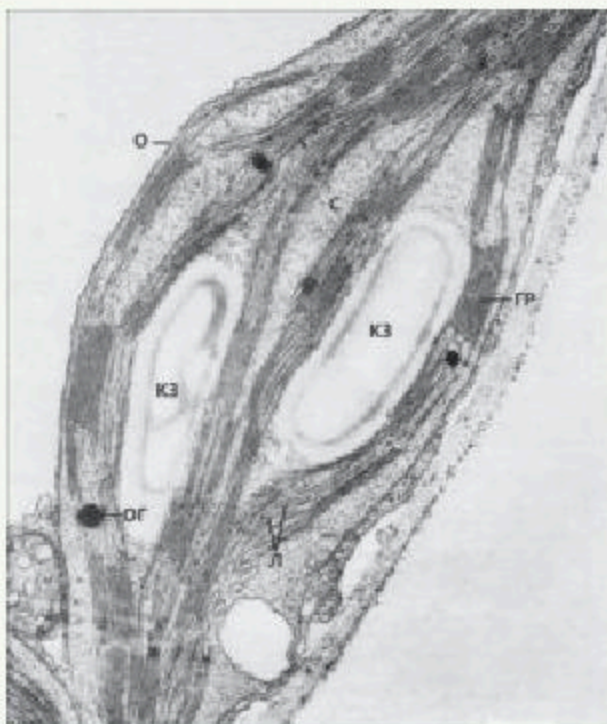


Рис. 3. Кристаллы щавелевокислого кальция в вакуолях клеток. Слева — в клетках из черешка листа бегонии королевской. Справа — в клетке ряски малой. 1 — крахмальные зерна; 2 — друзы; 3 — ядро; 4 — рафиды; 5 — вакуоль; 6 — цитоплазма.

Рис. 4. Хлоропласт из клетки листа огурца (*Cucumis sativus*).

Электронная микрофотография (увел. $\times 48\,000$) Е. А. Мирославова:

- о — оболочка хлоропласта;
- л — межгранные ламеллы;
- гр — грани; с — строма;
- кз — крахмальные зерна;
- ог — осмиофильные гранулы (капли жироподобных веществ);
- м — митохондрия



§ 36. РАСЧЕТ ЛИНЕЙНОГО УВЕЛИЧЕНИЯ ОРГАНЕЛЛ

На этом уроке:

- Изучите принципы линейного увеличения органелл;
- познакомитесь с методами измерения объектов с помощью микроскопа;
- научитесь определять фактический размер клеток.

Знаете ли вы:

- Понятие *линейное увеличение в биологии*;
- принципы работы микроскопа;
- измерения органелл с помощью объект микрометра или окуляр микрометра.

Ключевые понятия:

Микроскоп, окуляр, объектив, линейное увеличение, микрометр.

Окуляр-микрометр. Клетки живых организмов отличаются разнообразием линейных размеров. У одних организмов размеры клетки могут составлять сотые доли микрометров (мкм), у других — несколько сотен микрометров. В биологии для исследования мелких объектов используют микроскопы, позволяющие увеличивать рассматриваемые объекты.

Световая микроскопия обеспечивает увеличение до 2–3 тыс. раз, цветное и подвижное изображение живого объекта, возможность микрокиносъемки и длительного наблюдения одного и того же объекта, оценку его динамики и химизма. Изображение в световом микроскопе формируется вследствие того, что объект и различные его структуры избирательно поглощают свет с различной длиной волны (абсорбционный контраст) или вследствие изменения фазы световой волны при прохождении света через объект (фазовый контраст).

Основными характеристиками любого микроскопа являются разрешающая способность и контраст. Разрешающая способность — это минимальное расстояние, на котором находятся две точки, демонстрируемые микроскопом раздельно. Разрешение человеческого глаза в режиме наилучшего видения равно 0,2 мм. Контраст изображения — это различие яркостей изображения и фона. Если это различие составляет менее 3–4%, то его невозможно уловить ни глазом, ни фотопластинкой; тогда изображение останется невидимым, даже если микроскоп разрешает его детали. На контраст влияют как свойства объекта, изменяющие световой поток по сравнению с фоном, так и способности оптики уловить возникающие различия в свойствах луча. Возможности светового микроскопа ограничены волновой природой света. *Физические свойства света* — цвет (длина волны), яркость (амплитуда волны), фаза, плотность и направление распространения волны изменяются в зависимости от свойств объекта. Эти различия и используются в современных микроскопах для создания контраста.

В дополнение, для качественного и четкого изображения важно высокое разрешение оптики микроскопа. Это обеспечивается не только точностью изготовления линз, но и компенсацией дисперсии света, которая приводит к разложению белого света в радужный спектр. Применение ахроматических объективов лишь немного искажает цветопередачу.

И последнее, но не менее важное — абсолютно необходимой частью микроскопа является источник освещения. Простейший источник — зеркальце, направляющее свет на изучаемый объект. Более сложные конструкции имеют специальную лампу с определенным спектром и яркостью свечения.

Увеличение микроскопа определяется как произведение увеличения объектива на увеличение окуляра. У типичных исследовательских микроскопов увеличение окуляра равно 10, а увеличение объективов — 10, 40 и 100. Соответственно, увеличение такого микроскопа составляет от 100 до 1 000. Некоторые из микроскопов имеют увеличение до 2 000.

Оптическая схема микроскопа:

Микроскоп состоит из осветительной и наблюдательной частей. Осветительная часть микроскопа включает в себя осветитель и конденсор. При наблюдении исследуемого объекта лучи света от осветителя

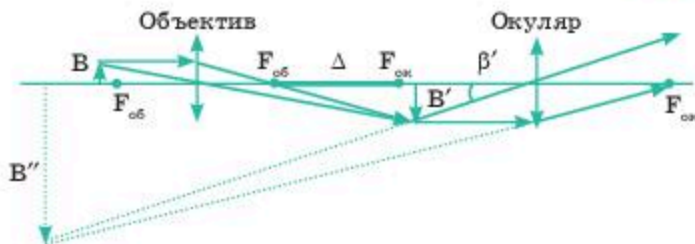


Рис. 3. Оптическая схема микроскопа

попадают в конденсорные линзы, которые формируют падающий на объект пучок лучей.

От объекта лучи, рассеиваясь, попадают в объектив, который создает изображение объекта в передней фокальной плоскости окуляра, установленного в визуальной насадке.

На каждом объективе выгравированы увеличение ($\Gamma_{об}$) и числовая апертура (A):

$$A = n \cdot \sin(U/2)$$

где U — апертурный угол,

n — показатель преломления иммерсионной жидкости.

Зная числовую апертуру, можно рассчитать предел разрешения микроскопа:

$$Z = 0.5 \lambda/A$$

где λ — длина волны света осветителя.

Буквы на объективе указывают тип объектива:

ВИ — водная иммерсия; МИ — масляная иммерсия; Ф — фазоконтрастный; отсутствие букв означает отсутствие иммерсии (т.н. сухой объектив).

На окуляре указано его увеличение: $\Gamma_{ок}$.

Полное увеличение микроскопа:

$$\Gamma = \Gamma_{об} \cdot \Gamma_{ок}$$

Важной характеристикой микроскопа является полезное увеличение: $\Gamma_{пол}$ — минимальное увеличение, при котором детали, разрешаемые микроскопом, разрешены и глазом.

$$\Gamma_{пол} = Z_1/Z$$

Где Z_1 — предел разрешения глаза, $Z_1 \approx 0,2$ мм; Z — предел разрешения микроскопа.

Зная $\Gamma_{об}$ и $\Gamma_{пол}$ можно найти увеличение окуляра, необходимое для обеспечения рассчитанного полезного увеличения микроскопа (максимально возможное для данного объектива):

$$\Gamma_{ок}^{max} = \Gamma_{пол}/\Gamma_{об}$$

Объективы $3,5 \cdot 0,10$; $8 \cdot 0,20$; $9 \cdot 0,20$; $10 \cdot 0,30$ имеют наибольшее поле зрения, применяются они при предварительном осмотре объекта для выбора участка исследования.

После того, как выбран участок объекта, для более подробного изучения, перемещением столика с помощью рукояток приведите его в центр поля зрения. Если это будет выполнено недостаточно аккуратно, участок может не попасть в поле зрения более сильного объектива.

Поверните револьверное устройство и включите в ход лучей объектив $20 \cdot 0,40$, подфокусируйте микроскоп на резкость изображения (достаточно немного повернуть рукоятку фокусирующего механизма тонкого движения).

Проверь знания:



1. Дайте описание принципа линейного увеличения при работе с микроскопом.
2. Опишите особенности использования окуляр-микрометра и объектив-микрометра.



1. Объясните правила работы с микроскопом.
2. Назовите известные типы микроскопов и объясните принципы их работы.



Сделайте анализ ошибок, возникающих в изображении в ходе работы с микроскопом.



Сделайте анализ измерения толщины объекта.



Объясните, как можно измерить органеллу с помощью объект-микрометра или окуляр-микрометра.

§ 37. РАЗЛИЧИЕ МЕЖДУ РАЗРЕШЕНИЕМ И УВЕЛИЧЕНИЕМ ОПТИЧЕСКОГО И ЭЛЕКТРОННОГО МИКРОСКОПОВ

На этом уроке:

- Изучите возможности увеличения оптических микроскопов;
- изучите возможности увеличения электронных микроскопов.

Знаете ли вы:

- Понятие *физические свойства*.
- принципы работы оптических или световых микроскопов.
- различия оптических и электронных микроскопов.

Ключевые понятия:

Оптический микроскоп, электронный микроскоп, окуляр, объектив, фаза, объект.

Оптический, или световой микроскоп (от греч. $\mu\kappa\rho\sigma$ — “мелкий” и $\sigma\kappa\omicron\lambda\epsilon\omega$ “вижу”) — прибор, предназначенный для получения увеличенного изображения невидимых невооруженным глазом объектов.

Оптическая система микроскопа состоит из основных элементов, как объектив и окуляр. Они прикрепляются к передвижному тубусу, расположенному на металлической основе, в котором имеется предметный стол. Увеличение оптического микроскопа без дополнительных линз между объективом и окуляром равно произведению их увеличения. Все современные микроскопы имеют светосигнальную систему, макро- и микровинты, нормализующие четкость изображения, систему управления состоянием конденсора. В специальных микроскопах по назначению могут использоваться дополнительные устройства и системы.

На сегодняшний день наиболее используемой является световая микроскопия.

Световая микроскопия включает обычную просвечивающую микроскопию (светло-, темнопольную), фазово-контрастную, люминесцентную. В последнее время разработаны и другие способы микроскопии и микроскопы — инверсионная и конфокальная лазерная сканирующая микроскопия.

Светлопольная микроскопия позволяет исследовать объекты в проходящем свете в светлом поле. Данный вид микроскопии предназначен для исследования морфологии, размеров клеток, их взаимного расположения, структурной организации клеток и других особенностей. У светового микроскопа максимальная разрешающая способность составляет 0,2 мкм, что обеспечивает высокоточное увеличение микроскопа до 1500х.

Фазово-контрастная микроскопия позволяет более четко наблюдать живые прозрачные объекты, которые имеют коэффициенты преломления, близкие к коэффициентам преломления среды. Действие фазово-контрастного микроскопа основано на интерференции света в плоскости изображения, обусловленной сдвигом по фазе. При фазово-контрастной микроскопии часто применяют биологические микроскопы с обратным расположением оптики — инвертированные микроскопы. У таких микроскопов объективы расположены снизу, а конденсор — сверху.

С помощью фазово-контрастной микроскопии изучают форму, размеры, взаимное расположение клеток, их подвижность, размножение, прорастание спор микроорганизмов и т. д. Благодаря применению этого способа микроскопии контраст живых неокрашенных микроорганизмов резко увеличивается и они выглядят темными на светлом фоне (положительный фазовый контраст) или светлыми на темном фоне (негативный фазовый контраст).

Темнопольная микроскопия основана на освещении объекта косыми лучами света. При таком освещении лучи не попадают в объектив, поэтому поле зрения выглядит темным. Такое освещение препарата достигается использованием специального темнопольного конденсора. Темнопольная микроскопия является очень простым, но эффективным

методом и хорошо подходит для получения изображения живых и неокрашенных биологических образцов.

При микроскопировании в темном поле можно увидеть объекты, величина которых измеряется сотыми долями микрометра, что находится за пределами разрешающей способности обычного светлопольного микроскопа. Однако наблюдение за объектами в темном поле позволяет исследовать только контуры клеток и не дает возможности рассмотреть их внутреннюю структуру.

Люминесцентная (флуоресцентная) микроскопия основана на способности ряда веществ биологического происхождения или некоторых красителей светиться при их освещении невидимым ультрафиолетовым или синим светом. При использовании ультрафиолетового света разрешающая способность микроскопа может достигать 0,1 мкм.

Клетки микроорганизмов обрабатывают специальными красителями — флуорохромами (акридиновый оранжевый, примулин, родамин и др.) в виде сильно разбавленных водных растворов: 1:500—1:100 000. Такие растворы слабо токсичны, что дает возможность изучать неповрежденную клетку. В зависимости от химического состава, клеточные структуры в разной степени адсорбируют красители и люминесцируют различным образом. Кроме того, флуорохромы неодинаково адсорбируются живыми и мертвыми клетками. Это позволяет использовать данный вид микроскопии для цитологических и иммунологических исследований, определения жизнеспособности клеток и т. д. (рис. 8.6).

Электронный микроскоп (ЭМ) — прибор, позволяющий максимальному увеличению объектов до 200 000 раз, в отличие от оптического микроскопа. Вместо светового потока используется пучок электронов с энергией 200 эВ—400 кэВ и более.



оптический микроскоп

электронный микроскоп

Рис. 8.6. Оптический и электронный микроскопы

Так как длина электронов волн де-Бройли в разнице потенциалов, ускоренных в электрическом поле 1000 В (0,4 Е), меньше длины видимых световых волн, решающая способность электронного микроскопа в 1000—10000 раз превышает решающую способность традиционного светового микроскопа и возможно меньше чем на один Ангстрем на последних лучших приборах. Для получения изображения на электронном микроскопе используются специальные магнитные линзы, управляющие движение электронов в цепи прибора с помощью магнитного поля.

Электронная микроскопия позволяет обнаружить объекты, которые не видимы при использовании световых или ультрафиолетовых лучей. Теоретически разрешение просвечивающего электронного микроскопа составляет 0,002 нм; реальное разрешение современных электронных микроскопов приближается к 0,1 нм. На практике разрешение для биологических объектов достигает 2 нм.

Короткая длина волны электронов позволяет различить объекты размером 0,5—1,0 нм. В современных электронных микроскопах на экране достигается увеличение 5000—200 000. Благодаря столь высокому разрешению становится возможным выявление деталей бактериальных структур. Например, с помощью напыления солей тяжелых металлов, окружающих бактерию и проникающих в поверхностные неровности, получают контрастирование за счет дифференциальной задержки электронов. Этот эффект получил название *негативного контрастирования*.

Электронный микроскоп, в котором изображение формируется благодаря прохождению (просвечиванию) электронов через образец, называют *просвечивающим* (или трансмиссионным).

В сканирующем электронном микроскопе (растровая электронная микроскопия (РЭМ)) пучок электронов быстро сканирует поверхность образца, вызывая излучение, которое формирует изображение на светящемся экране. Для РЭМ характерны высокая разрешающая способность, большой диапазон увеличений (до 100 000 и выше), большая глубина фокусировки (~100 мкм), многообразие режимов работы. Сканирующий микроскоп дает картину поверхностей и позволяет получать трехмерное изображение.

Лазерная конфокальная микроскопия дает возможность получить отчетливое изображение и наблюдать объекты в фокусе по всему полю. Данный метод пригоден лишь для исследования самосветящихся (флуоресцентных) объектов. При сочетании с компьютерной техникой возможна пространственная реконструкция изучаемого объекта. В конфокальном лазерном сканирующем микроскопе изображения внутренних сечений формируются за счет сканирования сфокусированным лазерным пучком от разных (405, 488, 532, 635 нм) лазеров

и пространственной фильтрации излучения. При использовании сканирующей микроскопии ближнего поля (СМБП) достигается высокая разрешающая способность. Наименьший размер элемента, полученного с помощью СМБП, составляет 20 нм при длине волны света 0,486 нм. В изображении контролируемого элемента отсутствуют дифракционные или интерференционные эффекты, затрудняющие определение его границ. Отличительной особенностью СМБП по сравнению с атомно-силовым микроскопом является чувствительность к оптическим характеристикам поверхности контролируемого образца, длине волны света, люминесценции и др.

Компьютерная интерференционная микроскопия позволяет получить высококонтрастное изображение при наблюдении субклеточных структур; во многих случаях применяется для изучения живых клеток. Принцип действия автоматизированного интерференционного микроскопа основан на интерференции световых пучков лазерного излучения, отраженного от опорного зеркала и зеркала, на котором помещен измеряемый фазовый объект. Теоретически предельно достижимая разрешающая способность может составить в среднем 0,2 нм, практически она составляет 0,4 мкм.

Современными достижениями микроскопии стали рентгеновская компьютерная томография (РКТ), позитронная эмиссионная томография (ПЭТ), которые позволяют наблюдать объекты в обычных условиях.

Проверь знания:



1. Охарактеризуйте принципы линейного увеличения при работе с микроскопом.
2. Опишите особенности использования окуляр-микрометра и объект-микрометра.



1. Объясните правила работы с микроскопом.
2. Выделите известные вам типы микроскопов и дайте объяснение принципам наблюдения для разных типов микроскопов.



1. Проанализируйте, какие искажения в изображении могут возникнуть при работе с микроскопом.
2. Нарисуйте схему света в оптическом микроскопе.



1. Объясните, почему изменяется величина линейного увеличения при работе с электронным микроскопом по сравнению с микроскопом оптическим.
2. Охарактеризуйте принцип работы на люминесцентном микроскопе.



1. Обоснуйте, почему для биологов важно использовать люминесцентные микроскопы.

§ 38. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОКУЛЯР И ОБЪЕКТ-МИКРОМЕТРА ДЛЯ ВЫЧИСЛЕНИЯ РАЗМЕРА КЛЕТОК

На этом уроке:

- Изучите принципы работы с окуляр-микрометром;
- познакомитесь с выполняемой функцией объект микрометра;
- научитесь определять фактический размер клеток.

Знаете ли вы:

- понятие *микроскопические размеры*;
- использование объект-микрометров в определении увеличения линейного поля микроскопов;
- цену деления окуляр- микрометра, окулярных шкал и сеток.

Ключевые понятия:

Окуляр-микрометра, объект-микрометр, микроскопия, оптика, калибровка.

Для измерения линейных размеров микроскопических объектов служит окулярный винтовой микрометр МОВ-1-15х. Он является принадлежностью микроскопа и состоит из компенсационного окуляра с диоптрийной наводкой в пределах ± 5 диоптрий и отсчетного механизма.

В фокальной плоскости окуляр-микрометра расположена неподвижная стеклянная пластинка, на которой нанесена сетка со шкалой от 0 до 8 мм и с ценой деления 1 мм. В этой же плоскости расположена и подвижная стеклянная пластинка, на которой изображена сетка с перекрестием и индексом в виде рисок. Подвижная сетка перемещается микрометрическим винтом таким образом, что перекрестие и риски перемещаются в поле зрения окуляра относительно неподвижной шкалы.

Шаг винта равен 1 мм. При повороте барабана винта на один оборот, риски и перекрестие в поле зрения окуляра перемещается на одно деление шкалы. Неподвижная шкала показывает количество полных оборотов барабана, т. е. отсчитывает целые миллиметры.

Так как барабан винта разделен на 100 частей, то поворот барабана на одно деление соответствует перемещению перекрестия на 0,01 мм. Следовательно, сотые доли миллиметра отсчитываются по барабану микрометрического винта.

Полный отсчет по шкалам окулярного микрометра складывается из отсчета по неподвижной шкале и отсчета по барабану микрометрического винта. Отсчет по неподвижной шкале в поле зрения определяется положением рисок, т.е. подсчитывается, на сколько полных делений шкалы переместились риски, начиная с нулевого деления шкалы.

Отсчет по барабану микрометрического винта производится путем определения, какое деление его шкалы находится против индекса,



Рис 8.2. Окулярный микрометр

- 1 — корпус, 2 — отсчетный барабан,
3 — окуляр с диоптрийной наводкой,
4 — винт для крепления на тубусе
микроскопа, 5 — вид под микроскопом

расположенного на неподвижном патрубке винта. Например, риски в поле зрения расположены между делениями “5” и “6” шкалы в поле зрения окуляра, а индекс барабана приходится против деления “35” шкалы барабана. Тогда в поле зрения по шкале окуляра отсчитывают целые миллиметры и отмечают положение рисок. В виду того, что риски не дошли до деления “6”, отсчет будет равен 5,00 мм.

Цена одного деления шкалы барабана равна 0,01 мм, поэтому отсчет по барабану будет равен 0,35

мм (0,01 (35)). Полный отсчет по шкалам окуляра будет равен: $5,00 + 0,35 = 5,35$ мм.

Для определения линейного размера рассматриваемого объекта необходимо знать линейное увеличение объектива микроскопа. Для этого применяется объект-микрометр, который устанавливается на столик микроскопа. Окулярный микрометр МОВ-1-15х надевают на окулярную трубку тубуса микроскопа до упора и закрепляют на ней винтом (4). После этого, вращая окуляр (3) за накатанную часть, устанавливают его на резкость изображения перекрестия. Затем фокусируют тубус на резкость изображения шкалы микрометра и приступают к измерению увеличения объектива (рис. 8.2.).

По шкале микрометра учитывают некоторое число делений, укладываемых в $2/3$ поля зрения окуляра. Использовать все поле зрения окуляра не рекомендуется, так как на краю поля качество изображения несколько хуже, чем в центральной части.

Для удобства измерения нулевой штрих шкалы объект-микрометра устанавливают на расстоянии $1/3$ радиуса поля зрения от края. После этого, наблюдая в окуляр, вращением барабана по часовой стрелке подводят центр перекрестия окуляра на совмещение с изображением нулевого штриха шкалы объект-микрометра и производят отсчет по шкалам окулярного микрометра.

Наблюдая в окуляр, вращением барабана по часовой стрелке совмещают центр перекрестия с изображением штриха и делают второй отсчет по шкалам окулярного микрометра. Затем подсчитывают принятое при измерении число делений шкалы объект-микрометра, вычисляют разность отсчетов по шкалам окулярного микрометра и определяют линейное увеличение объектива по формуле:

$$\beta = \frac{II - I}{\sigma - Y},$$

где β — линейное увеличение объектива;

$II - I$ — разность двух отсчетов по шкалам окулярного микрометра;

X — принятое при измерении число делений объект-микрометра.

Y — цена деления шкалы объект-микрометра.

Пример. Первый отсчет по окулярному микрометру равен 2,50 мм, второй отсчет — 6,35 мм; $X = 25$; $Y = 0,01$ мм.

$$\beta = \frac{6,35 - 2,50}{0,01 \cdot 25} = \frac{3,85}{0,25} = 15,4$$

Следовательно, линейное увеличение объектива равно 15,4х.

Зная линейное увеличение объектива, приступают к измерению объекта, рассматриваемого в микроскоп. Для этого на столик микроскопа вместо объект-микрометра помещают измеряемый объект и фокусируют его на резкость изображения. Наблюдая в окуляр и вращая барабан по часовой стрелке, подводят центр перекрестия на совмещение с краем объекта и делают первый отсчет по шкалам микрометра. Таким же образом перекрестие совмещают с другим краем объекта и делают второй отсчет по шкалам микрометра.

Для определения величины объекта (L) делают вычисления по формуле:

$$L = \frac{II - I}{\beta},$$

где: $II - I$ — разность двух отсчетов по шкалам окулярного микрометра; β — линейное увеличение объектива.

Микроскоп. Помимо визуальных наблюдений исследуемых микрообразцов микроскопы также позволяют проводить различные микроскопические измерения объектов, среди которых, естественно, определение линейных размеров образца и его толщины. Безусловно, с помощью микроскопов проводят и множество других измерений, выполнений анализов, подсчетов элементов и др.

Верхней поверхности образца, его выступу, соответствует одно положение микровинта настройки фокуса, а нижней поверхности образца, его углублению, впадине — другое положение микровинта. Сравнив эти два положения микровинта и определив их разность, мы сможем вычислить толщину объекта. Деления шкалы микровинта в лабораторных микроскопах соответствуют 1 и 2 микрометрам.

При наблюдении в иммерсионные объективы данная величина и будет составлять толщину объекта. А вот с использованием сухих объективов полученное значение необходимо умножить на коэффициент 1,5, представляющий собой соотношение между коэффициентами преломления стекла и воздуха.

Измерение ширины и длины объекта. Микроскоп необходимо оснастить специальным окуляром со шкалой или сеткой — окуляр-микрометром, и калибровочной линейкой-слайдом — объект-микрометром. С помощью данных аксессуаров можно определить длину и ширину объекта в микрометрах (микронах).

Окуляр-микрометр представляет собой специальный окуляр, в котором в плоскости полевой диафрагмы (в плоскости промежуточного изображения) установлено дополнительное стеклышко с разметкой — шкалой для выполнения микрометрических измерений, вычисления длины и ширины частиц, величины зерна, глубины слоя (азотирования, цементации), размера микродефектов.

Цена деления самого окуляр-микрометра составляет 0,1 мм. При наблюдении же в микроскоп цена деления зависит от конкретной комбинации окуляра и объектива, а также от длины тубуса микроскопа. Так, в идеальных условиях при выборе 100х объектива мы бы получили цену деления 0,001 мм (1 микрометр).

При производстве объективов принято считать допустимую погрешность увеличения в пределах 2—2,5%.

Объект-микрометр представляет собой специальное предметное стекло (пластину) со шкалой. В большинстве случаев, шкала выполнена в виде линейки длиной 1 мм, разделенной на десятые и сотые доли. Цена деления такой линейки равна 0,01 мм. Но встречаются и модели с ценой 0,1 мм, а также есть необычные калибровочные слайды со специальными оригинальными сетками, окружностями, перекрестиями и т.п.

Разместив объект-микрометр на предметном столике микроскопа, можно легко и просто выполнить калибровку окуляра-микрометра. Настроив резкость (фокус) при заданном объективе в микроскопе четко видны две сетки: сетка окуляр-микрометра и сетка объект-микрометра. Поворачивая окуляр-микрометр в окулярном тубусе, и перемещая калибровочный слайд в плоскости предметного столика с помощью препаратодителя, необходимо добиться того, чтобы штрихи-деления сеток окуляра и калибровочной линейки находились параллельно друг другу (рис. 8.3). Определив, сколько делений шкалы объекта-микрометра укладывается в шкале окуляр-микрометра для объективов большого и среднего увеличения, или, наоборот, для объективов малого увеличения, можно вычислить и непосредственно цену деления окуляр-микрометра по совершенно несложной математической формуле:

$$\text{Цок} = N * \text{Цоб} / K,$$

где Цок — цена деления окуляр-микрометра, Цоб — цена деления объектива-микрометра, N — число делений объектива-микрометра, K — число делений окуляр-микрометра.

Так, например:

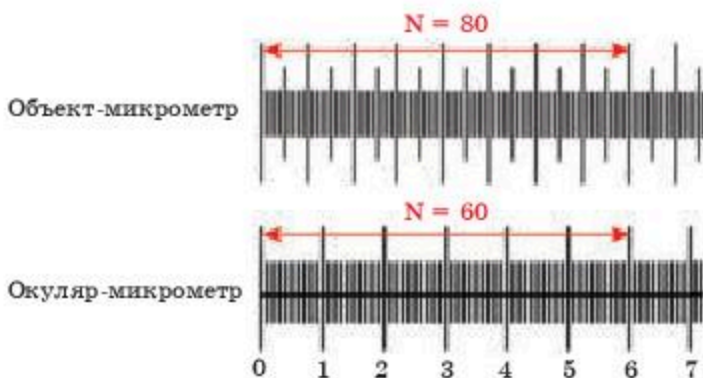


Рис. 8.3. Шкала объект-микрометра и окуляр-микрометра

Если ученик постоянно работает с одним микроскопом, достаточно один раз тщательно откалибровать каждую линзу, записать полученные данные и затем использовать их.

Примечание: помните, что если микроскоп оснащен специальными линзами, которые корректируют толщину стекла, то рекомендуется выполнять все сопоставимые микроскопические измерения с помощью этого стандарта корректирующего устройства.

Примечание: линейные размеры микроэлементов образца также можно получить с помощью специальной цифровой камерой и соответствующего программного обеспечения. Для калибровки цифровой камеры для каждого объектива используют отдельный объект-микрометр в соответствии с инструкцией камеры.

Проверь знания:

1. Охарактеризуйте принципы работы измерительного микроскопа.
2. Опишите порядок определения размеров изучаемых объектов.
1. Объясните, как использовать в работе объект-микрометр.
2. Дайте характеристику линейной шкале.
- Объясните принципы микроскопических измерений.
- Объясните для чего используют калибровку микроскопа.
- Какие погрешности могут возникнуть при работе на цифровом микроскопе?

Лабораторная работа № 8.2

“Определение фактического размера клеток с использованием микрометра и объект-микрометра”

Цель работы: научиться измерять размеры микрообъектов с помощью микрометра.

При помощи микроскопа, снабженного окулярным микрометром и объект-микрометром, можно выполнять точные измерения размеров микрообъектов (например, клеток животных и растений, а также бактерий).

В лабораторной работе используется винтовой окулярный микрометр типа МОВ-1-15.

Он представляет собой специальную окулярную насадку к микроскопу, надевающуюся на верхний конец его тубуса вместо окуляра.

Микрометр состоит из следующих частей: корпуса с зажимным винтом, закрепляющим микрометр на тубусе микроскопа, окуляра с его стеклянной шкалой, расположенной непосредственно за первой, с нанесенным на ней косым перекрестием и двумя штрихами, параллельными штрихам стеклянной шкалы. Перемещение стеклянной пластинки с перекрестием на одно деление шкалы соответствует одному полному обороту микрометрического винта. Барабан микрометрического винта разделен на 100 равных частей. Следовательно, перемещение перекрестия можно отсчитывать с точностью до 0,01 деления стеклянной шкалы микрометра

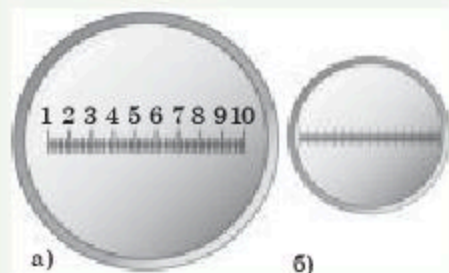


Рис. 1. Шкала окуляр-микрометр (а) и объект-микрометр (б)



Рис 2. Окулярный микрометр

- 1 — корпус, 2 — отсчетный барабан,
- 3 — окуляр с диоптрийной наводкой,
- 4 — винт для крепления на тубусе микроскопа,
- 5 — вид под микроскопом

Цена деления шкалы δ винтового окулярного микрометра зависит от увеличения объектива микроскопа. Для определения цены деления используется объект-микрометр, представляющий собой эталонную шкалу, цена деления которой известна.

В качестве объект-микрометра в данной лабораторной работе используется камера Горяева. Внешне камера Горяева представляет собой прозрачный параллелепипед (предметное стекло), с бороздами и нанесенной микроскопической сеткой (см. рис. 2). Площади малых и больших клеток сетки написаны на предметном стекле (мм.кв.).

На предметный столик микроскопа помещают камеру Горяева, добиваются отчетливого изображения штрихов эталонной сетки. Пользуясь окулярной наводкой микроскопа, одновременно добиваются отчетливого изображения шкалы окулярного микрометра.

Вращением отсчетного барабана винтового окулярного микрометра устанавливают перекрестие на сторону одного из квадратов (малого или большого) эталонной сетки. Отмечают соответствующее этому положению число делений по барабану и шкале микрометра (n_1).

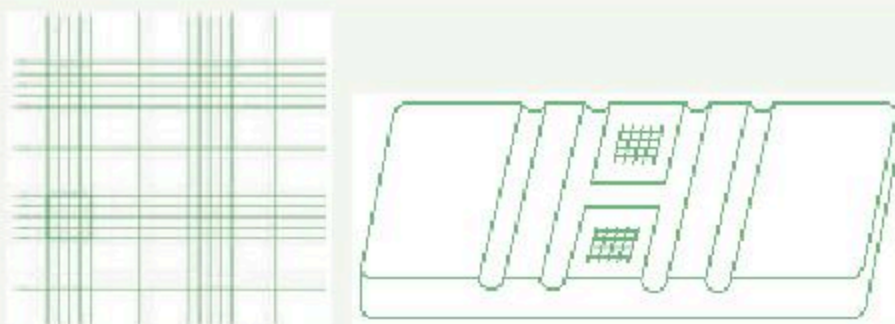


Рис. 4. Порядок определения цены деления винтового окулярного микрометра δ

Перемещают перекрестие на противоположную сторону эталонного квадрата сетки и снова отмечают число делений по отсчетному барабану и шкале микрометра (n_2).

Разность отсчетов ($n_2 - n_1$) равна количеству делений шкалы микрометра, которое соответствует длине стороны эталонного квадрата сетки D .

Цена деления винтового окулярного микрометра определяется по формуле:

$$\delta = D/(n_2 - n_1)$$

окулярного микрометра:

В лабораторной работе используется два препарата (на выбор):

- 1) артерия эластического типа (аорта) кошки;
- 2) многослойный плоский эпителий роговицы коровы.

Закрепить на предметном столике микроскопа биологический препарат.

Получить сфокусированное изображение препарата, пользуясь рукояткой точной окулярной наводки.

При помощи окулярного микрометра, измерить в 5-6 местах толщину эпителиального слоя роговицы, либо толщину аорты. Для этого сделать отсчеты по шкале барабана при положении перекрестья на противоположных краях изображения в каждом сечении (m^1 и m^2).

Результаты измерений занести в таблицу 2.

Таблица 2

№	δ (мм/дел)	m^1	m^2	$m^2 - m^1$ (дел)	h_i мм	\bar{h} мм

Обработка результатов измерения:

Рассчитать цену деления шкалы винтового окулярного микрометра при выбранном объективе δ (мм).

Толщину слоя эпителия (либо толщину аорты) в каждом сечении рассчитать по формуле:

$$h = \delta(m^2 - m^1) \text{ (мм)}$$

Рассчитать среднее значение толщины образца и абсолютную погрешность Δh при $PD = 0,95$ по формуле:

$$\Delta h = t_{\alpha m} \cdot S_x$$

где

$$S_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (h_i - \bar{h})^2}{n \cdot (n - 1)}}$$

где n — число измерений.

Записать результаты лабораторной работы. Представить результаты в правильном виде.

Сформулировать выводы: выполнена ли цель работы, какие оптические явления наблюдались, по первой таблице определить какие окуляры из двух имеющихся 7х и 15х могут быть использованы в работе, каковы результаты измерений и соответствуют ли они величинам, известным из литературы.



Вопросы

Вопросы по главе 8 “Клеточная биология”

1. Опишите основные компоненты клеток.
2. Охарактеризуйте структуры клеток по микрофотографии и покажите все найденные органоиды.
3. Объясните, как на микрофотографии можно найти клеточное ядро.
4. Опишите, как выглядят клеточные мембраны на микрофотографии.
5. Объясните, какие приборы позволяют изучать строение клеток.
6. Расскажите об устройстве обычного светового микроскопа.
7. Дайте характеристику микрометру. Объясните его шкалу.
8. Опишите объект-микрометр и обоснуйте его необходимость для определения размеров изучаемого объекта.
9. Обоснуйте, почему и как можно измерить размеры клеток и клеточных структур.
10. Напишите формулу расчета для определения размеров изучаемого объекта.
11. Для чего в работе с микроскопами используют иммерсионные масла, обоснуйте ответ.
12. Охарактеризуйте увеличение оптического микроскопа. Приведите примеры.
13. Объясните, почему при работе с биноклем достаточно одного объективомикрометра.
14. Охарактеризуйте увеличение в электронном микроскопе. Приведите примеры.
15. Какие клеточные структуры стало возможно изучать с появлением электронного микроскопа?
16. Объясните, как получают микрофотографии клеточных структур.
17. Что общего в работе светового и электронного микроскопа?
18. Объясните, в чем различия между световым и электронным микроскопами.
19. Охарактеризуйте известные вам методы микроскопии.
20. Объясните, почему вирусы не видны в световом микроскопе.

БИОТЕХНОЛОГИЯ

9

§ 39. ЭТАПЫ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

На этом уроке:

- Научитесь описывать и объяснять этапы микробиологических исследований;
- изучите методы проведения микробиологического (бактериологического) исследования;
- познакомитесь с культурой бактерий и питательными средами.

Знаете ли вы:

- Значение отбора проб для исследования и постановки диагноза;
- принципы отбора микробиологических проб;
- примеры стерилизации питательной среды.

Ключевые понятия:

Бактерии, питательная среда, нефиксированные бактерии, стерилизация, автоклав, дезинфекция.

Бактериологическое исследование — исследование, предназначенное для выделения бактерий и изучения их свойств с целью постановки микробиологического диагноза.

Существуют следующие принципы бактериологического исследования:

- **Квалифицированный выбор материала**, подлежащего исследованию: для клинических образцов — с учетом характера и локализации патологического процесса, патогенеза заболевания и его стадии; для объектов окружающей среды — с учетом возможного значения их в качестве путей и факторов передачи микроорганизмов — возбудителей инфекций.

- **Отбор проб материала для исследования** в необходимом и достаточном объеме. Обеспечение своевременной доставки материала для сохранения жизнеспособности искомым бактериям.

- **Выбор оптимального набора соответствующих питательных сред** для первичного посева и накопления возбудителя с учетом характера материала, свойств искомого микроорганизма и посевных доз.

Соблюдение классических принципов изучения посевов.

— Изучение фенотипических характеристик выделенных чистых культур, в первую очередь, биохимических свойств с максимально возможной стандартизацией условий их определения.



Рис. 9.1. Метод “раздавленной капли”

— Определение согласно классификационным таблицам таксономического положения выделенной культуры в соответствии с задачами исследования (родовой, видовой, внутривидовой принадлежности).

Исследуемый материал следует брать в асептических условиях в стерильную посуду и доставлять в лабораторию возможно скорее. В случае необходимости пробы следует хранить на холоде. Методика взятия проб зависит от объекта, характера заболевания и свойств микроорганизма. Одним из распространенных приемов бактериологического исследования является *бактериоскопия*.

Для изучения нефиксированных бактерий пользуются двумя методами: “раздавленной (между предметным и покровным стеклами) капли” и “висячей капли”. Следует помнить, что препараты нефиксированных бактерий заразны.

Метод “раздавленной капли”. Культуру в изотоническом растворе хлорида натрия наносят на предметное стекло и сверху накрывают покровным (рис. 9.1). Капля материала должна быть такой величины, чтобы она заполняла все пространство между покровным и предметным стеклом и не выступала за пределы. Препарат рассматривают с иммерсионной системой и слегка опущенным конденсором.

Метод “висячей капли”. Необходимо иметь предметное стекло с луночкой. Каплю культуры наносят на покровное стекло, сверху накладывают предметное стекло с луночкой посередине, края которого предварительно обмазаны вазелином. Затем предметное стекло слегка прижимают к покровному и препарат переворачивают покровным стеклом кверху. Получается герметично закрытая камера, в которой капля долго не высыхает (рис. 9.2).

К числу важнейших элементов бактериологического исследования относятся посевы и пересевы бактериальных культур, производимые бактериальной петлей или пастеровской пипеткой.

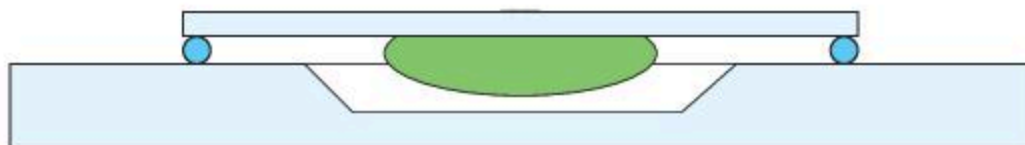


Рис. 9.2. Метод “висячей капли”

Бактериальная культура — искусственно выращиваемое на питательных средах скопление бактерий одного вида, являющихся потомками одной бактериальной клетки.

Для хранения бактериальных культур удобно пользоваться пробирками с навинчивающимися пробками. Большинство бактериальных культур лучше сохраняется при температуре не выше 5—7°C.

Пробирки или ампулы с бактериальной культурой снабжают этикетками с указанием названия, номера и даты выделения. Все бактериальные культуры, выделяемые или хранящиеся в лаборатории, подлежат регистрации в соответствии со специальными инструкциями. Культивирование бактерий на искусственных питательных средах лежит в основе всех микробиологических исследований, позволяющих выяснить морфологические, физиологические и другие особенности бактерий.

В зависимости от питательных потребностей бактерий бактериальные культуры могут быть получены на средах, в состав которых входят органические субстраты, или на солевых синтетических средах, включающих в качестве источника энергии углеродсодержащие соединения.

Для культивирования микроорганизмов (выращивание в искусственных условиях *in vitro*) необходимы особые субстраты — питательные среды. На средах микроорганизмы осуществляют все жизненные процессы (питаются, дышат, размножаются и т. д.), поэтому их еще называют *средами для культивирования*. Бактериальные культуры сохраняются на твердых (1,5—2% мясо-пептонный агар), полужидких (0,5—0,7% мясо-пептонный агар) или жидких (мясо-пептонный бульон) питательных средах.

Питательные среды являются основой микробиологической работы, и их качество нередко определяет результаты всего исследования. Среда должна создавать оптимальные (наилучшие) условия для жизнедеятельности микробов.

Желательно, чтобы среды были прозрачными — удобнее следить за ростом культур, легче заметить загрязнение среды посторонними микроорганизмами.

Проверь знания:



1. Охарактеризуйте принципы проведения бактериологического исследования.
2. Назовите методы изучения посевов.



1. Выделите требования, предъявляемые к средам, перечислите все и обоснуйте.
2. Охарактеризуйте методы "раздавленной капли" и "висячей капли". Объясните, почему используют разные методы.



1. Проанализируйте принципы бактериологического исследования, сформулируйте их и объясните для чего используют разные питательные среды.
2. Нарисуйте схему использования методами "раздавленной капли" и "висячей капли".



1. Объясните, почему опасно работать с неизученными бактериями и к чему это может привести.
2. Опишите правила хранения культур бактерий.



1. Используя различные литературные источники и Интернет, подготовьте презентацию по проблемам культивирования микроорганизмов.
2. Опишите инфекционное заболевание, которое удалось ликвидировать в природе и оно представлено лишь специальными культурами в научных центрах.

§ 40. МЕТОДЫ ДЕЗИНФЕКЦИИ И СТЕРИЛИЗАЦИИ ПРИ РАБОТЕ С МИКРООРГАНИЗМАМИ

На этом уроке:

- Изучите принципы дезинфекции во время работы с микроорганизмами;
- познакомитесь с понятиями и методами стерилизации;
- узнаете о работе автоклава.

Знаете ли вы:

- Значение стерилизации;
- методы стерилизации и дезинфекции во время работы с микроорганизмами;
- примеры требований, предъявляемых к обеззараживанию.

Ключевые понятия:

Стерилизация, дезинфекция, фильтр, химический, автоклав, температура, пар

Стерилизация — обработка объектов, при которой достигается полное уничтожение всех микроорганизмов. В результате стерилизации объект становится свободным как от патогенных, так и от сапрофитных микробов. Существуют различные методы и способы стерилизации, в основе которых лежит действие физических или химических факторов. Критерием гибели микроорганизмов является необратимая утрата способности к размножению, что можно оценить путем количественного подсчета числа колоний после высева смывов на чашки с питательными средами.

Наиболее широко применяют методы тепловой стерилизации: кипячением, сухим жаром в атмосфере горячего воздуха или влажным жаром при помощи пара, а также прокаливанием предметов на огне.

Прокаливание на огне — надежный метод стерилизации бактериологических петель, металлических и стеклянных предметов. Однако применяется ограниченно ввиду их порчи.

Стерилизация сухим жаром или горячим воздухом производится в сушильных шкафах или печах Пастера при температуре 160—170°C в течение 1—1,5 ч. Этим методом стерилизуют лабораторную посуду, инструменты, минеральные масла, вазелин (жидкости и резину)

стерилизовать нельзя). Предметы, подлежащие стерилизации, заворачивают в бумагу или закладывают в металлические пеналы для предохранения от последующего загрязнения. Необходимо помнить, что при температуре выше 170°C начинается обугливание бумаги, ваты, марли, а при более низкой температуре не происходит гибели спор. Стерилизация кипячением в течение 30 мин убивает вегетативные формы микробов. Споры многих бактерий при этом сохраняются, выдерживая кипячение в течение нескольких часов. Для уничтожения вирусов — возбудителей болезни Боткина необходимо кипячение в течение 45—60 мин. Кипячению в специальных стерилизаторах подвергают шприцы, хирургические инструменты, иглы, резиновые трубки. Для повышения точки кипения и устранения жесткости воды добавляют 2% гидрокарбоната натрия. Стерилизация насыщенным паром под давлением (автоклавирование) является наиболее надежным и быстрым методом стерилизации. Обеспложивание достигается воздействием пара, температура которого под давлением выше, чем температура кипящей воды: при давлении 0,5 атм 112°C , при 1 атм. 121°C , при 1,5 атм 127°C и при 2 атм 134°C .

Стерилизация в автоклаве. Автоклав представляет собой двухстенный металлический котел, покрытый снаружн кожухом и имеющий герметически закрывающуюся крышку. В автоклаве обычно стерилизуют при давлении 1 — 1,5 атм различные питательные среды, растворы, белье, резину, перевязочный материал и др. При давлении 2 атм обеззараживают инфицированный материал и отработанные культуры микробов. Стерилизация в автоклаве таких веществ, как вазелин, масло, песок, малоэффективна вследствие того, что в них пар проникает плохо или совсем не проникает. Некоторые питательные среды (например, содержащие сахара) нельзя стерилизовать паром под давлением, так как они карамелизуются, поэтому их подвергают дробной стерилизации текучим паром.

Для освобождения от вегетативных форм микробов прибегают к пастеризации — однократному прогреванию при 70°C в течение 30 мин с последующим быстрым охлаждением и хранением на холоде, чтобы не проросли споры. Этот метод применяют для обеззараживания и сохранения молока.

Стерилизация фильтрованием (холодная) через бактериальные фильтры применяется для освобождения жидкостей от бактерий. Этот метод используют в тех случаях, когда стерилизующая жидкость портится от нагревания, при необходимости отделения бактериальных клеток от растворимых продуктов их жизнедеятельности (экзотоксины, антибиотики и др.), фагов, вирусов. Бактериальные фильтры изготавливают из фарфора, каолина, мелко, пористого стекла пирекс, асбеста, целлюлозы, нитроцеллюлозы и других материалов.

Химическая стерилизация применяется в том случае, если объекты нельзя автоклавировать. Обычно это питательные среды, содержащие термолабильные вещества. Химическое вещество должно быть не только токсичным, но и летучим для быстрого исчезновения из простерилизованного объекта. Наилучшим является окись этилена — жидкость, кипящая при $10,7^{\circ}\text{C}$. Окись этилена в жидком виде добавляют в раствор при температуре от 0 до 4°C в конечной концентрации $0,5$ — 1% . При температуре выше точки кипения окись этилена используют как стерилизующий газ, для стерилизации сложной медицинской аппаратуры. Окись этилена губительно действует на вегетативные и споровые формы бактерий. Ее используют в промышленности для стерилизации пластмассовых чашек Петри и других предметов, которые плавятся при температуре выше 100°C . Применение окиси этилена ограничено, так как вещество токсично, нестойко, взрывоопасно (рис. 9.3).

Дезинфекция — уничтожение патогенных микробов в окружающей человека среде. Методы и способы дезинфекции различны, но они преследуют цели уничтожения не всех микроорганизмов, а только патогенных. Уничтожение возбудителей инфекционных заболеваний в переносчиках называют *дезинсекцией*, а в организме грызунов — *источников инфекции* — *дератизацией*.

Дезинфекция имеет большое значение в системе профилактических и противоэпидемических мероприятий. С учетом роли дезинфекции ее делят на *профилактическую* и *очаговую*.

Профилактическая дезинфекция позволяет предупредить распространение инфекционных болезней среди населения. Такой вид дезинфекции проводят в пищевых объектах, местах торговли пищевыми продуктами,



Рис. 9.3. Стерилизация и дезинфекция

на предприятиях по переработке животного сырья, в местах общественного пользования, в сооружениях водоснабжения, медицинских учреждениях, бактериологических лабораториях.

Очаговая дезинфекция осуществляется в эпидемическом очаге: в больнице или дома, где находится больной (текущая дезинфекция) либо после госпитализации, выздоровления или смерти больного (заключительная дезинфекция). Задачей текущей дезинфекции является обеззараживание выделений больного (испражнения, моча, рвотные массы, мокрота) или предметов домашнего обихода, на которые могли попасть патогенные микробы. Она исключает заражение лиц, общающихся с больным. Задача заключительной дезинфекции — обеззаразить объекты, с которыми соприкасался больной (помещение, предметы обстановки и ухода, белье, одежда, остатки пищи и др.).

При выполнении различных видов дезинфекции применяют механические, физические и химические способы и средства. К первым относятся мытье рук с мылом и щеткой, влажная уборка помещений, стирка белья, проветривание помещений и др., преследующие цель удаления микроорганизмов с объекта.

Физические способы: кипячение, сжигание, обработка паром (текучим и под давлением) с использованием автоклава и дезинфекционных камер, приводят к уничтожению патогенных микробов. Применение химических дезинфицирующих средств целесообразно сочетать с механическими способами и действием физических факторов.

Проверь знания:



1. Объясните принципы дезинфекции при работе с микроорганизмами для исследований.
2. Объясните важность стерилизации и ее принципы для культивирования бактерий.
3. Почему необходимо проводить дезинфекцию в микробиологических исследованиях.



Проанализируйте методы стерилизации при работе с микроорганизмами.



1. Проанализировать принципы стерилизации и сформулировать их.
2. Составьте схему методов дезинфекции.



1. Объясните, почему работать с неизвестными бактериями опасно.
2. Опишите стерилизацию и дезинфекцию.



Что используется в качестве чистящего средства для домашней стерилизации.

§ 41. ВИДЫ ПИТАТЕЛЬНЫХ СРЕД И ИХ ПОДГОТОВКА

На этом уроке:

- Изучите виды питательных сред;
- познакомитесь с понятием *подготовка питательной среды*;
- узнаете в чем отличие аэробных от анаэробных микроорганизмов

Знаете ли вы:

- Понятия *pH среды, оптимальное значение pH*;
- подготовку питательной среды для культивирования микроорганизмов;
- примеры различных питательных сред.

Ключевые понятия:

Бактерии патогенные, питательная среда, изотонический раствор, pH, стерильность, состав среды

Требования, предъявляемые к питательным средам:

— быть питательными, т. е. содержать в легко усваиваемом виде все вещества, необходимые для удовлетворения пищевых и энергетических потребностей. При культивировании ряда микроорганизмов в среды вносят факторы роста — витамины, некоторые аминокислоты, которые клетка не может синтезировать;

— иметь оптимальную концентрацию водородных ионов — pH, так как только при оптимальной реакции среды, влияющей на проницаемость оболочки, микроорганизмы могут усваивать питательные вещества.

Для большинства патогенных бактерий оптимальна слабощелочная среда (pH 7,2—7,4). Исключение составляют холерный вибрион — его оптимум находится в щелочной зоне (pH 8,5—9,0) и возбудитель туберкулеза, нуждающийся в слабокислой реакции (pH 6,2—6,8).

Чтобы во время роста микроорганизмов кислые или щелочные продукты их жизнедеятельности не изменили pH, среды должны обладать буферностью, то есть содержать вещества, нейтрализующие продукты обмена.

— быть изотоничными для микробной клетки; то есть осмотическое давление в среде должно быть таким же, как внутри клетки. Для большинства микроорганизмов оптимальная среда, соответствующая 0,5 % раствору натрия хлорида.

— быть стерильными, так как посторонние микробы препятствуют росту изучаемого микроба, определению его свойств и изменяют свойства среды.

— плотные среды должны быть влажными и иметь оптимальную для микроорганизмов консистенцию.

— обладать определенным окислительно-восстановительным потенциалом, то есть соотношением веществ, отдающих и принимающих электроны, выражаемым индексом RH_2 . Например, анаэробы размножаются при RH_2 не выше 5, а аэробы — при RH_2 не ниже 10.

— быть по возможности унифицированным, то есть содержать постоянное количество отдельных ингредиентов.

Желательно, чтобы среды были прозрачными — удобнее следить за ростом культур, легче заметить загрязнение среды посторонними микроорганизмами.

Классификация сред по исходным компонентам:

— натуральные среды — готовят из продуктов животного и растительного происхождения (мясо, асцит, костная мука, кормовые дрожжи, сгустки крови и др.);

— синтетические среды — готовят из определенных химически чистых органических и неорганических соединений, взятых в точно указанных концентрациях и растворенных дважды в дистиллированной воде.

По степени готовности:

- готовые питательные среды (в чашках Петри, во флаконах);
- сухие смеси.

По консистенции (степени плотности):

- жидкие (бульоны);
- полужидкие;
- плотные.

Плотные и полужидкие среды отличаются от жидких наличием желеобразующего агента (агар-агар, реже желатин). Кроме того, в качестве плотных сред применяют коагулировавшие яичные или сывороточные белки, картофель, среды с силикагелем. Некоторые микроорганизмы используют желатин как питательное вещество — при их росте среда разжижается (рис. 9.10).



Рис. 9.10. Разные виды питательной среды

По составу:

— простые: мясопептонный бульон (МПБ), мясопептонный агар (МПА), питательный желатин;

— сложные — многокомпонентные среды, которые могут содержать аминокислоты, витамины, микроэлементы и другие вещества.

По назначению:

— основные — служат для культивирования большинства микроорганизмов, например МПБ, МПА, бульон, шоколадный агар, пептонная вода;

— специальные — служат для выделения и выращивания микроорганизмов, не растущих на простых средах;

— селективные (избирательные) — служат для выделения определенного вида микробов, росту которых они благоприятствуют, задерживая или подавляя рост сопутствующих микроорганизмов. Среда становится селективной при добавлении к ней определенных антибиотиков, солей, изменения рН. Жидкие селективные среды называют *средами накопления*.

— дифференциально-диагностические — позволяют отличить один вид микробов от другого по ферментативной активности.

— транспортные — предназначены для первичного посева и транспортировки исследуемого материала.

Приготовление сред. Посуда для приготовления сред не должна содержать посторонних веществ, например щелочей, выделяемых некоторыми сортами стекла, или окислов железа, которые могут попасть в среду при варке ее в ржавых кастрюлях. Лучше пользоваться стеклянной, эмалированной или алюминиевой посудой. Перед употреблением посуду необходимо тщательно вымыть, прополоскать и высушить. Новую стеклянную посуду предварительно кипятят 30 минут в 1—2% -ном растворе хлороводородной кислоты, после чего в течение часа прополаскивают в проточной воде.

Исходным сырьем для приготовления большинства сред служат продукты животного и растительного происхождения, а также готовые полуфабрикаты.

Этапы приготовления:

— среды варят на открытом огне, водяной бане, автоклаве или варочных котлах;

— установление рН ориентировочно производят с помощью индикаторной бумаги, для точного определения пользуются потенциометром или компаратором. При стерилизации рН снижается на 0,2, поэтому сначала готовят более щелочной раствор.

— осветление производят, если при варке среды мутнеют или темнеют. Для этого используют белок куриного яйца или сыворотку крови.

— фильтрацию жидких и расплавленных желатиновых сред производят через влажный бумажный или матерчатый фильтры. Фильтрация агаровых сред затруднена — они быстро застывают. Обычно их фильтруют через ватно-марлевый фильтр.

— разливают среды не более чем на 3 емкости, так как при стерилизации могут намочить пробки и среды утратят стерильность.

— режим стерилизации зависит от состава среды и указан в ее рецепте.

— для контроля стерильности среды ставят на 2 суток в термостат, после чего их просматривают.

— химический контроль окончательно устанавливает рН, содержание общего и амминого азота, пептона, хлоридов.

— для биологического контроля несколько образцов среды засевают специально подобранными культурами, и по их росту судят о питательных свойствах среды.

Бактериологическое исследование проводится в несколько этапов:

посев доставленного материала на питательные среды;

для некоторых видов материалов осуществляют предварительную подготовку для посева, а затем инкубацию посевов для всех видов при условиях, соответствующих свойствам искомым бактериям.

Проверь знания:



1. Какое сырье необходимо для приготовления питательной среды
2. Обоснуйте важность поддержания стерильности при приготовлении питательной среды.
3. Охарактеризуйте принципы приготовления питательной среды для культивирования микроорганизмов.
4. Опишите особенности стерилизации питательной среды.



Объясните значение рН среды для культивирования разных организмов.



1. Проанализируйте этапы приготовления среды и выбор сырья для ее приготовления.
2. Нарисуйте схему последовательности этапов приготовления питательной среды.



1. Объясните, почему необходим обязательный контроль стерильности приготовленной среды.
2. Охарактеризуйте понятие *бактериологическое исследование* и приведите примеры.



Подготовьте реферат о применении автоклавов в биотехнологии.

§ 42. СПОСОБЫ И ТЕХНИКА ПОСЕВА НА ПИТАТЕЛЬНЫЕ СРЕДЫ. ИНКУБАЦИЯ

На этом уроке:

- Освоите технику посева микроорганизмов на питательную среду;
- познакомитесь с методами выделения чистых культур;
- узнаете, для чего используют открытое пламя при работе с микроорганизмами.

Знаете ли вы:

- Метод предложенный Л. Пастером;
- принципы выделения чистых культур микроорганизмов;
- примеры методов выделения чистых культур.

Ключевые понятия:

Микроорганизмы, чистые культуры, питательные среды, чашка Петри

Посевы проводят как с целью выделения возбудителей из исследуемого материала от больных, так и для получения чистых культур с целью последующего их изучения и идентификации. Техника посевов микроорганизмов на жидкие и плотные питательные среды имеет свои особенности.

В левую руку берут две пробирки. В одной находится питательная среда (плотная или жидкая), в другой — исследуемый материал. Пробирки зажимают большим и указательным пальцами. Для того, чтобы можно было наблюдать за содержанием пробирок, их держат сверху кисти руки. Пробирки должны быть наклоненными, и нужно следить, чтобы при открытии в них не попали посторонние микробы или материал с окружающих предметов. Пробки из пробирок вынимают, держа их четвертым и пятым пальцами правой руки. Тремя другими пальцами правой руки, как карандаш, держат бактериологическую петлю или пипетку, которыми распределяют исследуемый материал.

Сначала стерилизуют (прокаливают) петлю в верхней части пламени газовой горелки. Пробирки открывают, и край их проносят через пламя горелки. Петлю опускают в пробирку, где есть исследуемый материал, и, осторожно касаясь стенки, охлаждают. В последующем петлю опускают в пробирку и набирают материал. Если он находится в жидком состоянии, для посева достаточно капли жидкости, которая задерживается в кильке бактериологической петли. Когда используют микробы, которые выросли на поверхности среды, осторожно плавным движением набирают небольшое количество их, следя, чтобы не повредить питательную среду. Петлю медленно вынимают из пробирки,

не касаясь ее стенок, и переносят в другую пробирку со средой. Штриховыми движениями от одной стенки пробирки к другой, начиная с нижней части среды, проводят материал по скошенной поверхности агара снизу вверх.

Петлю вынимают из пробирки, пробки и края пробирок пронесут через пламя и закрывают. Петлю стерилизуют в пламени, чтобы уничтожить микроорганизмы.

При посеве материала на жидкую питательную среду петлю с материалом окунают в жидкость. Если он не снимается из петли, его осторожно растирают на стенке пробирки и омывают средой.

Материал, который набирали пастеровской или градуированной пипеткой, выливают в питательную среду, а для равномерного распространения его пробирку осторожно, чтобы не замочить пробку, стряхивают или вращают, зажав в ладонях.

Посев тампоном. При посеве тампоном чашку открывают одной рукой, тампоном касаются поверхности агара возле края чашки и начинают проводить посев штрихами от края к краю чашки, втирая осторожно материал в поверхность среды, не повреждая его, постепенно вращая тампон. После проведения посева чашку вращают на 90° и повторяют посев перпендикулярно к предыдущему.

При посеве уколом в столбик питательной среды пробирку с мясопептонным агаром, желатином и т. п. берут в левую руку, петлю с материалом — в правую и делают укол в среду. Петлю осторожно вынимают, а пробирку закрывают.

Посев материала в толщу питательной среды. Перед посевом материал должен быть в жидком состоянии. Стерильной градуированной пипеткой набирают 0,1, 0,5 или 1,0 мл материала и выливают его в стерильные чашки Петри. После этого материал заливают 15—20 мл растопленного и охлажденного до $45\text{—}50^\circ\text{C}$ МПА. Осторожно покачивая чашку, круговыми движениями по поверхности стола перемешивают в ней материал, достигая его равномерного деления в среде. Чашку оставляют закрытой до полного застывания агара, а затем переворачивают вверх дном.

Для того, чтобы выделить чистую культуру микроорганизмов, следует отделить многочисленные бактерии, которые находятся в материале, одна от другой. Это можно достичь с помощью методов, которые основаны на двух принципах — *механическом* и *биологическом* разобщении бактерий (табл. 11, рис. 9.3).

Принципы и методы выделения чистых культур микроорганизмов

Механический принцип	Биологический принцип
Методы	Методы
1. Фракционных разведений Л. Пастера 2. Пластинчатых разведений Р. Коха 3. Поверхностных посевов Дригальского 4. Поверхностных штрихов	Принимают во внимание: а — тип дыхания (метод Фортнера); б — подвижность (метод Шукевича); в — кислотоустойчивость; г — спорообразование; д — температурный оптимум; е — спорообразование; ж — температурный оптимум; з — избирательную чувствительность лабораторных животных

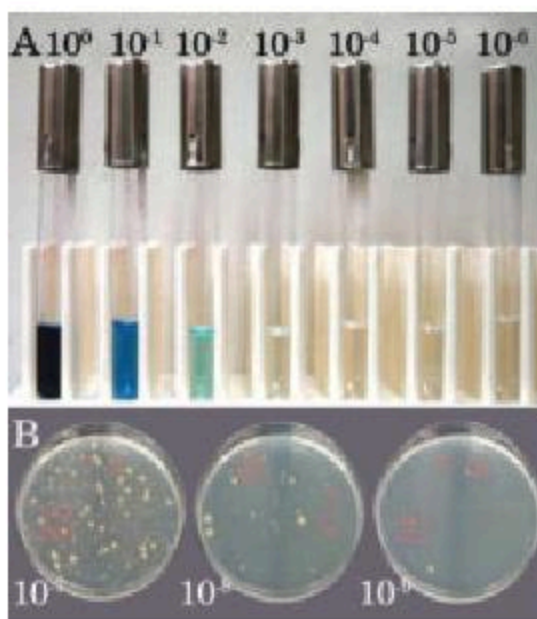


Рис. 9.3. Метод разведения. А – посев микроорганизмов в пробирке; В – посев микроорганизмов в чашке Петри

Методы выделения чистых культур, основанные на механическом принципе.

Метод последовательных разведений, предложенный *Л. Пастером*, был одним из самых первых, который применялся для механического разъединения микроорганизмов. Он заключается в проведении последовательных серийных разведений материала, который содержит микробы в стерильной жидкой питательной среде. Этот прием достаточно кропотлив и несовершенен в работе, поскольку не позволяет контролировать количество микробных клеток, которые попадают в пробирки при разведениях.

Этого недостатка не имеет *метод Коха* (метод пластинчатых разведений).

Р. Кох использовал плотные питательные среды на основе желатина или агар-агара. Материал с ассоциациями разных видов бактерий разводился в нескольких пробирках с растопленным и охлажденным желатином, содержимое которых позже выливалось на стерильные стеклянные пластины. После культивирования в его толще образовывались изолированные колонии микроорганизмов, которые

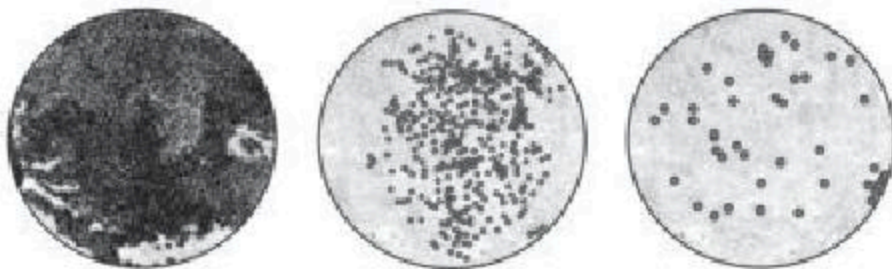


Рис. 9.4. Метод Дригальского

легко могли быть перенесены на свежую питательную среду с помощью платиновой петли для получения чистой культуры бактерий.

Метод Дригальского является более совершенным методом, который широко распространен в повседневной микробиологической практике. Сначала на поверхность среды в чашке Петри пипеткой или петлей наносят исследуемый материал. С помощью металлического или стеклянного шпателя его тщательно втирают в среду. Чашку во время посева держат закрытой и осторожно вращают, чтобы равномерно распределить материал. Не стерилизуя шпателя, проводят им посев материала во второй чашке Петри, затем — в третьей. Только после этого шпатель погружают в дезинфицирующий раствор или прожигают в пламени горелки. На поверхности среды в первой чашке наблюдаем, как правило, сплошной рост бактерий, во второй — густой рост, а в третьей — рост в виде изолированных колоний (рис. 9.4).

Метод посева *истончающим штрихом* сегодня используется в микробиологических лабораториях чаще всего. Существует несколько способов посева штрихом (рис. 9.5).

Рассмотрим один из наиболее часто применяемых способов на практике. Материал, который содержит микроорганизмы, набирают бактериологической петлей и наносят на поверхность питательной среды возле края чашки. Прокаливают петлю, удаляя тем самым избыток материала, и проводят посев параллельными штрихами от края к краю чашки. Так повторяют еще два раза (рис. 9.6).



Рис. 9.5. Схемы метода посева истончающим штрихом

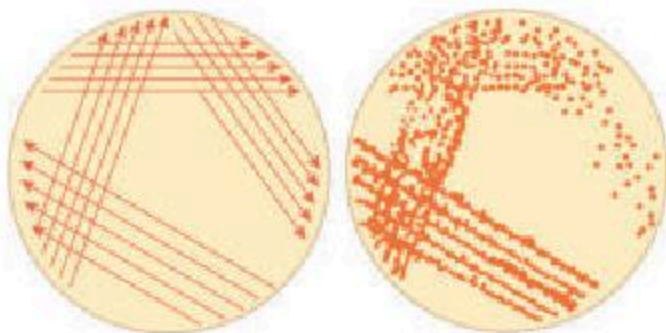


Рис. 9.6. Схема посева бактерий штрихами для получения изолированных колоний

Спустя сутки инкубации посевов при оптимальной температуре на поверхности чашки вырастают изолированные колонии микробов.

Метод штрихов. Для получения изолированных колоний можно использовать посев тампоном, которым проводили забор исследуемого материала. Несколько приоткрывают чашку Петри с питательной средой, вносят туда тампон и осторожными движениями втирают материал в поверхность чашки, возвращая постепенно тампон и чашку.

Таким образом, существенное преимущество методов пластинчатых разведений Коха, Дригальского и штриховых посевов заключается в том, что они создают изолированные колонии микроорганизмов, которые при переносе на другую питательную среду превращаются в чистую культуру.

Инкубация — выдерживание микробной культуры при определенной температуре и других условиях в течение определенного времени. Инкубацию проводят в термостате, холодной камере, на водяной бане, в инкубаторе и др. Выбор температуры основывается на температурном оптимуме роста культуры и протекании реакции. Время инкубации зависит от темпов роста микробов или сроков проявления той или иной реакции. В ряде случаев учитывают влияние посевной дозы, объема среды и др. факторов. Пробирки закрывают стерильными ватно-марлевыми пробками или металлическим колпачками, и все пробирки с тестируемыми штаммами, кроме пробирки “отрицательный” контроль, инкубируют в термостате при температуре 35°C в течение 16—20 или 20—24 ч (в зависимости от вида тестируемого микроорганизма). Пробирку “отрицательный” контроль помещают в холодильник при +4°C, где хранят до учета результатов.

Учет результатов. Для определения наличия роста микроорганизма пробирки с посевами просматривают в проходящем свете. Рост культуры сравнивают с пробиркой “отрицательный” контроль.

Проверь знания:

1. Какие методы посева вам известны?
2. Для чего используют чашки Петри?
3. Почему используют открытое пламя для обработки шпателя?
4. Когда используют жидкую питательную среду?
5. Охарактеризуйте принципы посева чистых культур.
6. Опишите метод штрихов.



1. Объясните, почему используют разные методы посева.
2. Выделите особенности использования метода Дригальского.



1. Проанализируйте, когда вырастают изолированные колонии.
2. Нарисуйте схему метода посадки истончающимся штрихом.



1. Объясните, почему и когда вырастают изолированные колонии.
2. Охарактеризуйте условия, при которых инокуляция на другую питательную среду дает чистые колонии.



1. Докажите, что открытое пламя — лучший способ стерилизации.

Лабораторная работа № 9.1**Исследование микрофлоры кисломолочных продуктов на разных питательных средах**

Молоко — удивительное изобретение природы. Человек уже давно оценил пищевые и лечебные свойства молока и не только научился использовать этот продукт, но и значительно усовершенствовал его. Из молока стали производить различные продукты питания. Например: йогурт, кефир, простоквашу, сметану, творог, масло. Со временем появилось много вопросов о качественном составе молока и его влиянии на организм. Первым, кто увидел микрофлору кисломолочных продуктов, был француз Луи Пастер. Эти исследования вызвали большой интерес к этой теме. Усилиями ученых-микробиологов были изучены как физиология самих микроорганизмов, так и биохимические процессы брожения и гниения, вызываемые бактериями. Нормальными обитателями даже хорошего молока считаются кисломолочные бактерии, дрожжи (табл. 1).

Таблица 1

Определение класса молока по бактериальной загрязненности

Продолжительность обесцвечивания метильной синьки		Количество бактерий в 1 мл молока	Качество молока	Класс
Стандартный метод	Ускоренный метод			
Более 5.5 ч	Более 3 ч	До 0.5	Хорошее	1
От 2 до 5.5 ч	От 1 до 3 ч	До 4	Удовлетворительное	2
От 20 мин. до 2 ч	От 10 мин. до 1 ч	До 20	Плохое	3
До 20 мин	До 10 мин	Свыше 20	Очень плохое	4



Доказано, что использование молочнокислых продуктов ускоряет вывод различных радионуклидов. Настоящий кисломолочный продукт обязательно содержит живые микроорганизмы (кисломолочные бактерии), которые составляют основную массу микрофлоры пищеварительного тракта человека. Нарушение баланса микрофлоры, называемое *дисбактериозом*, может привести к всевозможным заболеваниям: язвенной болезни желудка и двенадцатиперстной кишки, аллергии, гастритам. Одно из самых неприятных последствий дисбактериоза — снижение иммунных функций организма, оно влечет за собой затяжное лечение болезней, развитие осложнений. Из-за нарушения пищеварительных функций повышается утомляемость, появляются усталость и вялость.

Дисбактериозы встречаются часто и у взрослых, и у детей. Причиной их возникновения могут быть стрессы, неблагоприятная экологическая обстановка, некачественные питьевая вода и пища. Микрофлора кишечника нарушается и после приема антибиотиков, которые убивают необходимые организму бактерии. Лечить дисбактериоз приходится лекарственными препаратами, а вот предотвратить его помогают кисломолочные продукты, прежде всего кефир и приготовленные на его основе биокефир и бифидок. Эти равноценные по составу напитки представляют собой улучшенный кефир с добавками бифидобактерий — свойственных человеку микроорганизмов, которые помогают процессу пищеварения (на их долю приходится, например, около 90% микрофлоры толстого кишечника).

Японцы используют кефир для профилактики лечения анкогинеза желудка и кишечника. Молочнокислыми продуктами «оздоравливают» микрофлору кишечника и лечат гастриты.

Для лечения гастритов с повышенной кислотностью используется свежий (однодневный) кефир (содержит следы спирта), с пониженной кислотностью — трехдневный кефир.

Кисломолочные бактерии также подавляют развитие гнилостных бактерий, которые вызывают колиты: шигеллу, вызывающую дизентерию и сальмонеллы, вызывающие брюшной тиф.

Кисломолочные продукты входят в рацион любого человека. В зависимости от сочетания родов и видов кисломолочных бактерий, из них получают различные кисломолочные продукты.

При чистом содержании коровы в одном миллилитре парного молока содержится около 100000 бактерий, из которых на долю гнилостных приходится примерно 96%, а на долю кисломолочных бактерий — 4%. В связи с этим, парное молоко пить нежелательно, соответственно, необходимо пить зрелое молоко, при температуре 8-10°C оно должно отстояться сутки. За это время изменяется отношение гнилостной и молочнокислой микрофлоры: 4% гнилостных и 96% молочнокислых бактерий. Зрелое молоко используется для приготовления молочнокислых продуктов (йогурт, кефир, творог, масло, ацидофилин).

Цель. Изучение микрофлоры кисломолочных продуктов (кефира, творога, сметаны, йогурта).

Шарообразные бактерии называют кокками. Если кокки располагаются разбросанно, поодиночке, их называют микрококками, если же они соединены попарно — диплококками. Кокки, собранные в цепочки, называются стрептококками. К стрептококкам относятся молочнокислые бактерии.

Все кисломолочные бактерии относятся к двум родам:

- Род *Streptococcus* вид *Streptococcus Lactis* — это кокки овальной формы 0.8-1.2 мкм, которые образуют цепочки различной длины. При старении цепочка дробится.

Вид *Streptococcus diacetilactis* — это более мелкие кокки, диаметр которых 0.5–0.7 мкм. Они образуют цепочки различной длины, продукты жизнедеятельности которых придают аромат продукту.

- Род *Lactobacillus* — представляет собой палочковидные клетки: 6–8 мкм длиной, образующие короткие цепочки. Неспорообразующие.

Наиболее широко распространены:

Lactobacillus bulgaricum.

Lactobacillus acidophilum.

Дрожжи — это одноклеточные организмы круглой, овальной, палочковидной формы, диаметром 8–10 мкм, что в 10 раз крупнее бактерий. Чаще всего дрожжи размножаются почкованием, то есть отделением от материнской клетки своеобразных почек. Образование новой клетки при благоприятных условиях длится примерно около 2 часов. Для своего развития дрожжи требуют слабокислую среду, поэтому они хорошо развиваются вместе с молочнокислыми бактериями.

Ход работы. Нанести каплю молочного продукта на предметное стекло и накрыть покровным стеклом. Рассмотреть в микроскоп и найдите описанные выше клетки бактерии или дрожжей. Записать наблюдение в тетрадь. Сделать вывод: выполнена ли цель работы, соответствуют ли полученные данные данным известным из литературы.

§ 43. ГРАМПОЛОЖИТЕЛЬНЫЕ И ГРАМОТРИЦАТЕЛЬНЫЕ БАКТЕРИИ. ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ ГРАМПОЛОЖИТЕЛЬНЫХ И ГРАМОТРИЦАТЕЛЬНЫХ БАКТЕРИЙ. ПРЕДСТАВИТЕЛИ

На этом уроке:

- Изучите грамположительные и граммотрицательные бактерий;
- познакомитесь с окраской по Граму;
- узнаете о процессе образования спор.

Знаете ли вы:

- Особенности строения клеточной стенки у грамположительных и граммотрицательных бактерий;
- принципы взаимодействия бактерий с окружающей средой;
- примеры грамположительных и граммотрицательных бактерий.

Ключевые понятия:

Грамположительные, граммотрицательные бактерии, окраска по Граму, клеточная стенка, споры

Классификация бактерий основана на их морфологических и метаболических особенностях, кроме того используются иммунологические и генетические показатели. Первые попытки классифицировать бактерии были основаны на внешнем виде колоний и морфологии клеток, метаболических параметрах, способности роста на различных субстратах. Для визуализации бактериальных клеток разработано множество способов

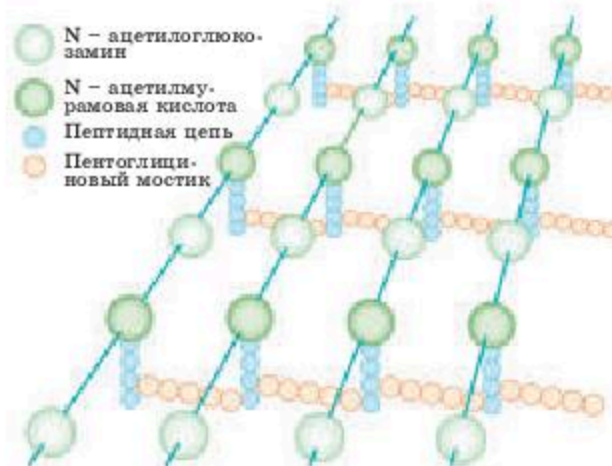


Рис. 9.7. Схематическое изображение структуры гликопептида клеточной стенки

окраски, многие из них являются дифференциальными, т.е. позволяют разделить микроорганизмы на группы в зависимости от их реакции на окраску. Наиболее распространенным способом дифференциальной окраски является окраска по Граму. Способ окраски впервые предложен в 1884 г. датским микробиологом Кристианом Грамом.

Последовательность окраски:

- 1) кристаллический фиолетовый;
- 2) промывка препарата, обработка раствором йода;
- 3) промывка водой, обработка 95% этанолом;
- 4) окраска сафранином.

Микроорганизмы делятся на *грамположительные* и *грамотрицательные*:

1) Клетки накапливают кристаллический фиолетовый, окрашиваются синим — *грамположительные бактерии*.

2) Кристаллический фиолетовый вымывается этанолом, клетки обесцвечиваются. Затем клетки окрашиваются сафранином в красный цвет — *грамотрицательные бактерии*.

Химический состав клеточных стенок грамположительных и грамотрицательных бактерий различен. У грамположительных бактерий в состав клеточных стенок входят, кроме мукопептидов, полисахариды (сложные, высокомолекулярные сахара), тейхоевые кислоты (сложные по составу и структуре соединения, состоящие из сахаров, спиртов, аминокислот и фосфорной кислоты), они связаны с каркасом стенок — муреином (рис. 9.7).

В состав клеточной стенки входит пептидогликан, являющийся главной частью “муреинового каркаса”. По содержанию пептидогликана в клеточной стенке все микроорганизмы делят на грамположительные и

грамтрицательные. Те из них, которые содержат в клеточной стенке большое его количество (50—80%), грам+. Другие, содержащие в оболочке 5—20% пептидогликана — грам-.

С медицинской точки, различия в строении клеточной стенки определяют характер взаимодействия бактерий с окружающей средой, в том числе и с организмом человека.

Толстая пептидогликановая оболочка грам+ клеток пропускает низкомолекулярные соединения. Такие, как антибиотики красители и детергенты могут проходить сквозь оболочку и повреждать цитоплазматическую мембрану. У грам- бактерия есть липополисахаридный слой, блокирующий антибиотики и другие вещества, не позволяя им достигнуть внутренней ЦПМ¹. Например, пеницилин и лизоцим не оказывают воздействия на грам- микроорганизмы. Кристаллический фиолетовый — краситель, который используется на первой стадии окраски по Граму, застревает в толстом пептидогликановом слое.

Таблица 12

Грамположительные клетки	Грамотрицательные клетки
2 слоя	3 слоя
1. Внутренняя цитоплазматическая мембрана	1. Внутренняя цитоплазматическая мембрана
2. Внешний толстый слой пептидогликанов	2. Тонкий слой пептидогликанов
	3. Внешняя мембрана, содержащая, липополисахариды
Низкое содержание липидов	Высокое содержание липидов
Нет эндотоксинов (за искл. <i>Listeria monocytogenes</i>)	Эндотоксин
Нет периплазматического пространства	Периплазматическое пространство
Нет пориновых каналов	Пориновые каналы
Уязвимы к действию лизоцима и пенициллина	Устойчивы к лизоциму и пенициллину

Под действием лизоцима, пенициллина и других веществ может происходить разрушение или нарушение синтеза пептидогликана, что ведет к образованию микроорганизмов, дефектных по клеточной стенке, или лишенных ее:

Стенки грамотрицательных бактерий более сложные по химическому составу, в них содержится значительное количество липидов (жиров), связанных с белками и сахарами в сложные комплексы — липопротеиды и липополисахариды. Мурейна в клеточных стенках грамотрицательных бактерий в целом меньше, чем у грамположительных бактерий. Внутренний слой состоит из мурейна. Над ним находится более

¹ ЦПМ — цитоплазматическая мембрана.

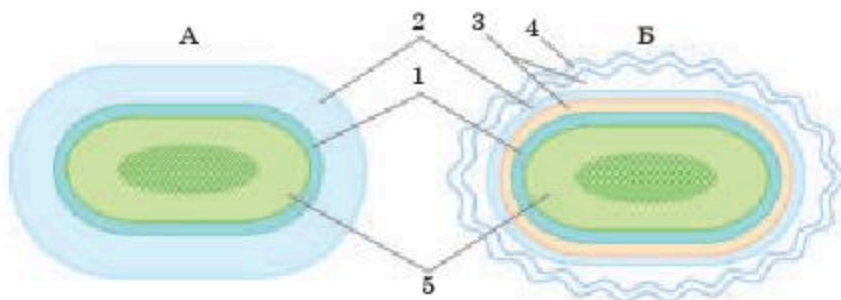


Рис. 9.8. Клеточная стенка грамположительных (А) и грамотрицательных (Б) зубактерий:

1 — цитоплазматическая мембрана; 2 — пептидогликан; 3 — периплазматическое пространство; 4 — наружная мембрана; 5 — цитоплазма, в центре которой расположена ДНК

широкий слой из неплотно упакованных молекул белка. Этот слой в свою очередь покрыт слоем липополисахарида. Самый верхний слой состоит из липопротенидов. Клеточная стенка проницаема: через нее питательные вещества свободно проходят в клетку, а продукты обмена выходят в окружающую среду. Крупные молекулы с большим молекулярным весом не проходят через оболочку (рис. 9.8, 9.9).

Бактериальная капсула. Капсула предохраняет бактерии от повреждений, высыхания, встречается как у грамположительных, так и у грамотрицательных. Препятствует фагоцитозу бактерий, увеличивая вирулентность бактерии (гладкая форма S — теряет вирулентность, капсульная R — сохраняет). Капсула антигенна: антитела против капсулы вызывают ее увеличение (реакция набухания капсулы), связывание с антителами — опсонизация. Капсула создает дополнительный осмотический барьер и является источником резервных веществ.

Эндоспоры. Формируют грам+: аэробные и анаэробные. Замедление метаболизма делает клетки устойчивыми к нагреванию, высыханию, действию химических веществ. Состав эндоспор:

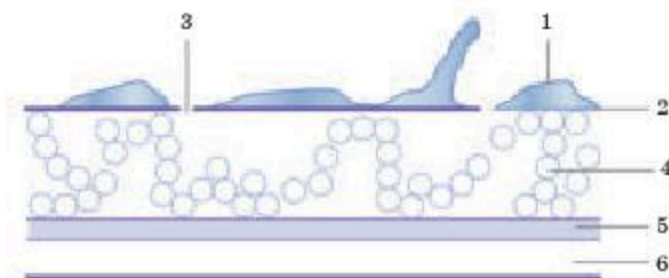


Рис. 9.9. Схематическое изображение клеточной стенки грамотрицательных бактерий:

1 — липопротенидный слой с выступами и бугорками; 2 — липополисахаридный слой; 3 — каналы; 4 — рыхлоупакованные молекулы белка; 5 — гликопептидный слой; 6 — цитоплазматическая мембрана

клеточная мембрана;
 толстый слой пептидогликанов;
 вторая клеточная мембрана;
 слой кератиноподобных белков;
 наружный слой — экзоспориум.

Споры могут существовать годами. Уничтожаются нагреванием под давлением при температуре 121°C в течение 20 мин. Для палочковидных микроорганизмов характерно спорообразование. Споры у микроорганизмов — это способ сохранения вида, и образуются они при попадании микроорганизмов в неблагоприятные условия внешней среды (изменение влажности и pH, обеднение среды питательными веществами, действие дезинфицирующих веществ). Процесс спорообразования начинается с уплотнения цитоплазмы вокруг нуклеоида и образования плотной оболочки, после чего проспора уменьшается в размерах и превращается в спору (18—24 ч.), в которой содержатся небольшое количество воды, но большое липидов и кальция и обменные процессы идут на самом низком уровне. В таком состоянии микроорганизмы сохраняют жизнеспособность в течение 40—50 лет. Наступление благоприятных условий способствует прорастанию спор в вегетативные формы (за 4—5 ч.), вызывающие заболевание при попадании в организм человека. Споры могут быть круглой или овальной формы. Расположение спор в бактериальной клетке может быть центральным (по центру), терминальным (на конце), субтерминальным (ближе к концу). Диаметр споры может быть равен диаметру бактериальной клетки или превышать его размеры. Если диаметр споры превышает диаметр микробной клетки, то в месте локализации споры образуется вздутие.

Грамположительные бактерии. Можно выделить 6 основных типов грам+ бактерий:

2 типа кокковых форм:

- стрептококки — цепочки кокковых клеток;
- стафилококки — различные агрегаты кокковых клеток.

2 типа спорообразующих палочек:

- аэробные, бауиглы.
- анаэробные, клостридин.

2 типа неспорообразующих палочек:

- коринобактерии.
- *Listeria*, единственный представитель грам+ микрофлоры, имеющих эндотоксины, все прочие бактерии — грамотрицательны.

Грамотрицательные бактерии. Единственная группа кокков, которая относится к грам- бактериям — *диплококки*, спиралевидных грам- организмов — *спирохеты* (возбудитель сифилиса). Остальные грамотрицательные бактерии — палочки или плеоморфные.

Микобактерии окрашиваются слабо грам+, для их выявления используется кислотоустойчивая окраска.

Спирохеты имеют грамотрицательную клеточную стенку, однако они слишком малы и не видны при обычной микроскопии.

Сальмонелла — мелкие подвижные бактерии, которые могут длительно сохранять жизнеспособность во внешней среде. Попадая в кишечный тракт человека, могут вызвать серьезное кишечное заболевание (сальмонеллез). В воде открытых водоемов они могут жить до 120 дней, в морской воде — до 217 дней, в почве — до 9 мес, в комнатной пыли — до 517 дней, в колбасных изделиях — до 130 дней, в яйцах и замороженном мясе — до 13 мес. Они не погибают и при консервации — при концентрации поваренной соли 2—18%. Губительной для сальмонелл является высокая температура — кипячение их убивает мгновенно, а обычные дезинфицирующие средства, содержащие хлор, не всегда эффективны.

Проверь знания:



1. Опишите клеточную стенку бактерий.
2. Опишите по каким признакам отличаются грамположительные и грамотрицательные бактерии.



1. В чем сущность метода окрашивания бактерий по Граму.
2. Выделите две группы грамположительных и грамотрицательных бактерий, приведите примеры.



1. Почему бактерии окрашиваются по-разному методом Грама.
2. Какой компонент клеточной стенки является обязательным для грамположительных и грамотрицательных бактерий?



1. Объясните как образуются эндоспores и почему они могут существовать годами.
2. Сравните группы грамположительных и грамотрицательных бактерий. Укажите стрелками какие бактерии к какой группе относятся

Грамм положительные	Бактерии	Грамм отрицательные
	аэробные бациллы	
	анаэробные клостридии	
	стрептококки	
	диплококки	
	листерии	
	стафилококки	
	микобактерии	
	спирохеты	



Подумайте и объясните, почему лекарства для грамотрицательных бактерии не действуют на грамположительные бактерии.

Лабораторная работа № 9.2

Окрашивание бактерий по Граму

Окраска по Граму относится к сложному способу окраски, когда на мазок воздействуют двумя красителями, из которых один является основным, а другой — дополнительным. Кроме красящих веществ при сложных способах окраски применяют обесцвечивающие вещества: спирт, кислоты и др. Для окраски по Граму чаще используют анилиновые красители трифенилметановой группы: генциановый, метиловый фиолетовый или кристаллвиолет. Грамположительные микроорганизмы дают прочное соединение с указанными красителями и йодом. При этом они не обесцвечиваются при воздействии на них спиртом, вследствие чего при дополнительной окраске фуксином грамположительные микроорганизмы не изменяют первоначально принятый фиолетовый цвет.

Грамотрицательные микроорганизмы образуют с основными красителями и йодом легко разрушающееся под действием спирта соединение. В результате микробы обесцвечиваются, а затем окрашиваются фуксином, приобретая красный цвет.

Цель работы: изучить технику окраски микроорганизмы по Граму.

Материалы и оборудование: Предметные и покровные стекла, микробиологические петли, спиртовки, кристаллизатор с подставкой для препаратов, промывалка с водой, микроскопы, 1%-ный водный раствор генцианвиолета, раствор Люголя, этанол 95%, 0,1-ный водный раствор фуксина, чистые суточные культуры микроорганизмов, микроскопы, иммерсионное масло.

Подготовка материала для окраски.

Исследуемый материал распределяют тонким слоем по поверхности хорошо обезжиренного предметного стекла. Приготовленный мазок высушивают на воздухе и после полного высыхания фиксируют.

При фиксировании мазок закрепляется на поверхности предметного стекла, и поэтому при последующей окраске препарата микробные клетки не смываются. Кроме того, убитые микробные клетки окрашиваются лучше, чем живые.

Различают физический способ фиксации, в основу которого положено воздействие высокой температуры на микробную клетку, и химические способы, предусматривающие применение химических средств, вызывающих коагуляцию белков цитоплазмы.

Физический способ фиксации. Предметное стекло с препаратом берут пинцетом или I и II пальцами правой руки за ребра мазком кверху и плавным движением проводят 2—3 раза над верхней частью пламени горелки. Весь процесс фиксации должен занимать не более 2 с. Надежность фиксации проверяют следующим приемом: свободную от мазка поверхность предметного стекла прикладывают к тыльной поверхности левой кисти. При правильном фиксировании мазка стекло должно быть горячим, но не вызывать ощущения ожога (70—80°C).

Процесс окрашивания мазков. На фиксированный мазок наливают один из основных красителей на 2—3 минуты. Во избежание осадков окрашивают через фильтровальную бумагу.

Ход работы:

- 1) приготовить на предметном стекле мазок бактериальной культуры, высушить и зафиксировать в пламени спиртовки;
- 2) окрасить 1 %-м раствором генцианового фиолетового в течение 1 минуты;
- 3) краситель слить и, не промывая мазки, залить их раствором Люголя на 1—2 минуты;
- 4) промыть препарат обильной водой;
- 5) погрузить мазок в стакан с 96 % этиловым спиртом, обесцвечивание считается законченным, когда стекающие с мазка капли спирта сравниваются по цвету со спиртом в стакане; обычно для этого требуется 10—30 секунд, исходя из толщины мазка;

- 6) промыть препараты водой (при микроскопировании таких препаратов граммотрицательные бактерии бесцветны);
- 7) окрасить препараты фуксином течение 1 минуты;
- 8) препараты высушить и рассмотреть под микроскопом.
- Зарисовываем в тетради наблюдаемые клетки. Делаем выводы.
- Результаты лабораторной работы записываем. Делаем вывод выполнена ли цель работы и соответствуют ли результаты данным, известным из литературы.

§ 44. РЕКОМБИНАНТНАЯ ДЕЗОКСИРИБОНУКЛЕИНОВАЯ КИСЛОТА. СПОСОБЫ ПОЛУЧЕНИЯ. ПРИМЕНЕНИЕ

На этом уроке:

- Изучите способы получения рекомбинантной ДНК;
- познакомитесь с понятием рекомбинация;
- познакомитесь с понятиями *генная инженерия, рекомбинация*.

Знаете ли вы:

- Понятие *гомологичная рекомбинация*;
- принципы получения рекомбинантной ДНК;
- примеры использования рекомбинантной ДНК.

Ключевые понятия:

ДНК, РНК, плазмиды, рекомбинация, генная инженерия

Рекомбинантная ДНК — молекула ДНК, полученная в результате объединения *in vitro* чужеродных (в природе никогда вместе не существующих) фрагментов ДНК с использованием методов генной инженерии.

Рекомбинантная ДНК, полученная в результате объединения молекулы векторной ДНК, способна к репликации в определенной клетке-хозяине, с ДНК, кодирующей продукт, синтез которого желательно осуществить в этой клетке-хозяине. Векторы¹ для получения рекомбинантных ДНК могут быть плазмидами, вирусами или искусственными хромосомами на основе дрожжевых или животных хромосомных элементов. Существует большой набор различных систем, позволяющих осуществлять экспрессию гетерологичных генов в бактериях, дрожжах и других организмах, включая клетки человека.

Создаваемые генными инженерами рекомбинантные ДНК называют также *химерными*. Они были созданы для самых разнообразных целей, в том числе и для целенаправленного воздействия на ВИЧ.

¹ Векторы — плазмиды, вирусы и т.д., необходимые для переноса рекомбинантных ДНК.

Техника генной инженерии включает несколько последовательных процедур:

- 1) выделение нужного (целевого) гена;
- 2) встраивание его в генетический элемент, способный к репликации (вектор);
- 3) введение вектора в организм-реципиент;
- 4) идентификация (скрининг) и отбор клеток, которые приобрели желаемый ген или гены.

Белки, полученные генно-инженерным способом, т. е. транслируемые с рекомбинантных ДНК, также называются *рекомбинантными*. Технология рекомбинантных ДНК оказала существенное воздействие на развитие современной биологии, позволив решать многие теоретические задачи, например, определять функции белков, изучать механизмы регуляции экспрессии генов. С помощью фермента лигазы образуют фосфодиэфирную связь между концевыми нуклеотидами обеих молекул, и вновь получают кольцевую молекулу ДНК, но теперь она вместе с плазмидной ДНК содержит ген, выбранный для пересадки. Это и есть рекомбинантная ДНК, содержащая новую комбинацию последовательностей, какой прежде в природе не было (рис. 9.10).

Основные типы вакцин, лицензированных для клинического использования, содержат живые ослабленные, убитые или инактивированные микроорганизмы. Меньшее количество препаратов основано на очищенных компонентах микроорганизмов, а совсем немногочисленная группа — на белках, синтезированных с помощью метода рекомбинантных ДНК.

Ген нужно ввести в клетку таким образом, чтобы он не был разрушен клеточными нуклеазами, а интегрировался с геномом клетки. Для этого *in vitro* ген соединяют с определенной ДНК, выполняющей роль проводника (вектора). Часто в качестве вектора используют плазмиды — небольшие кольцевые молекулы ДНК, содержащие несколько генов.

Рекомбинация. В исследованиях по генной инженерии часто используют кишечную палочку *E. coli*. Геном этой бактерии представлен одной хромосомой (молекулой ДНК), прикрепленной к мембране, и плазмидами, “плавающими” в цитозоле. Плазмида представляет собой кольцевую ДНК; она примерно в 1000 раз меньше основной молекулы ДНК. В клетке может быть несколько разных плазмид, и каждая из них может быть представлена большим числом копий (до нескольких сотен). Репликация плазмид происходит независимо от репликации основного генетического материала. Некоторые плазмиды могут включаться в хромосому и снова отделяться от нее. Плазмиды могут переходить из одной бактериальной клетки в другую при конъюгации клеток. Для этого применяют рестриктазы. Комплементарные цепи молекулы ДНК

разрезаются в разных местах, в результате чего образуются “лишние” концы — неспаренные участки цепей, способные присоединять комплементарные им полинуклеотиды. На фрагменте ДНК, выбранном для пересадки, тоже создают “лишние” концы.

Разобраться в сути технологии рекомбинантных ДНК важно по нескольким причинам.

1. Информационный взрыв в данной области поистине головокружителен. Для того чтобы следить за исследованиями в этом направлении, необходимо усвоить фундаментальные основы генной инженерии.

2. В настоящее время разработана стратегия изучения молекулярной природы ряда заболеваний, таких, как серповидноклеточная анемия.

3. С помощью методов генной инженерии можно получать белки человека в достаточных количествах для терапевтических целей (инсулин, гормон роста, активатор плазминогена).

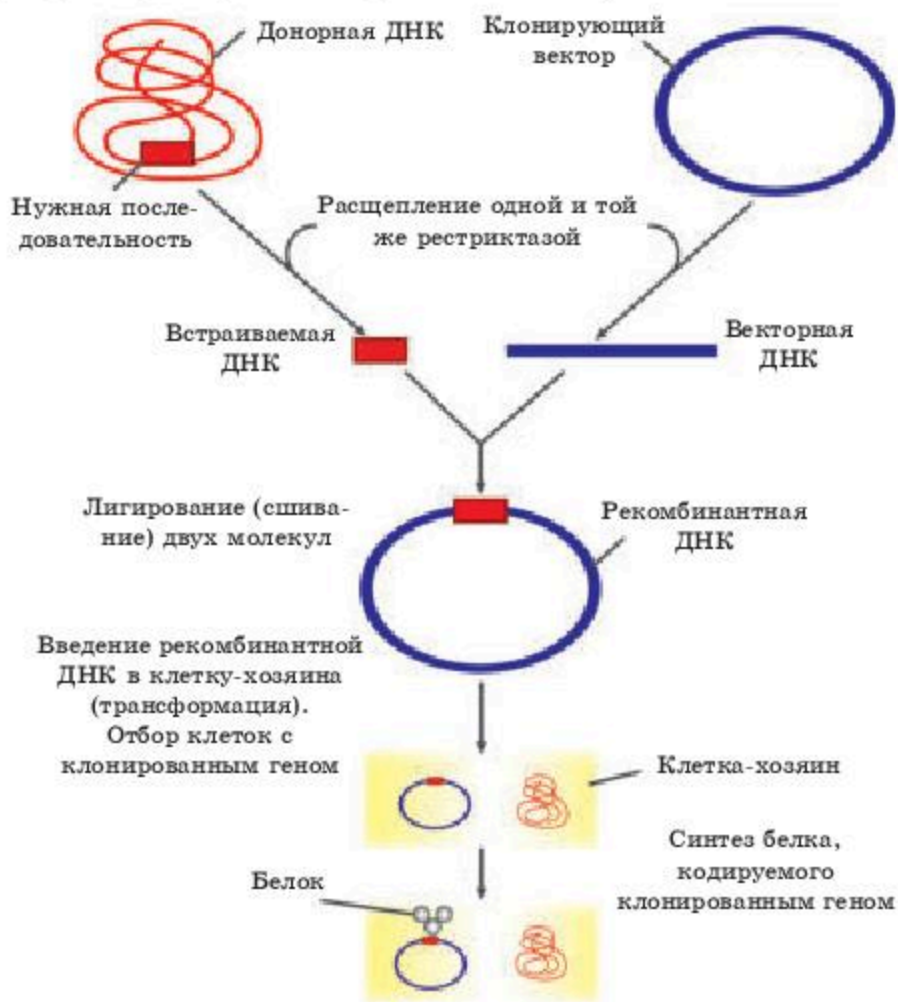


Рис. 9.10 Рекомбинантная ДНК плазмиды

4. Генная инженерия открыла новые возможности получения белковых вакцин (белки вируса гепатита В) и белковых препаратов для диагностических целей (СПИД и др.).

5. Технология рекомбинантных ДНК оказалась эффективной для решения диагностических задач и при установлении степени риска развития ряда заболеваний.

6. Появилась принципиальная возможность осуществления генной терапии таких заболеваний, как серповидноклеточная анемия, талассемия, недостаточность аденозиндезаминазы и др. Такой подход был, например, уже реализован в экспериментах на мышах.

Методом генной инженерии получен ряд препаратов, в том числе инсулин человека и противовирусный препарат интерферон. И хотя эта технология еще только разрабатывается, она сулит достижение огромных успехов и в медицине, и в сельском хозяйстве. В медицине, например, это весьма перспективный путь создания и производства вакцин. В сельском хозяйстве с помощью рекомбинантной ДНК могут быть получены сорта культурных растений, устойчивые к засухе, холоду, болезням, насекомым-вредителям и гербицидам.

Практическое применение. В настоящее время с помощью синтезированных генов, введенных в бактерии, получают ряд веществ, в частности гормоны и интерферон. Их производство составляет важную отрасль биотехнологии.

Интерферон — белок, синтезируемый организмом в ответ на вирусную инфекцию, изучают сейчас как возможное средство лечения рака и СПИДа. Понадобились бы тысячи литров крови человека, чтобы получить такое количество интерферона, какое дает всего один литр бактериальной культуры. Ясно, что выигрыш от массового производства этого вещества очень велик. Важную роль играет также получаемый на основе микробиологического синтеза инсулин, необходимый для лечения диабета. Методами генной инженерии удалось создать и ряд вакцин, которые испытываются сейчас для проверки их эффективности против вызывающего СПИД вируса иммунодефицита человека (ВИЧ). С помощью рекомбинантной ДНК получают в достаточных количествах и человеческий гормон роста, единственное средство лечения редкой детской болезни — гипофизарной карликовости.

Еще одно перспективное направление в медицине, связанное с рекомбинантной ДНК, — генная терапия. В этих работах, которые пока еще не вышли из экспериментальной стадии, в организм для борьбы с опухолью вводится сконструированная по методу генной инженерии копия гена, кодирующего мощный противоопухолевый фермент. Генную терапию начали применять также для борьбы с наследственными нарушениями в иммунной системе.

В сельском хозяйстве удалось генетически изменить десятки продовольственных и кормовых культур. В животноводстве использование гормона роста, полученного биотехнологическим путем, позволило повысить удои молока; с помощью генетически измененного вируса создана вакцина против герпеса у свиней.

Проверь знания:



1. Охарактеризуйте принципы получения рекомбинантной ДНК.
2. Опишите, какие организмы используют для получения рекомбинантной ДНК.



1. Объясните характер применения рекомбинантных ДНК в клинике.
2. Выделите области применения рекомбинантных ДНК.



1. Проанализируйте механизм получения рекомбинантных ДНК из кишечной палочки.
2. Нарисуйте схему опытов по получению рекомбинантной ДНК.



1. Объясните, почему генная инженерия играет все более важную роль в производстве лекарственных препаратов.
2. Составьте схему экспериментов по переносу генов от вида к виду.



Какие препараты получают, используя рекомбинантную ДНК?

§ 45. СВОЙСТВА ПЛАЗМИД И ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В ГЕНЕТИЧЕСКОМ КЛОНИРОВАНИИ. ПОНЯТИЕ “КЛОНИРОВАНИЕ”

На этом уроке:

- Изучите свойства плазмид;
- познакомитесь с понятием *клонирование*.
- узнаете, где применяются плазмиды.

Знаете ли вы:

- Перенос плазмид у бактерий;
- принципы переноса и соединения плазмид;
- примеры использования плазмид разных видов бактерий.

Ключевые понятия:

Клонирование, плазмиды, естественное клонирование, молекулярное клонирование

Большая часть работ по переносу участков ДНК, или генов, проводилась до последнего времени на бактериях. У бактерий генетическая информация заключена в одной большой молекуле ДНК — хромосоме бактерии. Поскольку бактерии размножаются бесполым путем, эта генетическая информация на протяжении многих поколений остается в значительной степени неизменной. В бактериальной клетке имеются,

помимо главной ее хромосомы, еще и небольшие кольцевые сегменты ДНК. Эти молекулы ДНК, так называемые *плазмиды*, часто несут в себе гены, ответственные за устойчивость к антибиотикам. Плазмиды можно извлечь из одной клетки и перенести в другую. Такие работы проводятся, например, на (кишечной палочке), безвредной бактерии, обитающей в желудочно-кишечном тракте человека.

Некоторые из клеток кишечной палочки содержат плазмиду с генами устойчивости к антибиотику тетрациклину. Такие плазмиды называют *факторами устойчивости*. Их легко отделить от главной хромосомной ДНК. Неустойчивые к тетрациклину (разрушаемые им) бактерии можно заставить включить в себя эти плазмиды, подвергнув клетки соответствующей химической обработке, которая сделает оболочку проницаемой для чужих плазмид. Клетки, получившие таким способом фактор устойчивости, выживают на культуральной среде, содержащей тетрациклин, тогда как неустойчивые клетки погибают. Из каждой клетки — в результате многократных делений — возникает клон, т. е. собрание точных копий одной-единственной клетки, полученных путем бесполого размножения. Плазида воспроизводится в каждой клетке клона и ее воспроизведение называют *молекулярным клонированием*.

Соединение разных плазмид. Плазмиды можно разрезать, фрагменты сращивать друг с другом, а затем вводить в клетки или соединять фрагменты ДНК.

Поскольку плазмидная ДНК представляет собой замкнутую кольцевую молекулу, кольцо нужно сперва разорвать таким образом, чтобы свободные концы были в химическом отношении реакционноспособными, пригодными для последующего соединения. Достичь этого удастся либо простым механическим путем (например, сильным встряхиванием), либо с помощью различных ферментов, называемых *нуклеазами* (рестриктазами). Затем фрагменты ДНК соединяют с помощью лигаз — ферментов, исправляющих повреждения в ДНК и сшивающих концы ее разорванных нитей. Именно таким путем плазмиды из штамма *E. coli*, устойчивого к тетрациклину, и плазмиды из штамма, устойчивого к другому антибиотику, каномоцину, можно соединить и получить штамм *E. coli*, устойчивый к обоим антибиотикам.

Плазмиды другого вида бактерий, например золотистого стафилококка, сами по себе не способны размножаться в клетках кишечной палочки. Однако в них могут размножаться гибридные плазмиды, составленные искусственным путем из куска плазмиды золотистого стафилококка и фрагмента плазмиды кишечной палочки. Был проведен эксперимент, в котором соединили плазмиды золотистого стафилококка, устойчивого к пенициллину, и плазмиды штамма кишечной палочки,

устойчивого к тетрациклину. Когда затем гибридные плазмиды были введены в клетки кишечной палочки, полученный штамм оказался устойчивым и к пенициллину, и к тетрациклину. Этот эксперимент, в котором был осуществлен перенос генетической информации между неродственными организмами, позволил предположить, что в клетки бактерии можно вводить молекулы ДНК и высших организмов и что они будут в этих клетках реплицироваться (копироваться).

Клонирование. Первоначально слово клон (англ. *cloning* от греч. κλών — “веточка, побег, отпрыск”) стали употреблять для группы растений (например, фруктовых деревьев), полученных от одного растения-производителя вегетативным (не семенным) способом. Эти растения-потомки в точности повторяли качества своего прародителя и служили основанием для выведения нового сорта (в случае полезности их свойств для садоводства). Позже клоном стали называть не только всю такую группу, но и каждое отдельное растение в ней (кроме первого), а получение таких потомков — *клонированием*.

Со временем значение термина расширилось и его стали употреблять при выращивании культур бактерий. Успехи биологии показали, что и у растений, и у бактерий сходство потомков с организмом-производителем обуславливается генетической идентичностью всех членов клона. Тогда уже термин “клонирование” стали употреблять для обозначения производства любых линий организмов, идентичных данному и являющихся его потомками. Позже название “клонирование” было перенесено и на саму технологию получения идентичных организмов, известную как замещение ядра, а потом также и на все организмы, полученные по такой технологии, от первых головастиков до овцы Долли.

В конце 1990-х годов XX в., подразумевая возможность применения той же технологии для получения генетически идентичных человеческих индивидов, заговорили и о клонировании человека. Термин перестал быть достоянием научной общественности, его подхватили СМИ, киноискусство, литература, производители компьютерных игр, и он вошел в язык как общеупотребительное слово, уже не имеющее того специального значения, которым он обладал около ста лет назад.

Для бактерий клонирование является единственным способом размножения. Однако обычно, когда говорят о клонировании бактерий, имеют в виду намеренное размножение какой-то бактерии, выращивание ее клона, культуры.

Естественное клонирование. Клонирование широко распространено в природе у различных организмов. У растений естественное клонирование происходит при различных способах вегетативного размножения. У животных клонирование происходит при амейотическом партеногенезе и различных формах полиэмбрионии. Так, среди позвоночных известны клонально размножающиеся виды ящериц, состоящие из одних парте-

ногенетических самок. У человека естественные клоны — монозиготные близнецы. У некоторых видов броненосцев в норме рождается от четырех до девяти монозиготных близнецов. Широко распространено клональное размножение среди ракообразных и насекомых. Уникальный вариант естественного клонирования открыт недавно у малого огненного муравья, самцы и самки которого клонируются независимо, так что генофонды двух полов не смешиваются. У этого вида рабочие особи развиваются из оплодотворенных яиц, матки — из неоплодотворенных диплоидных яиц. В некоторых яйцах, оплодотворенных самцами, все хромосомы матери разрушаются, и из таких гаплоидных яиц развиваются самцы.

Молекулярное клонирование. Благодаря фундаментальным биологическим открытиям XIX—XX веков, а именно: изобретение электронного микроскопа, открытие клеточного строения тканей, структуры клеточного ядра, хромосом, ДНК, генов, — стало возможным то, что ныне носит название *молекулярного клонирования*. Это технология клонирования наименьших биологических объектов — молекул ДНК, их частей и даже отдельных генов. Для молекулярного клонирования ДНК (обычно тем или иным способом измененную) вводят в вектор например, бактериальную плазмиду или геном бактериофага. Размножаясь, бактерии и фаги многократно увеличивают и количество введенной ДНК, в точности сохраняя ее структуру. Чтобы затем выделить большое количество такой ДНК, необходимо отделить бактерии или фаги, которые ее содержат, от всех остальных, для чего и применяют клонирование, т. е. выделение и размножение бактериального или фагового клона, содержащего необходимые молекулы ДНК. Для облегчения селекции бактериальных клонов в плазмиды обычно вводят ген резистентности к антибиотику, чаще всего ампициллину, в присутствии которого погибают все бактерии, не имеющие клонируемой плазмиды. Такое клонирование необходимо для изучения биологических молекул, их идентификации, решения вопросов клонирования тканей и др.

Клонирование многоклеточных организмов. Наибольшее внимание ученых и общественности привлекает клонирование многоклеточных организмов, которое стало возможным благодаря успехам генной инженерии. Создавая особые условия и вмешиваясь в структуру ядра клетки, специалисты заставляют ее развиваться в нужную ткань или даже в целый организм. Допускается принципиальная возможность воспроизведения даже умершего организма, при условии сохранения его генетического материала.

Различают *полное* (репродуктивное) и *частичное* клонирование организмов. При полном клонировании воссоздается весь организм целиком, при частичном — не полностью (например, лишь те или иные его

ткани). Репродуктивное клонирование предполагает, что в результате получается целый организм. Кроме научных целей оно может применяться для восстановления исчезнувших видов или сохранения редких видов (рис. 9.11).



Отношение к клонированию в обществе. В 2007 г. Иэну Уилмуту, одному из создателей овцы Долли, Королева Великобритании Елизавета II пожаловала рыцарское звание.

Сформировалась новая фобия, случаи которой встречаются в психиатрии. Врач-психиатр Виктор Яровой в декабре 2008 г. определил новое понятие подобным расстройствам — бионализм. *Бионализм* — страх перед клонированными людьми, перед их возможным превосходством в физическом, моральном и духовном развитии.

Технология. Технология клонирования человека пока не отработана. И здесь встает ряд как теоретических, так и технических вопросов. Однако, уже сегодня есть методы, позволяющие с большой долей уверенности говорить, что в главном вопрос технологии решен. Наиболее успешным из методов клонирования высших животных оказался метод "переноса ядра". Именно он был применен для клонирования овцы Долли в Великобритании, которая, как известно, прожила достаточное число лет (6), чтобы можно было говорить об успехе эксперимента. По мнению ученых, эта техника является лучшей из того, что мы имеем сегодня, чтобы приступить к непосредственной разработке методики клонирования человека. Более ограниченным и проблематичным выглядит метод партеногенеза, в котором индуцируется деление и рост неоплодотворенной яйцеклетки, даже если он будет реализован, то позволит говорить только об успехах в клонировании индивидов женского пола. Так называемая технология "расщепления" эмбриона, хотя и должна давать генетически идентичных между собой индивидов, не может обеспечить их идентичности с "родительским" организмом, поэтому технологией клонирования в точном смысле слова не является и как возможный вариант не рассматривается.

Одно из перспективных применений клонирования тканей — клеточная терапия в медицине. Такие ткани, полученные из стволовых клеток пациента, могли бы компенсировать недостаток и дефекты собственных тканей организма и не отторгаться при трансплантации. Это так называемое *терапевтическое клонирование*.

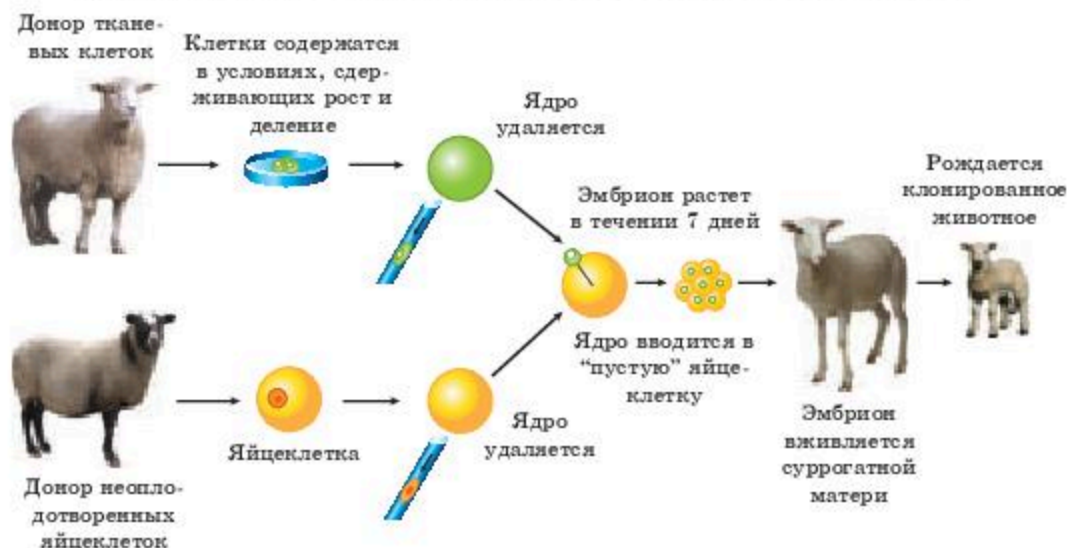


Рис. 9.11. Клонирование животных

Терапевтическое клонирование предполагает, что в результате намеренно не получается целого организма. Его развитие останавливают заранее, а получившиеся эмбриональные стволовые клетки используют для получения нужных тканей или других биологических продуктов. Эксперименты показывают, что терапевтическое клонирование может быть с успехом применено для лечения некоторых заболеваний, считавшихся неизлечимыми.

Проверь знания:



Охарактеризуйте перенос плазмид у бактерий. Опишите механизм переноса генов у разных видов.



Объясните технологию переноса генов от вида к виду. Выделите положительные моменты применения метода клонирования организмов.



Проанализируйте механизм переноса плазмид. Нарисуйте схему проведения опыта по переносу генов от вида к виду.



Объясните, почему необходимы плазмиды для переноса генов. Охарактеризуйте понятие *молекулярное клонирование*.



Докажите, что клонирование признают современной технологией. Опишите примеры, где природа использует этот принцип для развития организмов. Сделайте презентацию.

§ 46. СПОСОБЫ КЛОНИРОВАНИЯ ОРГАНИЗМОВ

На этом уроке:

- Научитесь объяснять способы клонирования организмов;
- познакомитесь с понятием *клон*.

Знаете ли вы:

- Понятие *эмбриональное клонирование*;
- принципы развития многоклеточных организмов;
- примеры получения клонов млекопитающих.

Ключевые понятия:

Клон, размножение вегетативное, многоклеточный организм, культура клеток, дифференциация тканей

Клон — это точная генетическая копия живого организма.

В природе клоны широко распространены. Это, конечно же, потомки бесполого размножения. Так как полового процесса не происходит, не изменяется генотип, поэтому дочерний организм является точной генетической копией предыдущего.

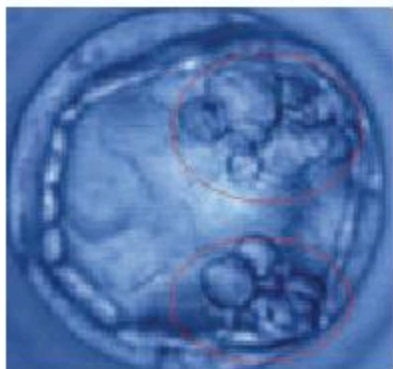


Рис. 9.12. Монозиготные близнецы

Клоны также создаются с участием человека. Зачем это делается? Представьте, ведется многолетняя работа по отбору и гибридизации растений. Из всех полученных гибридов, только у одного очень удачная комбинация генов (например, сочные плоды больших размеров). Как размножить это растение? Если проводить скрещивание, то произойдет рекомбинация генов, поэтому проводят *вегетативное размножение*.

Многие культурные сорта являются клонами изначально полученного растения (фиалки, например, размножают листьями).

Можно даже получить клон растения всего из одной клетки: сначала выращивается культура клеток, потом воздействуют нужными гормонами для дифференцировки тканей и воссоздается новый организм.

С помощью этого метода можно будет получать больше урожая, чем через стандартное разведение. Возможно, в будущем мы будем получать растительные продукты не с полей, а из пробирок.

Но как создавать клоны организмов, не способных к бесполому размножению (позвоночных к примеру)?

Это возможно. Такое явление встречается даже в природе. Это — *монозиготные близнецы*.

Из одной зиготы развивается не один организм, при том эти организмы являются генетическими копиями друг друга (рис. 9.12).

Такое явление позволило возникнуть близнецовому методу, благодаря которому, изучается влияние наследственности и среды на признаки.

Появилась *идея искусственного клонирования организмов*. В теории она проста: если из зиготы удалить собственное ядро, и поместить ядро из соматической клетки, то разовьется организм — точная генетическая копия, клон донора соматической клетки.



Рис. 9.13. Г. В. Лопашов

В 60-е годы были проведены опыты по клонированию амфибий. Из икринок лягушек вытаскивали ядра и засовывали ядра, взятые из соматических клеток (метод такой пересадки ядер был разработан в СССР в 1940 г. ученым Г. В. Лопашовым) (рис. 9.13). Получились клоны лягушки. С амфибиями проще, у них оплодотворение и эмбриональное развитие происходит во внешней среде.

В 1996 г. группа британских ученых под руководством Иэна Уилмута сделала огромное достижение в области биологии. Они с помощью метода пересадки ядра клонировали овцу.

Из клетки ткани вымени уже умершей к эксперименту овцы (организма-прототипа) взяли ядро. Из другой овцы взяли яйцеклетку и, предварительно удалив ее собственное ядро, трансплантировали ядро из клеток овцы-прототипа. Полученную уже диплоидную клетку поместили в другую овцу, которая стала суррогатной матерью. Родившегося ягненка назвали Долли. Она была генетической копией овцы-прототипа.

Клонирование позволяет решить некоторые проблемы:

— можно увеличить численность вымирающих животных — спасти популяции, которые сами уже не могут поддерживать свою численность и, по сути, обречены;

— дает возможность воскресить вымершие виды, если сохранились образцы ядер клеток этих организмов;

— выращивать отдельно органы и заменять ими поврежденные. Например, у человека отказала почка. Для этого необходимо взять у него одну клетку — вырастить новую. И отторгаться она не будет, так как не содержит чужеродных белков: все свое.

На практике возникают некоторые проблемы: несовершенство методов; пробелы в знаниях: не все еще известно о генах, трудности в дифференцировке ядер зрелых клеток.

На клонирование организмов возлагаются огромные надежды. В этом методе видят излечение многих болезней. Область открыта для исследований: еще многое нужно изучить.

Проверь знания:



1. Охарактеризуйте принципы клонирования многоклеточного организма.
2. Опишите этические проблемы, возникающие при клонировании.



1. Объясните методику получения культуры тканей.
2. Выделите положительные и отрицательные моменты клонирования животных.



1. Проанализируйте механизм получения клонов.
2. Нарисуйте схему вегетативного размножения.



1. Объясните, почему происходит дифференцировка клеток и тканей.
2. Охарактеризуйте понятие *клонирование многоклеточного организма*.



1. Проведите дискуссию на тему:
2. Какие этические проблемы возникают при клонировании человека?

§ 47. МИКРОКЛОНАЛЬНОЕ РАЗМНОЖЕНИЕ. ЭТАПЫ И МЕТОДЫ МИКРОКЛОНАЛЬНОГО РАЗМНОЖЕНИЯ РАСТЕНИЙ

На этом уроке:

- Научитесь описывать методы микроклонального размножения растений;
- познакомитесь с факторами, влияющими на процесс микроклонального размножения;
- познакомитесь с понятием “эксплант”.

Знаете ли вы:

- Этапы микроклонального размножения растений;
- используемые методы клонального микроразмножения;
- примеры размножения растений посредством микроклонального размножения.

Ключевые понятия:

Микроклональное размножение, клон, репродуктивная фаза развития, гормоны, эксплант

Достижения в области культуры клеток и тканей привели к созданию принципиально нового метода вегетативного размножения — клонального микроразмножения. *Клональное микроразмножение* — получение *in vitro*, неполовым путем, генетически идентичных исходному экземпляру растений.

В основе метода лежит уникальная способность растительной клетки реализовывать присущую ей тотипотентность.

Термин “клон” был предложен в 1903 г. Уэбстером (от греч. *klon* — “черенок или побег”, пригодный для размножения растений). В соответствии с научной терминологией клонирование подразумевает получение идентичных организмов из единичных клеток.

Этот метод имеет ряд преимуществ перед существующими традиционными способами размножения:

- 1) получение генетически однородного посадочного материала;
- 2) освобождение растений от вирусов за счет использования меристемной культуры;
- 3) высокий коэффициент размножения;
- 4) сокращение продолжительности селекционного процесса;
- 5) ускорение перехода растений от ювенильной к репродуктивной фазе развития;
- 6) размножение растений нетрадиционными способами;
- 7) возможность проведения работ в течение всего года;
- 8) возможность автоматизации процесса выращивания.

На эффективность микроклонального размножения влияет масса факторов различной природы. Это физиологические особенности вводи-

мого в культуру растения, химические и физические условия культивирования. Наиболее важным моментом является выбор материнского растения и экспланта.

При выборе материнского растения необходимо учитывать его физиологические, сортовые и видовые особенности. Исходные растения должны быть здоровы, не поражены грибными, бактериальными и вирусными болезнями. Кроме того, они должны находиться в состоянии интенсивного роста (выход из фазы покоя и переход к активному росту). Луковицы, корневища и клубни в состоянии покоя непригодны, перед введением в культуру их предварительно обрабатывают высокими или низкими температурами. Способность к размножению также детерминирована генетически. Например, земляника размножается всеми способами, облепиха — ни одним, хотя в природе черенкуется. Двудольные обладают большей регенерационной способностью, чем однодольные и древесные.

При выборе экспланта необходимо учитывать его возраст, строение и происхождение. *Эксплант* — группа клеток, отдельная от материнского организма. Для обеспечения максимальной стабильности клонируемого материала, во избежание появления аномальных растений в качестве экспланта желательно использовать молодые, слабодифференцированные ткани. Лучше всего использовать кончики стеблей, пазушные почки, зародыши, молодые листья, черенки, соцветия, чешую луковиц, т. е. эксплянты, содержащие меристемы. Опыты с эмбрионами кукурузы, проведенные Грином и Филипсом в 1975 г., показали, что при извлечении эмбрионов из зрелых семян они образуют каллус и корни. Если же изолировать их через 2-3 недели после опыления, то образуются и каллус, и растения.

Успех введения в культуру часто определяется эффективностью стерилизации. Выбор стерилизующего агента определяется особенностями экспланта. Для нежных тканей концентрация стерилизующего агента должна быть снижена, чтобы сохранить жизнеспособность экспланта. Часто внутреннее заражение исходных эксплантов бывает намного сильнее, чем поверхностное, поэтому эксплянты предварительно обрабатывают фунгицидами и антибиотиками против грибной и бактериальной инфекций. Хорошие результаты дает обработка растений бензоатом натрия.

Состав питательной среды необходимо подбирать для каждого вида растений. На клональное микроразмножение влияют гормоны, минеральные соли, витамины и углеводы.

В качестве источника углеродного питания используют различные углеводы типа сахарозы, глюкозы, фруктозы, галактозы. Разные культуры требуют различной концентрации углеводов на разных этапах клонального микроразмножения.

Процесс клонального микроразмножения можно разделить на 4 этапа:

1. Выбор растения-донора, изолирование эксплантов и получение хорошо растущей стерильной культуры.

2. Собственно микроразмножение, когда достигается получение максимального количества меристематических клонов.

3. Укоренение размноженных побегов с последующей адаптацией их к почвенным условиям, а при необходимости депонирование растений-регенерантов при пониженной температуре (+2°C, +10°C).

4. Выращивание растений в условиях теплицы и подготовка их к реализации или посадке в поле.

Для культивирования тканей на каждом из четырех этапов требуется применение определенного состава питательной среды.



Укоренение микропобегов проводят двумя способами:

1) выдерживание микропобегов в течение нескольких часов (2—24 ч) в стерильном концентрированном растворе ауксина (20—50 мг/л) и последующее их культивирование на агаризованной среде без гормонов или непосредственно в подходящем почвенном субстрате (импульсная обработка);

2) непосредственное культивирование микропобегов в течение 3-4 недель на питательной среде, содержащей ауксин в невысоких концентрациях (1—5 мг/л в зависимости от исследуемого объекта). В последнее время предложен метод укоренения пробирочных растений в условиях гидропоники. Этот метод позволяет значительно упростить этап укоренения и одновременно получать растения, адаптированные к естественным условиям. Для картофеля возможно использовать безсубстратную гидропонику для получения мини-клубней. Затенение нижней части культуральных сосудов плотной черной материей или добавление в питательную среду активированного угля способствует укоренению микропобегов.

Пересадка растений-регенерантов в субстрат является ответственным этапом, завершающим процесс клонального микроразмножения. Наиболее благоприятное время для пересадки пробирочных растений — весна или начало лета.

Растения с двумя-тремя листьями и хорошо развитой корневой системой осторожно вынимают из колб или пробирок пинцетом с длинными концами или специальным крючком. Корни отмывают от остатков агара и высаживают в почвенный субстрат, предварительно простерилизованный при 85—90° С в течение 1-2 ч. Для большинства растений в качестве субстратов используют торф, песок (3:1); торф, дерновую почву, перлит (1:1:1); торф, песок, перлит (1:1:1). Исключение составляют семейство орхидных, для которых готовят субстрат, состоящий из сфагнового мха, смеси торфа, листьев бука или дуба, сосновой коры (1:1:1).

Основной метод, использующийся при клональном микроразмножении растений — активация развития уже существующих в растении меристем. Он основан на снятии апикального доминирования (рис. 9.15).

В настоящее время этот метод широко используется в производстве посадочного материала сельскохозяйственных культур, как технических, так и овощных, а также для размножения культур промышленного цветоводства (например, розы, рис. 9.16—9.18), тропических и

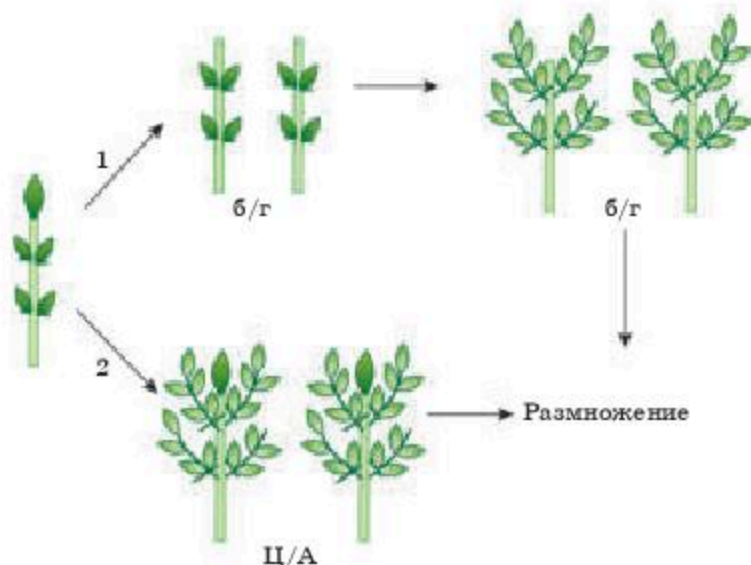


Рис. 9.15. Схема размножения растений методом активации уже существующих меристем (по А. Р. Родину, Е. А. Калашниковой, 1993):

1 — путем удаления верхушечной меристемы; 2 — добавлением цитокининов в среду (б/г — среда без гормонов, Ц — цитокинин, А — ауксин)

субтропических растений, плодовых и ягодных культур, древесных растений. Для некоторых культур, таких как картофель, технология клонального размножения поставлена на промышленную основу.



Рис. 9.16. Образование корней побегами розы при добавлении в питательную среду 2 мг/л 2,4-Д



Рис. 9.17. Адаптация пробирочных роз к почвенным условиям



Рис. 9.18. Пробирочная роза

Применение метода активации развития существующих меристем позволяет получать из одной меристемы картофеля более 100 000 растений в год, причем технология предусматривает получение в пробирках микроклубней — ценного безвирусного семенного материала.

Второй метод — индукция возникновения почек непосредственно тканями экспланта. Он основан на способности изолированных частей растения при благоприятных условиях питательной среды восстанавливать недостающие органы и таким образом регенерировать целые растения. Можно добиться образования почек почти из любых органов и тканей растения (изолированного зародыша, листа, стебля, семядолей, чешуек и донца луковиц, сегментов корней и зачатков соцветий). Этот процесс происходит на питательных средах, содержащих цитокинины в соотношении с ауксинами 10:1 или 100:1. В качестве ауксина используют ИУК или НУК. Таким способом были размножены многие представители семейства лилейных, томаты, древесные растения (из зрелых и незрелых зародышей). Достаточно хорошо разработана технология клонального размножения земляники, основанная на культивировании апикальных меристем.

Третий метод, практикуемый при клональном микроразмножении, основывается на дифференциации из соматических клеток зародышеподобных структур, которые по своему виду напоминают зиготические зародыши. Этот метод получил название *соматического эмбриогенеза*. В отличие от развития *in vivo*, соматические зародыши развиваются вне зародышевого мешка и по своему внешнему виду напоминают биполярные структуры, у которых одновременно наблюдается развитие апикальных меристем стебля и корня.

Наиболее впечатляющим применением метода соматического эмбриогенеза стало размножение гвинейской масличной пальмы, масло которой широко используется при производстве маргарина и пищевого

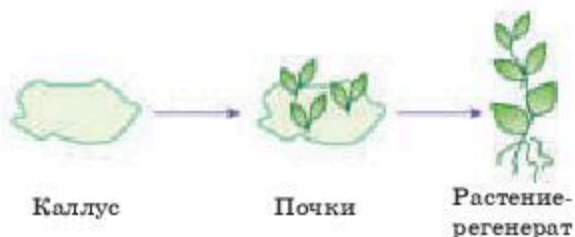


Рис. 9.19. Дифференциация адвентивных почек в каллусной ткани

масла. Масличная пальма в природе не образует побегов и боковых ростков, что затрудняет ее вегетативное размножение.

Четвертый метод клонального микроразмножения — дифференциация адвентивных почек в первичной и пересадочной каллусной ткани (рис. 9.19).

Каллаус — это недифференцированные клетки, являющиеся тотипотентными и способными поэтому дать начало целому растению. Тотипотентность — способность клетки путем деления дать начало любому клеточному типу организма.

Практически он мало используется с целью получения посадочного материала *in vitro*, так как наблюдаются структурные перестройки хромосом и накопление генных мутаций.

Но в некоторых случаях он является единственно возможным способом размножения растений в культуре тканей. Через каллусную культуру успешно размножаются сахарная свекла, злаковые, капуста, подсолнечник и другие культуры (рис. 20).



Рис. 9.20. Формирование побегов каллусной тканью пшеницы

Проверь знания:



1. Охарактеризуйте методы микроклонального развития.
2. Опишите формирование каллусной ткани.



1. Объясните этапы микроклонального развития растений.
2. Выделите значение микроклонального развития для селекции.



1. Проанализируйте дифференциации тканей растений.
2. Нарисуйте схему опытов по микроклональному развитию.



1. Объясните, в чем суть метода микроклонального размножения.
2. Сравните типы клонального микроразмножения, которые используют в селекции растений.



1. Прочитав параграф учебника заполните таблицу.

Метод клонирования	Растения
Метод	
Метод индукции	

2. Какие растения размножали с помощью метода микроклонального клонирования.
3. Почему методы микроклонального размножения при работе с растительными объектами.
4. Почему используют специальные питательные среды?

§ 48. ПРИМЕНЕНИЕ ФЕРМЕНТОВ В МЕДИЦИНЕ, ХИМИИ И ПРОМЫШЛЕННОСТИ

На этом уроке:

- Изучите возможность применения ферментов;
- познакомитесь с ферментами и их ролью в жизнедеятельности организмов;
- узнаете о производстве ферментов.

Знаете ли вы:

- Значение применения ферментов в медицине и промышленности;
- действия ферментов;
- примеры промышленного применения ферментов.

Ключевые понятия:

Фермент, энзимология, избирательность, специфичность

Ферменты в течение многих лет применяются в различных областях — практической деятельности человека в кожевенной, пищевой, текстильной, фармацевтической и других отраслях промышленности, а также в медицине, сельском хозяйстве, химическом синтезе. Эффективность действия ферментов многократно выше по сравнению с химическими катализаторами, однако их промышленное применение затруднено из-за неустойчивости при хранении и температурных воздействиях. Кроме того, многократное применение ферментов практически невозможно в связи с технологическими трудностями их отделения от продуктов реакции. Учитывая огромные перспективы применения микробных ферментных препаратов в самых различных отраслях промышленности и сельского хозяйства, медицине и т. п., можно сделать заключение о необходимости расширения исследований, опытных проверок и проектных разработок в этой области не только вширь, увеличивая ассортимент продукции, но и вглубь, добиваясь стабильности и оптимизации технологии и твердой гарантии получения высокоактивных и стабильных препаратов микробных ферментов.

Многие непатогенные виды образуют ценные биологически активные вещества, нашедшие широкое применение на практике. В последние годы все большее значение они приобретают как продуценты разнообразных ферментов, нашедших применение в медицине, ветеринарии, сельском хозяйстве, пищевой промышленности, а также как продуценты пищевого и кормового белка. На основе работ биохимиков, микробиологов и химиков создана отечественная промышленность антибиотиков и витаминов, нашедших широкое применение в медицине и в сельском хозяйстве. С помощью генетических методик получены

и внедрены в производство высокоактивные продуценты антибиотиков. Это позволило значительно увеличить выход пенициллина, стрептомицина, тетрацицина и других антибиотиков. Созданы условия для развития промышленности ферментов, имеющих большое значение в медицине и ряде отраслей легкой, пищевой и химической промышленности (рис. 9.19).



Рис. 9.19. Лекарственные препараты на основе ферментов

Обладая высокой степенью избирательности, ферменты используются живыми организмами для осуществления огромного разнообразия химических реакций. Они сохраняют свою активность не только в микропространстве клетки, но и вне организма.

Ферменты используются, кроме того, в качестве инструментов для осуществления тонкого химического органического синтеза в легкой, пищевой, микробиологической и фармацевтической промышленности (производство кормового белка, гормонов, антибиотиков и других лекарственных препаратов и L-аминокислот), а также в генноинженерных исследованиях и биотехнологии.

Клоны гибридных, бесконечно размножающихся антител продуцирующих клеток (так называемые гибридомы) можно растить как *in vitro* так и *in vivo*. Реально получаемые количества индивидуального антитела таковы, что его можно использовать в промышленных биотехнологических процессах, например для получения гормонов, ферментов, лекарств. Области применения моноклональных антител в практике, по существу, неограничены медицина и ветеринария, фармацевтическая и многие другие виды химической промышленности, сельское хозяйство, пищевая и микробиологическая промышленность, криминалистика, таможенный контроль и допинг-контроль в спорте.

Быстрые темпы развития современной биологии обуславливаются запросами технологии, здравоохранения, сельского хозяйства, промышленности и, конечно же, любознательностью исследователей. Поскольку все мы и наши дети — продукты функциональных генетических систем, чисто академический интерес подогревается еще и личной заинтересованностью. Это сочетание научного интереса и личного аспекта приводит к огромному общественному интересу к технологии рекомбинантных ДНК и ее детищу — генетической инженерии. Достижения биологии XX в. относятся к событиям исторического значения.

Это была настоящая революция, которая пока приносила положительные плоды. Мы все глубже познаем самих себя и другие живые

существа. Получены многие важные биологические продукты-гормоны, вакцины и ферменты, использующиеся как в исследовательских целях, так и в медицине и промышленности. Люди научились направленно изменять вредные микроорганизмы, превращая их в полезные агенты окружающей среды. Однако у этой революции есть и тревожные моменты. Необходимо помнить, что измененные в лучшую сторону микроорганизмы могут обладать другими, совсем не полезными свойствами. Чтобы исключить возможность использования генотерапии соматических клеток или изолированных диагностических методов с применением новых технологий не по назначению, необходимо тщательно проанализировать последствия. Ответственность здесь очень велика, поскольку эти последствия могут оказаться непредсказуемыми.

Широкое применение в биотехнологии нашли культуры животных и растительных клеток. Известно, что строение, физиология и биотехнология животных и растительных клеток более сложны, чем бактериальных клеток. Из культур животных и растительных клеток можно извлечь более широкий ассортимент сложной и ценной продукции, однако процесс культивирования этих клеток более трудоемкий и дорогостоящий. Из культур тканей растений можно получать разнообразные соединения, используемые в медицине (алкалоиды, противовоспалительные вещества, противолейкозные и противоопухолевые, противобактериальные, сердечные и почечные средства, ферменты, витамины, опиаты и др.), сельском хозяйстве, химической и других отраслях промышленности. Животные клетки используют как для получения продукции, синтезируемой клетками, так и для выращивания в клетках вирусов с целью получения из них вакцин и диагностических препаратов.

Проверь знания:



1. Расскажите о химическом производстве ферментов.
2. Какие ферментные препараты вы знаете?
3. Как ферменты играют роль в живых организмах?
4. Охарактеризуйте применение ферментов в медицине.
5. Опишите значение ферментов для сельского хозяйства.



1. Объясните методы получения ферментов в промышленном масштабе.
2. Какие области биотехнологии участвуют в производстве ферментов?



1. Проанализируйте механизм получения ферментов.
2. Нарисуйте схему действия ферментов на биохимические реакции в организме.



1. Объясните, почему в медицине широко используют ферментные препараты.
2. Охарактеризуйте понятия *специфичность* и *избирательность ферментов*.
3. Назовите казахстанских ученых, которые внесли свой вклад в изучение активности ферментов.
4. Что означает термины *in vivo* и *in vitro*?



Подготовьте презентацию о применении лекарств-ферментов в медицине и о технологии получения таких ферментов.



Вопросы

Вопросы по главе 9 "Биотехнология"

1. Охарактеризуйте этапы микробиологических исследований. Приведите примеры.
2. Объясните сущность метода дезинфекции. Где ее проводят?
3. Охарактеризуйте стерилизацию и методы стерилизации.
4. Обоснуйте, почему в медицинских учреждениях необходима дезинфекция и стерилизация.
5. Объясните, чем стерилизованное молоко отличается от пастеризованного?
6. Дайте характеристику питательным средам. Почему есть разные типы питательной среды?
7. Опишите способы посева на питательные среды. Сопоставьте разные техники посева.
8. Объясните, что такое *инкубация* и время инкубации.
9. Опишите микрофлору кисломолочных продуктов. Чем кефир отличается от йогурта?
10. Дайте характеристику окрашивания бактерий по Граму.
11. Какие грамположительные бактерии вам известны? Дайте им характеристику.
12. Охарактеризуйте грамотрицательные бактерии.
13. Объясните способы получения рекомбинантной ДНК.
14. Обоснуйте применение рекомбинантной ДНК.
15. Опишите свойства плазмид.
16. Раскройте смысл понятия *клонирование*.
17. Охарактеризуйте известные вам способы клонирования живых организмов.
18. Объясните, что означает понятие *микрклональное размножение*?
19. Опишите значение и этапы микрклонального размножения.
20. Приведите примеры применения ферментов в медицине.

10

БИОМЕДИЦИНА И БИОИНФОРМАТИКА

§ 49. ОСОБЕННОСТИ ВОЗДЕЙСТВИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ И ЗВУКОВЫХ ВОЛН НА ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА

На этом уроке:

- Научитесь объяснять воздействия электромагнитных и звуковых волн на организм человека;
- узнаете особенности биологического действия звуковых волн на живой организм;
- познакомитесь с санитарными нормами электромагнитных волн допустимого действия и звука на организм человека в Казахстане.

Знаете ли вы:

- Понятие *спектр электромагнитного излучения*;
- что такое *звук* и что такое *шум*;
- видимый диапазон и радиодиапазон электромагнитных волн.

Ключевые понятия:

Электромагнитный спектр, радиоволны, микроволны, инфракрасное излучение, видимый свет, ультрафиолетовое излучение, рентгеновские лучи, гамма-излучение, биологическое действие, звук, шум

Электромагнитные волны/электромагнитное излучение — распространяющееся в пространстве возмущение (изменение состояния) электромагнитного поля.

Электромагнитные волны подразделяются на:

- радиоволны (начиная со сверхдлинных);
- терагерцевое излучение;
- инфракрасное излучение;
- видимый свет;
- ультрафиолетовое излучение;
- рентгеновское излучение и жесткое (гамма-излучение).

Электромагнитное излучение способно распространяться практически во всех средах. В вакууме (пространстве, свободном от вещества и тел, поглощающих или испускающих электромагнитные волны) электромагнитное излучение распространяется без затуханий на сколь угодно большие расстояния, но в ряде случаев достаточно хорошо распространяется и в пространстве, заполненном веществом.

Основными характеристиками электромагнитного излучения принято считать частоту, длину волны и поляризацию. Длина волны

прямо связана с частотой через групповую скорость распространения излучения. Групповая скорость распространения электромагнитного излучения в вакууме равна скорости света, в других средах эта скорость меньше. Электромагнитное излучение принято делить по частотным диапазонам (табл. 14). Между диапазонами нет резких переходов, они иногда перекрываются, а границы между ними условны. Поскольку скорость распространения излучения (в вакууме) постоянна, то частота его колебаний жестко связана с длиной волны в вакууме.

Таблица 14

Радиоволны	Сверх-длинные	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	
	Ультра-короткие	10 м—0,1 мм	30 МГц—3000 ГГц	
Инфракрасное излучение	1 мм—780 нм	300 ГГц—429 ТГц	Излучение молекул и атомов при тепловых и электрических воздействиях	
Видимое излучение	780—380 нм	429 ТГц—750 ТГц		
Ультрафиолетовое излучение	380 нм—10 нм	7,5·10 ¹⁴ Гц—3·10 ¹⁶ Гц	Излучение атомов под воздействием ускоренных электронов	
Рентгеновское излучение	10 нм—5 пм	3·10 ¹⁶ Гц—6·10 ¹⁹ Гц	Атомные процессы при воздействии ускоренных заряженных частиц	
Гамма-излучение	менее 5 пм	более 6·10 ¹⁹ Гц	Ядерные и космические процессы, радиоактивный распад	

Распространение электромагнитных волн, временные зависимости электрического и магнитного полей, определяющий тип волн (плоские, сферические и др.), вид поляризации и прочие особенности зависят от источника излучения и свойств среды.

Электромагнитные излучения различных частот взаимодействуют с веществом также по-разному. Процессы излучения и поглощения радиоволн обычно можно описать с помощью соотношений классической электродинамики; а вот для волн оптического диапазона и, тем более, жестких лучей необходимо учитывать уже их квантовую природу.

Электромагнитная безопасность. Излучения электромагнитного диапазона при определенных уровнях могут оказывать отрицательное воздействие на организм человека, животных и других живых существ, а также неблагоприятно влиять на работу электрических приборов. Различные виды неионизирующих излучений (электромагнитных полей,

ЭМП) оказывают разное физиологическое воздействие. На практике выделяют диапазоны магнитного поля (постоянного и импульсного), ВЧ- и СВЧ-излучений, лазерного излучения, электрического и магнитного поля промышленной частоты от высоковольтного оборудования и др.



Установлены биологические последствия сильного воздействия полей высоких уровней (значительно выше 100 μT), которые объясняются действием признанных биофизических механизмов. Внешние магнитные поля крайне низкой частоты (КНЧ) индуцируют электрические поля и ток в организме человека, которые, при очень высокой мощности поля, оказывают стимулирующее воздействие на нервы и мышцы и вызывают изменение возбудимости нервных клеток в центральной нервной системе.

Электромагнитные волны различных диапазонов получили широкое применение в промышленности, науке, технике, медицине; при термической обработке металлов, древесины других материалов, в радиовещании, телевидении и связи, для нагрева и сварки диэлектриков и т.д. Значительное применение нашли электромагнитные волны сверхвысоких частот (СВЧ) в радиолокации, радиометеорологии, радиоастрономии, радионавигации, в космических исследованиях, ядерной физике и т.д. (рис. 10.1 и рис. 10.2)

Источниками излучения радиоволн являются ламповые генераторы, которые преобразуют энергию постоянного тока в энергию переменного тока высокой частоты. В современных цехах электровакуумных заводов, где производятся электронные лампы, сосредоточено значительное количество высокочастотных генераторов. Ток высокой частоты применяются для удаления газа из металлических частей и не всегда могут иметь надлежащую экранизацию. В рабочих помещениях радиотелевизионных станций источниками высокочастотных полей могут явиться недостаточно качественно защищенные блоки передатчиков, разделительные фильтры и излучающие антенные системы. В физиотерапевтических кабинетах при работе медицинской аппаратурой возникают электромагнитные поля, действию которых подвергается персонал.

Напряженность электромагнитных полей (ЭМП) в помещении зависит от мощности генератора, степени экранирования и наличия в помещении металлических покрытий и колеблется в широких пределах (10—500 Вт/кв. м), однако по мере удаления от источника падает.



Рис. 10.1. Спутниковая антенна



Рис. 10.2. Локатор

Механизм действия радиоволн. Изучение биологического действия радиоволн от было начато только после того, как радиотехника достигла определенного уровня развития. Это относится к 30-м годам XX в. Первые же экспериментальные исследования биологического действия радиоволн были выполнены отечественным ученым В. Я. Данилевским, спустя пять лет после изобретения А. С. Поповым радио.

В настоящее время доказано, что поглощенная организмом электрическая энергия может вызывать как термическое, так и специфическое биологическое действие. Интенсивность последнего нарастает с увеличением мощности и длительности действия ЭМП, причем выраженность реакции в основном находится в зависимости от диапазона радиочастот, а также от индивидуальных особенностей организма. Интенсивное облучение сначала вызывает тепловой эффект. Влияние микроволн большой интенсивности связано с выделением тепла в биообъекте, что приводит к нежелательным последствиям (нагрев органов и тканей, термическое поражение и т.п.). В то же время при ЭМП ниже допустимого определяется своеобразное специфическое (нетермическое) действие, выражающееся в явлении возбуждения в блуждающем нерве и синапсах.

При воздействии тока высокой (ТВЧ) и сверхвысокой (СВЧ) частот отмечается накопление биологического эффекта, в результате чего возникают функциональные изменения нервной и сердечно-сосудистой систем, нарушения в организме под действием различных диапазонов.

Эндокринно-обменные нарушения проявляются также на фоне функциональных расстройств центральной нервной системы. Нередко отмечаются сдвиги в функциональном состоянии щитовидной железы в сторону повышения активности, причем клинические признаки, как правило, не выявляются. При выраженных формах патологии нарушается деятельность половых желез, желудочно-кишечного тракта и печени. Возможны изменения функции синтеза белка и пигментов.

Воздействие радиоволн сопровождается изменениями показателей периферической крови, причем нередко отмечаются их неустойчивость, лабильность. Сдвиги особенно часто наблюдаются при воздействии коротких и ультракоротких волн. Есть данные о повышении содержания холестерина и снижении количества хлоридов, о нарушении минерального обмена.

Отрицательное влияние электромагнитного поля на человека и на те или иные компоненты экосистем прямо пропорционально мощности поля и времени облучения. Неблагоприятное воздействие электромагнитного поля, создаваемого ЛЭП, проявляется уже при напряженности поля, равной 1000 В/м. У человека нарушаются эндокринная система, обменные процессы, функции головного и спинного мозга, наблюда-

ются изменения клеточных мембран при действии на молекулярном уровне, вызывая изменения деятельности живых организмов в целом. Воздействие неионизирующих электромагнитных излучений от радиотелевизионных и радиолокационных станций на среду обитания человека связано с формированием высокочастотной энергии. Японскими учеными обнаружено, что в районах, расположенных вблизи мощных излучающих теле- и радиоантенн заметно повышается заболевание катарактой глаз.

В эпоху научно-технического прогресса появляются новые виды загрязнений, в частности, электромагнитное. На протяжении миллиардов лет естественное магнитное поле земли, являясь первичным периодическим экологическим фактором, постоянно воздействовало на состояние экосистем. В ходе эволюционного развития структурно-функциональная организация экосистем адаптировалась к естественному фону. Некоторые отклонения наблюдаются лишь в периоды солнечной активности, когда под влиянием мощного корпускулярного потока магнитное поле земли испытывает кратковременные резкие изменения своих основных характеристик. Это явление, получившее название *магнитных бурь*, неблагоприятно отражается на состоянии всех экосистем, включая и организм человека. В этот период отмечается ухудшение состояние больных, страдающих сердечно-сосудистыми, нервно-соматическими и другими заболеваниями. Влияет магнитное поле и на животных, в особенности на птиц и насекомых.

Человек всегда жил в мире звуков и шума. *Звуком* называют такие механические колебания внешней среды, которые воспринимаются слуховым аппаратом человека (от 16 до 20000 колебаний в секунду). Колебания большей частоты называют *ультразвуком*, меньшей — *инфразвуком*.

Шум — громкие звуки, слившиеся в нестройное звучание. Для всех живых организмов, в том числе и человека, звук является одним из воздействий окружающей среды. В природе громкие звуки редки, шум относительно слаб и непродолжителен. Сочетание звуковых раздражителей дает время животным и человеку, необходимое для оценки их характера и формирования ответной реакции. Звуки и шумы большой мощности поражают слуховой аппарат, нервные центры, могут вызвать болевые ощущения и шок. Так действует шумовое загрязнение. Уровень шума измеряется в единицах, выражающих степень звукового давления, — децибелах (ДБ). Это давление воспринимается не беспредельно. Уровень шума в 20—30 (ДБ) практически безвреден для человека, это естественный шумовой фон. Что же касается громких звуков, то здесь допустимая граница составляет примерно 80 ДБ. Звук в 130 ДБ уже вызывает у человека болевое ощущение, а 150 ДБ становится непере-

носимым. Очень высок уровень и промышленных шумов. На многих работах и шумных производствах он достигает 90—110 ДБ и более. Не намного тише и у нас дома, где появляются все новые источники шума — так называемая бытовая техника.

Развитие промышленности приводит к акустическому загрязнению среды в виде повышения естественного уровня шума и отклонения от нормального состояния звуковых характеристик. Практически все звуки, возникающие не из природных источников и к которым живые организмы не адаптированы в течение эволюции, рассматриваются как антропогенное шумовое загрязнение. Шум вызывает повышенную утомляемость, снижение умственной активности, производительности труда, соматические и психические заболевания. Длительный шум неблагоприятно влияет на орган слуха, понижая чувствительность к звуку. Он приводит к расстройству деятельности сердца, печени, к истощению и перенапряжению нервных клеток. Шум обладает аккумулятивным эффектом, т. е. акустические раздражения, накапливаясь в организме, все сильнее угнетают нервную систему. Вредное воздействие на организм совершается незримо, незаметно и нарушения обнаруживаются не сразу. К тому же организм человека против шума практически беззащитен. В настоящее время врачи говорят о шумовой болезни, т. е. поражении слуха и нервной системы.

Проверь знания:



Опишите спектр электромагнитных волн.
Что является источником электромагнитных волн в природе?



Объясните действие радиоволн на организм.
Выделите особенности действия УФ на живые организмы.



Проанализируйте различия в постоянном и единичном воздействии электромагнитных волн на организм человека.
Нарисуйте спектр ЭМВ.



Объясните, как действие внешних звуков меняет функции организма.
Опасно ли жить рядом с телецентрами? Ответ обоснуйте.



Проведите оценку-прогноз о загрязнении ЭМВ среды обитания в школе, дома, на улице рядом с вами.

§ 50. ПОНЯТИЕ “ЭПИГЕНЕТИКА”. ОБЩИЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ОБ ЭПИГЕНЕТИКЕ. МОЛЕКУЛЯРНЫЕ ОСНОВЫ. ЭПИГЕНЕТИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ У ЧЕЛОВЕКА. ЭПИГЕНЕТИКА И ЭПИГЕНОМИКА

На этом уроке:

- Изучите принципы эпигенетики в живых организмах;
- познакомьтесь с понятием эпигенетика;
- научитесь объяснять значение эпигенетики в изучении механизмов регуляции генов, генов;
- узнаете роль эпигенетики для медицины.

Знаете ли вы:

- Эпигенетические механизмы регуляции генов;
- принципы регуляции генов в живых организмах;
- примеры регуляции генов.

Ключевые понятия:

Эпигенетика, геном, регуляция, эпигеномика

Эпигенетика — сравнительно недавнее направление биологической науки и пока не так широко известна, как генетика. Под ней понимают раздел генетики, который изучает наследуемые изменения активности генов во время развития организма или деления клеток.

Эпигенетические изменения не сопровождаются перестановкой последовательности нуклеотидов в дезоксирибонуклеиновой кислоте (ДНК).

В организме существуют различные регуляторные элементы в самом геноме, которые контролируют работу генов, в том числе в зависимости от внутренних и внешних факторов. Долгое время эпигенетику не признавали, так как было мало информации о природе эпигенетических сигналов и механизмах их реализации.

Эпигенетические механизмы регуляции генов. Предметом эпигенетики является изучение наследования активности генов, не связанной с изменением первичной структуры, входящей в их состав ДНК. Эпигенетические изменения направлены на адаптацию организма к изменяющимся условиям его существования.

Впервые термин “эпигенетика” предложил английский генетик Вадингтон в 1942 г. Разница между генетическими и эпигенетическими механизмами наследования заключается в стабильности и воспроизводимости эффектов.

Генетические признаки фиксируют неограниченное число, пока в гене не возникает мутация. Эпигенетические модификации обычно отбражаются в клетках в пределах жизни одного поколения организма.

Когда данные изменения передаются следующим поколениям, то они могут воспроизводиться в 3–4 генерациях, а затем, если стимулирующий фактор пропадает, эти преобразования исчезают.

Молекулярная основа эпигенетики характеризуется модификацией генетического аппарата, т. е. активации и репрессии генов, не затрагивающих первичную последовательность нуклеотидов ДНК.

Эпигенетическая регуляция генов осуществляется на уровне транскрипции (время и характер транскрипции гена), при отборе зрелых мРНК для транспорта их в цитоплазму, при селекции мРНК в цитоплазме для трансляции на рибосомах, дестабилизации определенных типов мРНК в цитоплазме, избирательной активации, инактивации молекул белков после их синтеза (рис. 10.3).

Совокупность эпигенетических маркеров представляет собой эпигеном. Эпигенетические преобразования могут влиять на фенотип.

Эпигенетика играет важную роль в функционировании здоровых клеток, обеспечивая активацию и репрессию генов, в контроле транспозонов, т. е. участков ДНК, способных перемещаться внутри генома, а также в обмене генетического материала в хромосомах.

Эпигенетические механизмы участвуют в геномном импринтинге (отпечаток) — процессе, при котором экспрессия определенных генов осуществляется в зависимости от того, от какого родителя поступили аллели. Импринтинг реализуется через процесс метилирования ДНК в промоторах, в результате чего транскрипция гена блокируется.

Эпигенетические механизмы обеспечивают запуск процессов в хроматине через модификации гистонов и метилирование ДНК. За последние

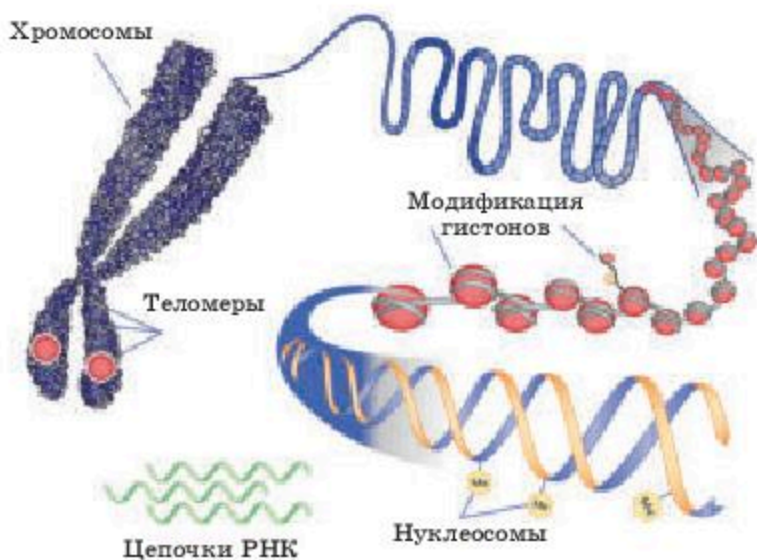


Рис. 10.3. Механизм эпигенетической модификации

два десятилетия существенно изменились представления о механизмах регуляции транскрипции эукариот. Классическая модель предполагала, что уровень экспрессии определяется транскрипционными факторами, связывающимися с регуляторными областями гена, которые инициируют синтез матричной РНК. Гистонам и негистоновым белкам отводилась роль пассивной упаковочной структуры для обеспечения компактной укладки ДНК в ядре.

В последующих исследованиях была показана роль гистонов в регуляции трансляции. Был обнаружен так называемый гистоновый код, т. е. модификация гистонов, неодинаковая в разных районах генома. Видоизмененные гистоновые коды могут приводить к активизации и репрессии генов.

Модификациям подвергаются различные части структуры генома. К концевым остаткам могут присоединяться метильные, ацетильные, фосфатные группы и более крупные белковые молекулы.

Все модификации являются обратимыми и для каждой существуют ферменты, которые ее устанавливают или удаляют.

Эпигенетика в практической медицине. Эпигенетические модификации контролируют все стадии развития и функциональную активность клеток. Нарушение механизмов эпигенетической регуляции напрямую или косвенно связано с множеством заболеваний.

К заболеваниям с эпигенетической этиологией относят болезни импринтинга, которые делятся на генные и хромосомные. В настоящее время насчитывают 24 нозологии.

При болезнях генного импринтинга наблюдается моноаллельная экспрессия в локусах хромосом одного из родителей. Причиной являются точечные мутации в генах, дифференцированно экспрессирующихся в зависимости от материнского и отцовского происхождения и приводящих к специфическому метилированию цитозинового основания в молекуле ДНК. К ним относят: синдром Прадера–Вилли (делеция в отцовской хромосоме 15) — проявляется черепно-лицевым дисморфизмом, низким ростом, ожирением, мышечной гипотонией, гипогонадизмом, гипопигментацией и задержкой умственного развития; синдром Ангельмана (частичная делеция либо другая мутация 15-й хромосомы), основными признаками которого являются микробрахицефалия, увеличенная нижняя челюсть, выступающий язык, макростомия, редкие зубы, гипопигментация; синдром Беквитта–Видемана (нарушение метилирования в коротком плече 11-й хромосомы), проявляющийся классической триадой, включающей макросомию, омфалоцеле макрогlossию и др.

К числу важнейших факторов, влияющих на эпигеном, относятся питание, физическая активность, токсины, вирусы, ионизирующая радиация и др. Особенно чувствительным периодом к изменению эпи-

генома является внутриутробный период (особенно охватывающий два месяца после зачатия и первые три месяца после рождения). В период раннего эмбриогенеза геном удаляет большую часть эпигенетических модификаций, полученных от предыдущих поколений. Но процесс репрограммирования продолжается в течение всей жизни.

К заболеваниям, где нарушение генной регуляции является частью патогенеза, можно отнести некоторые виды опухолей, сахарный диабет, ожирение, бронхиальную астму, различные дегенеративные и другие болезни.

Эпигеном при раке характеризуется глобальными изменениями в метилировании ДНК, модификации гистонов, а также изменением профиля экспрессии хроматин-модифицирующих ферментов.

Активно развиваются и диагностические возможности эпигенетики. Появляются новые технологии, способные анализировать эпигенетические изменения (уровень метилирования ДНК, экспрессию микроРНК, посттрансляционные модификации гистонов и др.), такие как иммунопреципитация хроматина (CHIP), проточная цитометрия и лазерное сканирование. Это дает основания полагать, что в ближайшее время будут выявлены биомаркеры для изучения нейродегенеративных заболеваний, редких, многофакторных болезней и злокачественных новообразований и внедрены в качестве методов лабораторной диагностики.

Итак, в настоящее время эпигенетика бурно развивается. С ней связывают прогресс в биологии и медицине.

Эпигеномика — это изучение полного набора эпигенетических изменений генетического материала клетки, или эпигенома. Эпигеном воздействует на геном двумя основными способами, каждый из которых играет роль в изменении активности генов.

Ученые в области эпигеномики пробуют установить месторасположение химических маркеров на геноме и изучить их функции. Информация об эпигенетическом коде может в будущем помочь врачам диагностировать заболевания и контролировать реакцию пациента на лечение.

Проверь знания:



1. Что означает термин *эпигенетика*?
2. Где находятся гистоны в клетках?
3. Как отличаются модифицирующие эффекты от мутагенного?
4. Роль эпигенетики в медицине.



Объясните характер геномного импринтинга. Выделите различия между метилированием и ацетилированием ДНК.



Проанализируйте механизм действия гистонов. Нарисуйте схему эпигенетического анализа.



Объясните, что модифицируют прионы. Охарактеризуйте понятие *геномный импринтинг*.



Из перечисленных ниже элементов составьте схему эпигенетической регуляции генов:

1. Воспроизводиться в 3-4 поколениях.
2. Случайные изменения.
- 3 Модификация белков генетического аппарата.
4. Изменения последовательности первичной ДНК
5. Регулируется транскрипция.

§ 51. МЕТИЛИРОВАНИЕ ДЕЗОКСИРИБОНУКЛЕИНОВОЙ КИСЛОТЫ

На этом уроке:

- Изучите стадии метилирования дезоксирибонуклеиновой кислоты;
- познакомитесь с понятием *метилирование*;
- узнаете ацетилирование гистонов.

Знаете ли вы:

- Метилирование ДНК у животных и высших растений;
- значение метилирования для развития опухолей;
- примеры метилирования у человека.

Ключевые понятия:

Метилирование ДНК, опухоль, геном, транскрипция

Метилирование ДНК. У млекопитающих метилирование ДНК (эпигенетический механизм) был изучен раньше других. Экспериментальные данные показывают, что метилирование ДНК является защитным механизмом, подавляющим значительную часть генома чужеродной природы (вирусы и др.).

Метилирование ДНК в клетке контролирует все генетические процессы; репликацию, репарацию, рекомбинацию, транскрипцию, инактивацию X-хромосомы. Метильные группы нарушают ДНК-белковое взаимодействие, препятствуя связыванию транскрипционных факторов. Метилирование ДНК влияет на структуру хроматина, блокирует транскрипционные репрессоры.

Действительно, повышение уровня метилирования ДНК коррелирует с относительным увеличением содержания некодирующей и повторяющейся ДНК в геномах высших эукариот. Экспериментальные данные показывают, что это происходит потому, что метилирование ДНК служит главным образом как защитный механизм, чтобы подавлять значительную часть генома чужеродного происхождения (реплицированные перемещающиеся элементы, вирусные последовательности, другие повторяющиеся последовательности).

Профиль метилирования — активирование или угнетение — меняется в зависимости от средовых факторов. Влияние метилирования ДНК на структуру хроматина имеет большое значение для развития и функционирования здорового организма, чтобы подавлять значительную часть генома чужеродного происхождения, т. е. реплицированные перемещающиеся элементы, вирусные и другие повторяющиеся последовательности.

Метилирование ДНК происходит путем обратимой химической реакции азотистого основания — цитозина, в результате чего метильная группа CH_3 присоединяется к углероду с образованием метилцитозина. Этот процесс катализируется ферментами ДНК-метилтрансферазами. Для метилирования цитозина необходим гуанин, в результате образуются два нуклеотида, разделенные фосфатом (CpG) (рис. 10.4).

Скопление неактивных последовательностей CpG называется *островками CpG*. Последние представлены в геноме неравномерно. Большинство из них выявляются в промоторах генов. Метилирование ДНК происходит в промоторах генов, в транскрибируемых участках, а также в межгенных пространствах.

Гиперметилированные островки вызывают инактивацию гена, что нарушает взаимодействие регуляторных белков с промоторами.

Метилирование ДНК оказывает огромное влияние на экспрессию генов и, в конечном счете, на функцию клеток, тканей и организма в целом. Установлена прямая зависимость между высоким уровнем метилирования ДНК и количеством репрессированных генов.

Удаление метильных групп из ДНК в результате отсутствия метилазной активности (пассивное деметилирование) реализуется после репликации ДНК. При активном деметилировании участвует ферментативная система, превращающая 5-метилцитозин в цитозин независимо

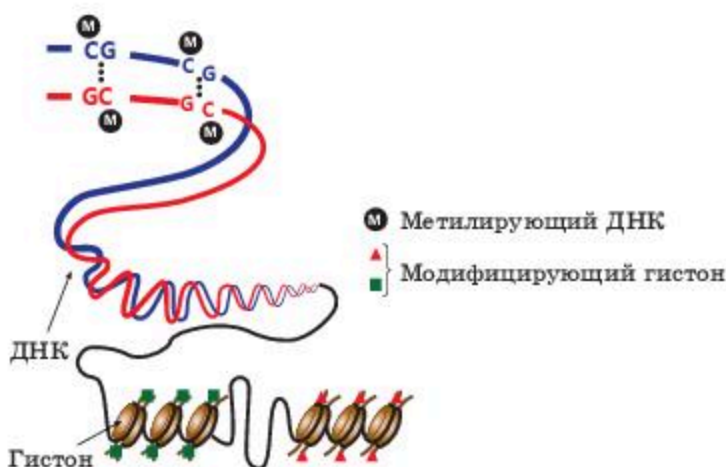


Рис. 10.4. Метилирование ДНК

от репликации. Профиль метилирования меняется в зависимости от средовых факторов, в которых находится клетка.

Утрата способности поддерживать метилирование ДНК может приводить к иммунодефициту, злокачественным опухолям и другим заболеваниям.

Долгое время механизм и ферменты, вовлеченные в процесс активного деметилирования ДНК, оставались неизвестными.

Ацетилирование гистонов. Существует большое число посттрансляционных модификаций гистонов, которые формируют хроматин. В 1960-е годы Винсент Олфри идентифицировал ацетилирование и фосфорилирование гистонов из многих эукариот.

Ферменты ацетилирования и деацетилирования (ацетилтрансферазы) гистонов играют роль в ходе транскрипции. Эти ферменты катализируют ацетилирование локальных гистонов. Деацетилазы гистонов репрессируют транскрипцию.

Эффект ацетилирования — это ослабление связи между ДНК и гистонами из-за изменения заряда, в результате чего хроматин становится доступным для факторов транскрипции.

Ацетилирование представляет собой присоединение химической ацетил-группы (аминокислоты лизин) на свободный участок гистона. Как и метилирование ДНК, ацетилирование лизина представляет собой эпигенетический механизм для изменения экспрессии генов, не влияющих на исходную последовательность генов. Шаблон, по которому происходят модификации ядерных белков, стали называть *гистоновым кодом*.

Гистоновые модификации принципиально отличаются от метилирования ДНК. Метилирование ДНК представляет собой очень стабильное эпигенетическое вмешательство, которое чаще закрепляется в большинстве случаев.

подавляющее большинство гистоновых модификаций более вариативно. Они влияют на регуляцию экспрессии генов, поддержание структуры хроматина, дифференциацию клеток, канцерогенез, развитие генетических заболеваний, старение, репарацию ДНК, репликацию, трансляцию. Если гистоновые модификации идут на пользу клетки, то они могут продолжаться довольно долго.

Одним из механизмов взаимодействия между цитоплазмой и ядром является фосфорилирование и/или дефосфорилирование транскрипционных факторов. Гистоны были одними из первых белков, фосфорилирование которых было обнаружено. Это осуществляется с помощью протеинкиназ.

Под контролем фосфорилируемых транскрипционных факторов находятся гены, в том числе гены, регулирующие пролиферацию клеток. При подобных модификациях в молекулах хромосомных белков происходят структурные изменения, которые приводят к функциональным

изменениям хроматина.

Помимо описанных выше посттрансляционных модификаций гистонов имеются более крупные белки, которые могут присоединяться с помощью ковалентной связи к боковым аминокетильным группам белка-мишени, оказывая воздействие на их активность.

Эпигенетические изменения могут передаваться по наследству (трансгенеративная эпигенетическая наследственность). Однако в отличие от генетической информации, эпигенетические изменения могут воспроизводиться в 3–4 поколениях, а при отсутствии фактора, стимулирующего эти изменения, исчезают. Передача эпигенетической информации происходит в процессе мейоза (деления ядра клетки с уменьшением числа хромосом вдвое) или митоза (деления клеток).

Модификации гистонов играют фундаментальную роль в нормальных процессах и при заболеваниях.

Геномный импринтинг. Человек обладает двумя копиями каждого гена, один из которых унаследован от матери, другой от отца. Обе копии каждого гена имеют возможность быть активной в любой клетке. *Геномный импринтинг* — это эпигенетически избирательная экспрессия только одного из аллельных генов, наследуемых от родителей. Геномный импринтинг затрагивает и мужское, и женское потомство. Так, импринтированный ген, активный на материнской хромосоме, будет активным на материнской хромосоме и “молчащим” на отцовской у всех детей мужского и женского пола. Гены, подверженные геномному импринтингу, в основном кодируют факторы, регулирующие эмбриональный и неонатальный рост.

Импринтинг представляет сложную систему, которая может ломаться. Импринтинг наблюдается у многих больных с хромосомными делециями (утраты части хромосом). Известны заболевания, которые у человека возникают в связи с нарушением функционирования механизма импринтинга.

Прионы. В последнее десятилетие внимание привлечено к прионам, белкам, которые могут вызывать наследуемые фенотипические изменения, не затрагивая нуклеотидной последовательности ДНК. У млекопитающих прионный белок расположен на поверхности клеток. При определенных условиях нормальная форма прионов может изменяться, что модулирует активность этого белка.

Класс белков прионов является одним из многих, которые составляют новую группу эпигенетических механизмов, требующих дальнейшего изучения. Он может находиться в нормальном состоянии, а в измененном состоянии прионные белки могут распространяться, т. е. стать инфекционными.

Первоначально прионы были открыты как инфекционные агенты нового типа, но сейчас считают, что они представляют собой феномен

общебиологический и являются носителями информации нового типа, хранимой в конформации белка. Феномен прионов лежит в основе эпигенетической наследственности и регуляции экспрессии генов на посттрансляционном уровне.

Проверь знания:



1. Где происходит метилирование ДНК у человека?
2. Что такое ацетилирование гистонов?
3. Что означает метилирование для последовательности нуклеотидов ДНК?
4. Что такое фермент метилтрансфераза и где он находится?
5. Что отличает метилирование ДНК у всех высших растений?
6. В чем особенность метилирования ДНК у животных и высших растений?



1. Объясните значение метилирования ДНК для живых организмов.
2. Выделите особенности метилирования ДНК у человека.



1. Какие исследования лежат в основе геносистематики?
2. Нарисуйте схему метилирования.



1. Объясните, почему происходит энзиматическая модификация генома.
2. Охарактеризуйте понятие *метилирование ДНК*.



- Напишите реферат на тему какое биологическое значение имеет метилирование ДНК?

§ 52. ПОНЯТИЕ “БИОИНФОРМАТИКА”. ПРИМЕНЕНИЕ ИНСТРУМЕНТОВ БИОИНФОРМАТИКИ В ИССЛЕДОВАНИИ

На этом уроке:

- Изучите принципы биоинформатики;
- познакомитесь с вычислительной молекулярной биологией

Знаете ли вы:

- Понятие “биоинформатика” в биологии;
- принципы проведения компьютерного анализа и работы с биологическими базами данных;
- примеры исследований по биоинформатике.

Ключевые понятия:

Биоинформатика, компьютерный анализ, биоинформатика последовательностей, структурная биоинформатика

Под *биоинформатикой* обычно понимают использование компьютеров для решения биологических задач. В настоящее время это почти исключительно задачи молекулярной биологии. Причина этого в том, что за последние 20—25 лет накоплен поистине колоссальный экспериментальный материал именно о строении и функционировании

биологических молекул (белков и нуклеиновых кислот). В качестве примера достаточно привести геном человека. Этот материал требует развитых компьютерных методов для своего анализа. Следовательно, биоинформатика понимается как синоним *вычислительной молекулярной биологии*.

Есть несколько основных направлений этого раздела науки, в зависимости от исследуемых объектов:

- Биоинформатика последовательностей.
- Структурная биоинформатика.
- Компьютерная геномика.

Биоинформатику можно условно разделить на несколько направлений в зависимости от типа решаемых задач:

- применение известных методов анализа для получения новых биологических знаний;
- разработка новых методов анализа биологических данных;
- разработка новых баз данных.

Наиболее известной и эффективной областью применения биоинформатики в настоящее время является анализ геномов, тесно связанный с анализом последовательностей.

Биоинформатика последовательностей. Этот раздел биоинформатики занимается анализом нуклеотидных и белковых последовательностей. В настоящее время разработаны эффективные экспериментальные методы определения нуклеотидных последовательностей. Определение нуклеотидных последовательностей стало рутинной, хорошо автоматизированной процедурой.

В результате этого уже получено огромное количество генетических текстов. Так, в базе данных EMBL на 15.02.2007 г. хранится 87 000 493 документов с описанием нуклеотидных последовательностей, содержащих в целом 157 545 686 001 символов (нуклеотидов). Это соответствует примерно библиотеке в 105 толстых томов с убогим шрифтом. Найти нужный ген в EMBL, это все равно, что найти цитату в такой библиотеке. Без помощи компьютера сделать это очень трудно, а число данных экспоненциально растет (рис. 10.3).

Представим себе геном небольшой бактерии — это непрерывная строка длиной в 1—10 млн символов, и далеко не вся ДНК кодирует белки. Первый тип биоинформатической задачи — это задачи поиска в нуклеотидных последовательностях особых участков, участков, кодирующих белки, участков, кодирующих РНК (например, тРНК), участков связывания с регуляторными белками и др. И это не всегда простые задачи, например, гены эукариотических организмов состоят из чередующихся “осмысленных” и “бессмысленных” фрагментов (экзонов и интронов), и расстояние между “осмысленными” фрагментами может достигать тысяч нуклеотидов.

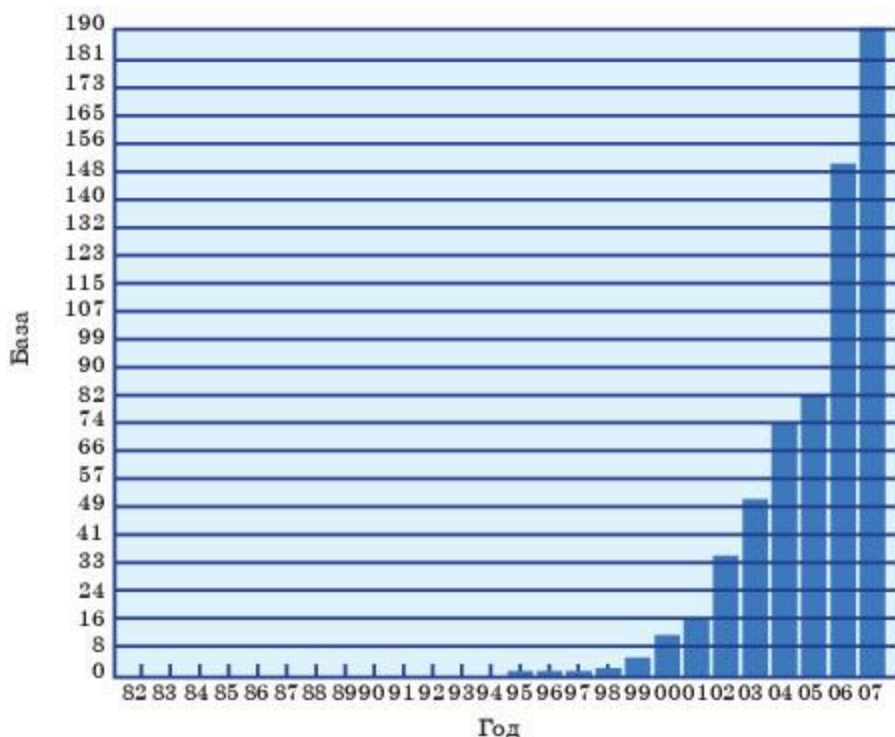


Рис. 10.3. Количество документов по изучению последовательности нуклеотидной цепи, хранящиеся в базе данных EMBL

Если речь идет об участке ДНК, кодирующем белок, то с помощью весьма простой операции — трансляции с использованием известного генетического кода можно получить аминокислотные (белковые) последовательности. Из известных на сегодня 4 273 512 белков около 94% последовательностей — это именно такие гипотетические трансляты, и больше о них ничего не известно.

Сравнительно-эволюционный подход — один из мощнейших подходов в биологии. Например, функция белка из одного организма хорошо экспериментально изучена, в другом организме нашли белок с похожей аминокислотной последовательностью. Можно предположить, что второй (неизвестный) белок выполняет ту же или схожую функцию.

Сравнение последовательностей (выравнивание) является важнейшей задачей биоинформатики. Трудно найти современного биолога, ни разу не использовавшего программы Blastp и ClustalX, появление которых — уже крупный успех биоинформатики. Биоинформатики постоянно совершенствуют методы выравниваний.

Можно привести много примеров, как сравнительно-эволюционный подход в сочетании с биоинформатическими методами порождает новое биологическое знание.

Основные задачи биоинформатики, связанные с анализом отдельных последовательностей, состоят в следующем:

- выравнивание и определение сходства двух последовательностей;
- построение множественных выравниваний;
- распознавание генов;
- предсказание сайтов связывания регуляторных белков;
- предсказание вторичной структуры РНК.

Структурная биоинформатика занимается анализом пространственных структур, уже определенных экспериментально. Каждый белок, помимо своей уникальной последовательности аминокислот, из цепочки которых состоит его молекула, обладает еще и уникальным способом укладки этой цепочки в пространстве.

Например, большинство лекарств представляют собой химические вещества, чьи молекулы способны связываться — образовывать комплексы — с молекулами тех или иных белков. Как правило, белок оказывается неспособен выполнять свою природную функцию, что и обеспечивает эффект лекарства. Исследование механизма действия лекарств имеет большое практическое значение, поэтому определением структуры комплексов молекул белков с молекулами лекарств занимаются многие экспериментальные группы. Как результат — большое количество доступных для компьютерного анализа структур комплексов.

Примеры задач структурной биоинформатики:

- определение участков белковой молекулы, важных для той или иной функции данного белка;
- сравнительный анализ структур родственных белков, их классификация на основе пространственной структуры;
- анализ структур комплексов двух или нескольких молекул белка, комплексов молекул белка с другими молекулами; предсказание воздействия молекул химических веществ на молекулы белков; предсказание структуры белка с похожей последовательностью.

Компьютерная геномика. В настоящее время определены полные или почти полные последовательности геномов многих организмов. Прочтение какого-либо генома не является самоцелью. На самом деле это является первым шагом для исследования того, как функционирует та или иная клетка. Исследование геномов бактерий проводится для того, чтобы исследовать метаболизм бактерий и, в случае патогенных организмов, найти потенциальные мишени для лекарств. С другой стороны, изучение геномов может позволить найти новые метаболические пути или ферменты, которые будут применены в биотехнологическом производстве (например, витаминов). В течение как минимум полувека сотни лабораторий исследовали кишечную палочку (*E.coli*). Но даже такой весьма изученный организм имеет 25% абсолютно не охарак-

теризованных генов. Значительное число секвенированных геномов принадлежит организмам, о которых вообще нет каких-либо других экспериментальных данных. Компьютерный же анализ позволяет с известной степенью точности охарактеризовать несколько тысяч генов силами небольшой группы примерно за неделю.

Компьютерный анализ геномов состоит из следующих основных элементов:

- Предсказание генов в последовательностях.
- Предварительная аннотация по сходству и другим особенностям белковых последовательностей.
- Сравнительный анализ геномов.
- Исследование регуляции работы генов.



Поиск "пропущенных" генов. Представим себе, что в клетке есть цепочка реакций, преобразующих вещество А в вещество Б, а затем вещество Б в вещество В. При этом ген, ответственный за первую реакцию известен и в клетке присутствует, а для второй реакции гена не нашли. Это и есть пропущенный ген. На самом деле вторая реакция осуществляется и проблема заключается в том, чтобы найти в геноме подходящую кандидатуру.

Исследование транспортеров (генов, обеспечивающих перенос питательных веществ в клетку и выброс вредных веществ из клетки). Сравнительная геномика принесла уже несколько значительных открытий и "закрываний".

В качестве "закрывания" можно привести триклозан, который считался универсальным антибактериальным препаратом. Он входит в состав широко разрекламированного мыла "Safeguard". Его мишенью является белок, закодированный в гене *fabI*. Этот белок катализирует одну из реакций синтеза жирных кислот — необходимого компонента любой клетки. При этом у животных нет аналога этого белка, поэтому такой препарат безопасен для человека. Компьютерный анализ бактериальных геномов показал, что стрептококки не имеют белка *fabI*, а его функцию выполняет совсем другой белок *fabR*, поэтому триклозан не действует на стрептококки. Одним из ярких открытий геномики является открытие принципиально новой системы регуляции — рибопереключателей. Это специфическая структура РНК, которая стабилизируется при непосредственном связывании с низкомолекулярным веществом и блокирует синтез матричной РНК. Предсказание структуры и механизма действия было блестяще подтверждено экспериментально.

Другой класс исследований, проводимых компьютерной геномикой — полногеномный анализ и исследование эволюции. В частности, с помощью массового анализа было обнаружено, что альтернативный сплайсинг в генах человека является скорее правилом, чем исключением. Эволюционный взгляд на проблему позволяет выдвинуть гипотезу о том, что сплайсинг, в частности альтернативный, является эффективным механизмом для эволюции, позволяющем без значительного риска для генома перебирать варианты последовательностей.

Массовый анализ большого количества геномов показал, что, по крайней мере у безъядерных организмов (бактерий и архебактерий), явление горизонтального переноса генов между видами является весь-

ма распространенным явлением — от 10 до 30% генов в этих геномах горизонтально перенесены из других видов.

Применение известных методов анализа для получения новых биологических знаний. Существует широкий спектр методов и инструментов для компьютерного анализа биологических данных. Здесь можно упомянуть и BLAST — наиболее популярный сервис для поиска похожих последовательностей в базах данных, и программы множественного выравнивания аминокислотных последовательностей, и программы предсказания вторичных структур РНК, программы визуализации пространственных структур, программы моделирования динамики пространственных структур и др. Любой компьютерный анализ биологических данных является экспериментом и к нему предъявляются те же требования — четкость постановки и необходимы соответствующие контроли. Значительная часть биоинформатических работ сделана именно с применением уже существующих средств. Для проведения такого рода работ, как правило, нет необходимости уметь программировать. Достаточно только внимательно анализировать результаты работы уже готовых программ. При этом часто биоинформатический анализ предшествует постановке эксперимента.

Разработка новых методов анализа биологических данных. Иногда существующие программы недостаточны для решения поставленных задач. В этом случае приходится разрабатывать новые алгоритмы и программы.

Значительная биологическая информация поступает в различные банки данных. Эти банки содержат первичную, информацию, которая перерабатывается, в том числе с привлечением научной литературы. В результате возникают литературные, курируемые и вторичные банки данных.

Главная цель биоинформатики — способствовать пониманию биологических процессов. Отличие биоинформатики от других подходов состоит в том, что она фокусируется на создании и применении интенсивных вычислительных методов для достижения этой цели. Примеры подобных методов: распознавание образов, алгоритмы машинного обучения и визуализация биологических данных. Основные усилия исследователей направлены на решение задач выравнивания последовательностей, нахождения генов, расшифровки генома, конструирования и разработки лекарств, выравнивания и предсказания структуры белка, экспрессии генов и взаимодействий “белок-белок”, полногеномного поиска ассоциаций и моделирования эволюции.

Профессором Ивашенко А. Т. создана казахстанская школа биоинформатиков, хорошо известная в Республике и за рубежом. Результаты исследований по регуляции клеточного генома разных растительных организмов входят в 1% всемирно важных цитирований.

Биоинформатика сегодня подразумевает создание и совершенствование баз данных, алгоритмов, вычислительных и статистических методов и теории для решения практических и теоретических проблем, возникающих при управлении и анализе биологических данных.

Проверь знания:



1. Охарактеризуйте принципы биоинформатики.
2. Опишите методы работы с базами данных.



1. Объясните цели и методы геномики.
2. Выделите принципы биоинформатики как современной области биологии.



1. Проанализируйте алгоритмы решений, принятых в биоинформатике.
2. Нарисуйте схему этапов анализа структуры белка.



1. Объясните, почему создание новой базы данных — это серьезная и сложная работа.
2. Охарактеризуйте понятие *геномика*.



1. Напишите эссе на 2-3 страницы о развитии биоинформатики в будущем.

§ 53. МЕТОД ЭКСТРАКОРПОРАЛЬНОГО ОПЛОДОТВОРЕНИЯ И ЕГО ЗНАЧЕНИЕ. ЭТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЭКСТРАКОРПОРАЛЬНОГО ОПЛОДОТВОРЕНИЯ

На этом уроке:

- Научитесь объяснять значение метода экстракорпорального оплодотворения;
- познакомитесь с понятием *искусственное оплодотворение*.

Знаете ли вы:

- Понятие зачатие "в пробирке";
- принципы проведения искусственного оплодотворения;
- примеры развития детей из пробирки.

Ключевые понятия:

Эмбрион, яйцеклетка, сперматозоид, оплодотворение, экстракорпоральное оплодотворение (ЭКО)

Экстракорпоральное оплодотворение (ЭКО) впервые в истории человечества было проведено в 1978 г. в Англии.

Основателями экстракорпорального оплодотворения считаются кембриджские исследователи — гинеколог Роберт Эдвардс и эмбриолог Патрик Стептоу. В результате первой операции по экстракорпоральному оплодотворению 25 июля 1978 г. в семье Лесли и Джона Браунов появился долгожданный ребенок — дочь Луиза.

Луиза Браун стала первым "ребенком из пробирки", как впоследствии

стали называть детей, рожденных с помощью этого метода.

Эксперименты по внематочному зачатию врачи начали проводить на животных значительно раньше. Исследования на мышах, начатые в 1955 г., позволили изучить механизм оплодотворения, определить оптимальное время для оплодотворения яйцеклеток в лабораторных условиях. Появилась возможность выявлять наследственные аномалии в эмбрионах до имплантации в матку.

Полученные результаты позволили со временем применить данную методику к человеку. Этому способствовал прогресс в медицине и в смежных с ней науках, например в биологии, а также изобретение современного медицинского оборудования.

Роберт Эдвардс, работающий в Кембриджском университете, начал исследования в сфере искусственного оплодотворения в 1960 г. В 1968 г. он добился оплодотворения человеческой яйцеклетки в лабораторных условиях.

Изучение оптимальных условий извлечения, искусственного оплодотворения и последующего переноса эмбрионов в матку заняли 10 лет. Первая попытка использовать ЭКО в лечении бесплодия была предпринята в 1975 г. и закончилась неудачей: беременность оказалась внематочной.

Благодаря открытию Роберта Эдвардса, в мире родилось более миллиона “детей из пробирки”. В 2001 г. Эдвардс был удостоен самой престижной американской премии в сфере медицины — Ласкеровской премии.

Методика ЭКО и ПЭ (перенос эмбрионов) технически достаточно сложна и состоит из следующих четырех этапов:

1. Стимулирование созревания яйцеклеток обеспечивается различными гормональными препаратами. По мере роста яйцеклеток производится анализ крови для определения гормональной реакции развивающегося фолликула и ультразвуковой контроль за ростом фолликулов в яичниках.

2. Изъятие ооцитов (яйцеклеток). Эта операция осуществляется либо с помощью лапароскопического метода, либо с помощью аспирационной иглы под ультразвуковым контролем. Лапароскопия проводится под наркозом, путем разреза ниже пупка. Введение аспирационной иглы осуществляется под местной анестезией.

3. Оплодотворение яйцеклеток в культуре. Изъятые яйцеклетки помещают в специальную жидкую среду, затем добавляют сперматозоиды. Время первого обследования половых клеток — через 18 часов после введения сперматозоидов.

4. Введение эмбриона в матку. Через 1—3 дня через катетер эмбрион доставляют в полость матки. Неудачная попытка воспроизводится

через 3-4 месяца до четырех раз. Далее целесообразность пользования методом ЭКО и ПЭ, для данного случая, ставится под сомнение.

Для того, чтобы сделать ЭКО, оба супруга проходят всестороннее обследование. Делают анализы: крови на РВ, ВИЧ, гепатиты В С, мазки на инфекции, спермограмма мужа. Выясняется причина, из-за которой женщина не может забеременеть, что касается будущего отца, то проводятся исследования на способность его к зачатию.

Для начала женщине проводят стимуляцию яичников — с целью получения сразу нескольких зрелых яйцеклеток в течение одного менструального цикла. Это повышает вероятность наступления беременности. Зрелые яйцеклетки извлекаются при помощи пункции. Такую процедуру необходимо производить амбулаторно: сперматозоиды отмываются от семенной плазмы, потому что именно в ней содержится фактор, делающий сперматозоиды не способными к оплодотворению. Затем сперматозоиды соединяют с яйцеклетками, происходит оплодотворение, после чего клетки начинают делиться — развивается эмбрион.

Через 2-3 дня эмбрион состоит уже из 4—8 клеток и может быть перенесен в матку. Обычно, переносят одновременно 3-4 эмбриона. “приживается” 1-2. Если жизнеспособными оказываются все перенесенные в матку зародыши, развивается многоплодная беременность. То, что оплодотворение произошло, подтверждается ультразвуковым исследованием.

При зачатии “в пробирке” можно повлиять на здоровье будущего ребенка, контролировать пол плода и исключить некоторые генетические (наследственные) заболевания. Врачи обследуют эмбрион до того, как перенести его в матку. Эмбрионы, несущие ген наследственного заболевания, например, болезни Дауна, “отбраковываются”. После того как зародыш прижился и начал развиваться, женщина должна наблюдаться в обычной районной женской консультации. Роды при искусственном оплодотворении, лактация и развитие ребенка ничем не отличаются от этих же процессов при традиционном зачатии.

За последние 30 лет бурное развитие медицинских технологий дополнило первоначальную методику ЭКО новыми, более безопасными и эффективными методами изъятия, консервации, оплодотворения яйцеклеток и имплантации эмбрионов. Сейчас техника ЭКО позволяет решить проблему бесплодия не только у женщин, но и у мужчин: для искусственного оплодотворения методом интродитоплазматической инъекции (ИКСИ) достаточно одного полноценного сперматозоида. Замороженные яйцеклетки могут безопасно храниться на протяжении десятков лет, что дает возможность женщине выбрать оптимальное время для беременности. Криоконсервация яйцеклеток дает надежду на материнство пациенткам, пережившим онкологические заболевания.

Рождением первого казахстанского ребенка “из пробирки” 31 июля 1996 года, авторам которого является основательница медицинского центра по лечению бесплодия “Экомед” в Казахстане, эмбриолог Салтанат Байкошкарлова была открыта новая страница в области лечения бесплодия в стране. Опыт более 24 лет позволяет успешно использовать эту технологию, давшую жизнь более 16 тысяч детей, рожденных с помощью этого метода.



Рис. 10.3. Эмбриолог Салтанат Байкошкарлова и гинеколог Татьяна Рубашина (Копылова), открывшие новую страницу в области лечения бесплодия в стране

Проверь знания:



Почему при процедуре ЭКО женщины принимают много гормонов? Опишите этапы ЭКО.



Объясните, как получают яйцеклетку для процедуры ЭКО. Почему необходимы доноры спермы?



Выделите признаки различия искусственного осеменения спермой донора от метода экстракорпорального оплодотворения и переноса эмбриона в полость матки. Нарисуйте схему метода экстракорпорального оплодотворения.



1. Объясните, почему применение методов ЭКО поднимает ряд этических проблем и как их решают, приведите примеры.
2. Охарактеризуйте понятие *искусственное оплодотворение*.



1. Где происходит развивается человеческого эмбриона?
2. Какие этические проблемы возникают в ЭКО?
3. Почему этика имеет значение в биомедицине?
4. Проведите групповое обсуждение этических аспектов ЭКО, рассмотрите плюсы и минусы.

§ 54. ЗНАЧЕНИЕ МОНОКЛОНАЛЬНЫХ АНТИТЕЛ

На этом уроке:

- Изучите принципы получения гибридом;
- познакомитесь с понятиями *моноклональные антитела* и *гибридомы*.

Знаете ли вы:

- Механизм взаимодействия антиген-антитело;
- принципы получения антител в живых организмах;
- примеры получения гибридом.

Ключевые понятия:

Антитело, антиген, гибридомы, моноклональные антитела

Моноклональные антитела, которые можно выработать против практически любого природного антигена, широко используются как в молекулярной биологии и биохимии, так и в медицине.

Целое поколение лекарств, направленных на терапию и лечение тяжелых заболеваний (таких как рак), основано на моноклональных антителах. Человек все более уверенно пытается использовать в свое благо замечательное изобретение природы — приобретенный иммунитет.

Антитела давно и широко используются для нейтрализации бактериальных токсинов, змеиных ядов (кобры, гадюки), вирусов, попавших в кровь, и для идентификации индивидуальных белков, находящихся в клетке. Однако иногда требуются не многокомпонентные смеси антител, возникающие в крови в ответ на введение антигена, а отдельные, элементарные составляющие этой смеси, направленные лишь к одной детерминанте антигена и имеющие одни и те же характеристики. Такие антитела бывают нужны как для изучения их собственной природы, так и для практического использования, например для доставки в опухоли токсических веществ.

Производство моноклональных антител. В организме в процессе созревания антителообразующих клеток (АОК) образуется большое количество генетически однородных семейств клеток — *клонов*, каждый из которых специализируется на синтезе только одного варианта антител. В этом причина большого разнообразия антител, индуцируемых даже одним антигеном. Таких клонов намного больше, чем антител для распознавания любого, случайно взятого антигена. Антиген, попадая в организм, стимулирует размножение тех клонов, которые продуцируют антитела к его детерминантам.

Путь решения проблемы на возможность получения моноклональных антител указали злокачественные опухоли. Уже давно известны опухоли у человека — плазмоцитомы, вырабатывающие и секретирующие в кровь иммуноглобулины, по структуре своей неотличимые от антител. Причем, каждое такое “антитело” слегка отличалось от другого, вырабатываемого другой плазмоцитомой. Образовывалась коллекция случайных антител к неизвестным антигенам. Когда накопились сотни таких “антител” и они были испытаны с сотнями наугад взятых антигенов, оказалось, что в этой коллекции обнаружилось специфически реагирующие пары “антиген-антитело”.

Есть несколько причин и все они коренятся в самой природе опухолевой клетки. Она всегда сохраняет свойства и функции клетки, из которой произошла. Плазмоцитома происходит из “юных” плазматиче-

ских клеток, которые синтезируют антитела. Это свойство сохраняется в опухолях, возникших из соответствующих клеток. Очень важной особенностью опухолей является их возникновение из одной генетически измененной (мутантной) клетки, поэтому опухоль возникает и развивается как клон.

Нормальные плазматические клетки смертны, их срок жизни — несколько дней, опухоль, бессмертна. Ее можно культивировать в пробирке или пересаживать от одного животного другому неограниченное число раз. В отличие от нормальной ткани опухоль автономна; организм “хозяина” неспособен остановить неограниченный рост злокачественного опухолевого клона. Плазмоцитомы возникают не только непредсказуемо: их можно довольно легко индуцировать у мышей и крыс и получить неограниченно растущий, перевиваемый клон клеток, продуцирующих иммуноглобулины, иногда обладающие специфичностью моноклональных антител.

Гибридо́мы. Методы гибридизации соматических клеток были хорошо известны и широко применялись для разных целей. Для этого использовали вирус, способствующий слиянию клеток. Разнородные клетки, у которых слились оболочки, образовывали двуядерные гибриды, которые сохраняли способность к клеточным делениям. В процессе клеточного деления хромосомы обоих ядер перемешивались и образовывали общее ядро. Таким образом, возникал истинный гибрид, потомок двух соматических клеток, или *гибридом*. Гибридому можно получить и между нормальной АОК и опухолевой, плазмоцитомной клеткой. Плазмоцитомы была взята потому, что она больше всего соответствовала АОК по типу дифференцировки: весь ее синтетический аппарат был настроен на синтез иммуноглобулинов. Проблема заключалась в том, как отделить заданную гибридому от присутствующих в системе отдельных неслившихся клеток и от гибридов иного состава или иной специфичности, чем требуемые.



Для достижения этой цели авторы разработали специальную схему, использующую отбор клеток в селектирующей среде. Прежде всего был получен особый мутант мышинной плазмоцитомы, рост которого можно было контролировать составом питательной среды. Для получения мутанта использовали особенности синтеза нуклеиновых кислот (ДНК и РНК), имеющих во всех клетках и необходимых для их существования. Известно, что имеются два пути синтеза предшественников нуклеиновых кислот: основной и резервный. Основной — это путь новообразования нуклеотидов (звеньев, входящих в состав нуклеиновых кислот). Этот путь включает несколько этапов и блокируется противоопухолевым препаратом аминоптерином (А). Однако клетки не гибнут от этого препарата, поскольку обладают резервным путем — способностью синтезировать нуклеотиды и нуклеиновые кислоты, реутилизируя продукты распада ранее синтезированных нуклеиновых кислот: гипоксантина (Г) и тимидина (Т). Добавление Г и Т в питательную среду, содержащую А, снимает токсический эффект последнего.

Для селекции гибридом надо было получить мутант плазмоцитомы, не способный пользоваться резервным путем и, следовательно, погибающий в среде, содержащей Г, А и Т (ГАТ-среда). Такой мутант получили путем добавления в среду токсических аналогов Г и Т. Все клетки, способные усваивать Г и Т, включали их токсичные аналоги и погибали. Выживали лишь те редкие мутанты, которые были неспособны усваивать Г и Т, то есть были лишены резервного пути. Из потомства этих клеток дополнительно отбирали еще и такие мутанты, которые утратили способность к синтезу собственных иммуноглобулинов. Теперь все было готово для получения гибридом, то есть гибридов нормальных АОК и плазмоцитомных клеток (рис. 10.4).

Мышей интенсивно иммунизировали определенным материалом — белком, бактериальной клеткой или клеткой животного происхождения. Когда в их крови появлялись антитела, у них брали селезенку и лимфатические узлы (места скопления АОК), и из них готовили взвесь клеток. К ней добавляли в избытке клетки мутантной плазмоцитомы и полиэтиленгликоль (ПЭГ). После короткой инкубации, требующейся для слияния клеток, их отмывали от ПЭГа и помещали в среду, содержащую Г, Т и А (ГАТ-среда). Теперь в системе находились гибриды АОК и АОК, АОК и плазмоцитомы, а также оставшиеся свободными АОК и клетки плазмоцитомы. Из них нужно было отобрать только гибриды АОК и плазмоцитомы. После недолгого (несколько дней) культивирования одиночные АОК, а также гибриды АОК и АОК погибали, так как нормальные клетки смертны и быстро погибают в культуре.

Плазмоцитомные клетки и их гибриды также погибали, так как А блокировал основной путь синтеза предшественников нуклеиновых кислот, а Г и Т их не спасали. Выживали, следовательно, только гибриды АОК и плазматических клеток, так как бессмертие они унаследовали от плазмоцитомы, а резервный путь — от нормальной клетки. Такие гибриды — гибридомы — сохраняли способность синтезировать и секретировать антитела.

Следующий этап после получения гибридом — *клонирование и отбор нужных клонов*. Выжившие в ГАТ клетки рассевали в специальные пластиковые планшеты, содержащие обычно 96 лунок емкостью примерно по 0,2 см³. В каждую лунку помещали в среднем по 10 гибридомных клеток, которые культивировали в присутствии "кормящих" клеток, не имеющих отношения к гибридомам, но способствующих их росту. После нескольких дней культивирования содержимое каждой лунки проверяли на присутствие антител нужной специфичности. Для этого использовали микрометоды выявления антител к соответствующему антигену. Клетки из лунок, содержащих нужные антитела, клонировали (т. е. повторно рассевали по таким же лункам, но из расчета 1 клетка на лунку), вновь культивировали и проверяли на присутствие нужных антител. Процедуру повторяли 1–2 раза. Таким образом, отбирали клоны, продуцирующие антитела только одной нужной специфичности, т. е. *моноклональные антитела*. Полученные клоны можно заморозить при –70 °С и хранить до того, пока они не потребуются. Их можно культивировать и накапливать антитела в культуральной среде, а можно привить мышам (так как гибридомы — это опухолевые клетки), где они будут расти и накапливать колоссальные количества моноклональных антител. От одной мышки можно получить антител не меньше, чем от кролика. Эти антитела не содержат посторонних антител и настолько однородны физико-химически, что могут рассматриваться как чистые химические реактивы.

Моноклональные антитела из-за высочайшей специфичности, стандартности и технологичности получения успешно вытесняют и заменяют иммунные сыворотки.

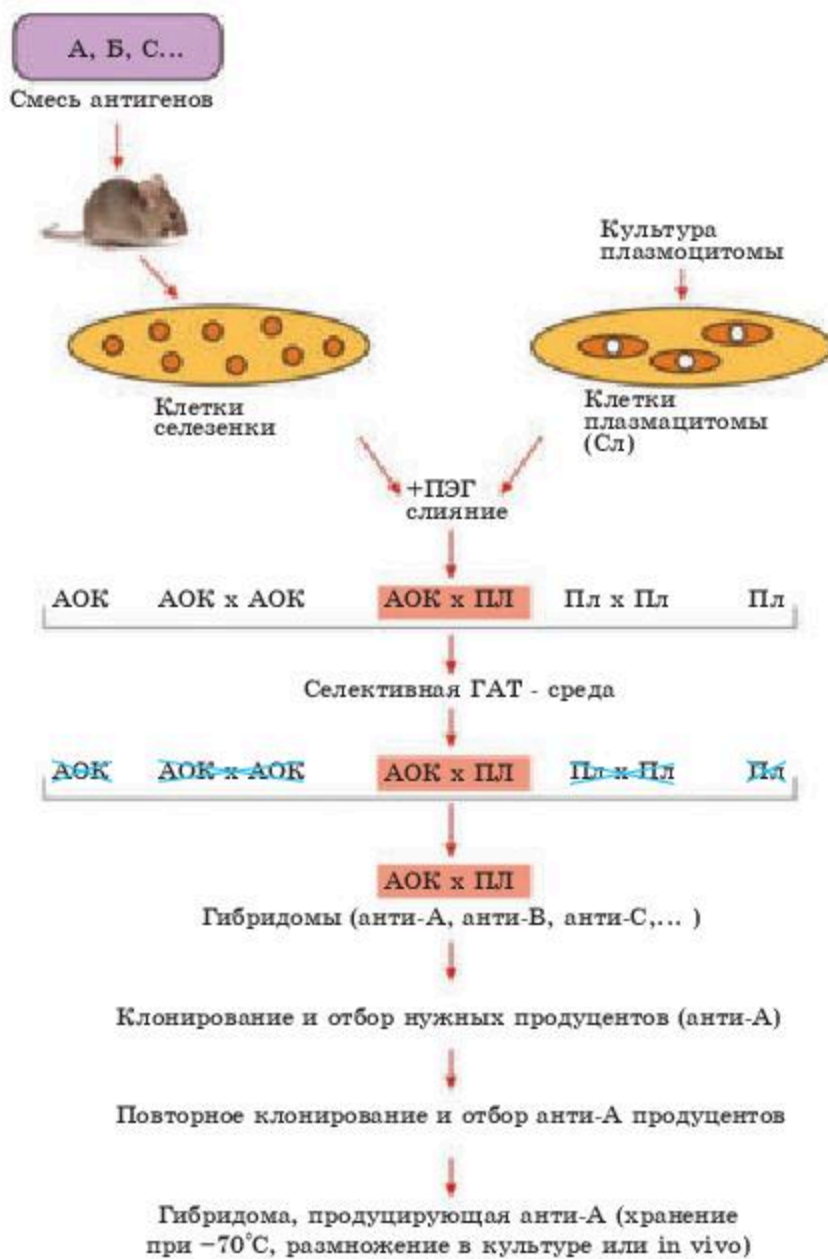


Рис. 10.4. Схема получения гибридом. Условные обозначения:

- А, В, С — многокомпонентная смесь антигенов, использованная для иммунизации;
 АОК — антителообразующие клетки селезенки; Пл — клетки плазмцитомы, не растущие в селективной ГАТ-среде; ПЭГ — полиэтиленгликоль;
 ГАТ — среда, содержащая гипоксантин, аминоптерин, тимидин; анти-А, анти-В, анти-С — моноклональные антитела соответственно к А-, В-, С-антигенам

Далее гибридомы создают уникальные возможности в аналитических целях: их можно применять как “иммунологический микроскоп” с чрезвычайно высоким разрешением. Так, например, если нужно сравнить две клеточные линии, отличающиеся одним или немногими антигенами, и надо выявить такие антигены, то метод гибридом предоставляет для этого исключительные возможности. Пройммунизировав мышей одной

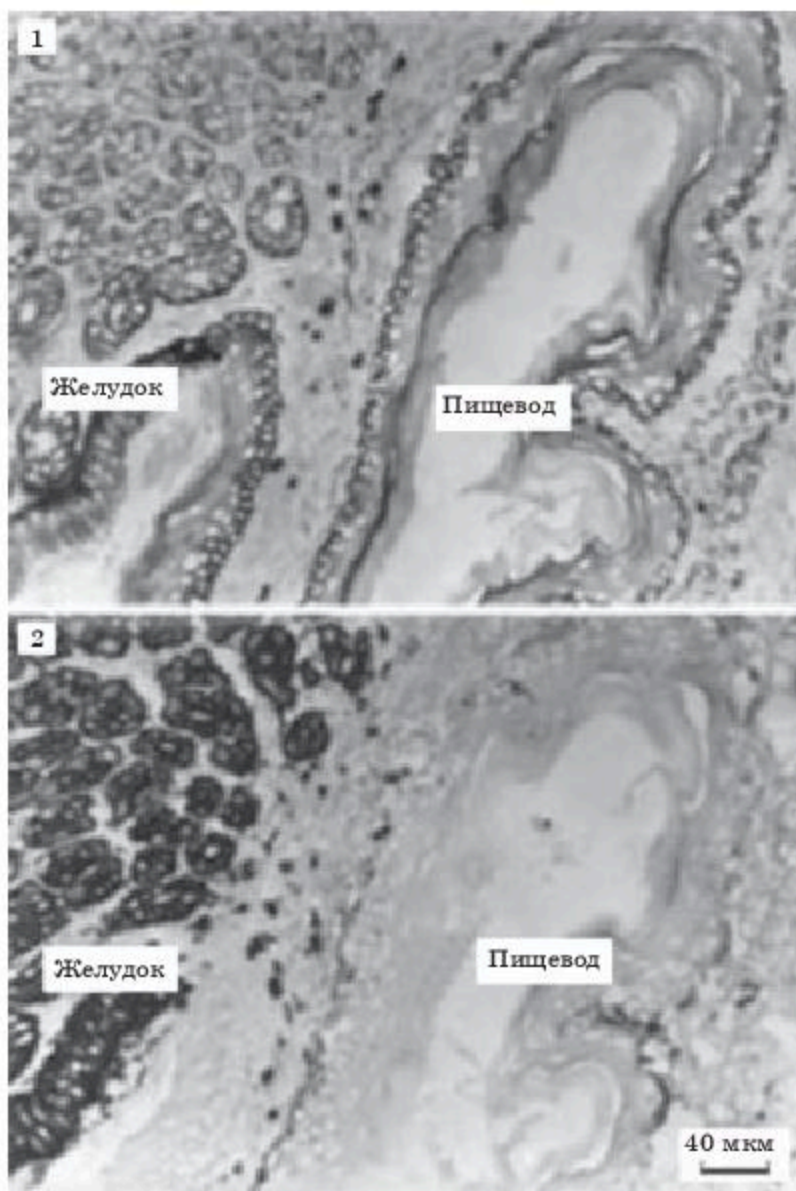


Рис. 10.6. Последовательные срезы через желудок и пищевод мыши, окрашенные двумя моноклональными антителами:

- 1 — первое моноклональное антитело реагирует с эпителием пищевода и слабее с эпителием желудка; 2 — второе моноклональное антитело реагирует только с эпителием желудка

из линий и получив сотни гибридом, продуцирующих антитела к антигенам этой линии, можно найти одну или две с антителами только к данной линии (рис. 10.6). Размножив такую гибридому в пробирке или вырастив ее на мышах, можно получить огромное количество антител к уникальному антигену (или детерминантной группе), затерянному среди других компонентов клетки. Это будет продукт одного клона.

Гибридомы сыграли и продолжают играть огромную роль в фундаментальной и прикладной иммунологии. Они созданы на основе *клонально-селекционной теории иммунитета* и явились самым ярким и окончательным доказательством этой теории. Гибридомы сделали реальностью предполагаемые клоны антителообразующих клеток и позволили даже обнаружить их существование в организме до введения соответствующего антигена. Гибридомы революционизировали иммунологическую промышленность и создали в ней совершенно новые области. Благодаря гибридомам возникли новые методы диагностики многих заболеваний и открылись новые пути для изучения злокачественных опухолей. И хотя гибридомы скорее относятся к гениальным изобретениям, а не к открытиям, они были отмечены в 1984 году Нобелевской премией “за открытие и разработку принципов выработки моноклональных антител с помощью гибридом”. И первые гибридомы в нашей стране, полученные в 1979—1980 годах, были созданы на основе клеток, ведущих происхождение из лаборатории этих авторов.

Проверь знания:



1. Охарактеризуйте принципы получения гибридом.
2. Опишите области применения гибридом в науке и медицине.
3. Какое значение имеет использование гибридом в современной онкологии?
4. Опишите этапы получения гибридом.
5. Охарактеризуйте этапы клонирования и отбора гибридом, приведите примеры.
6. Дайте определение *моноклональные антитела*.
7. Объясните, что означает селекция плазмоцитом.



1. Объясните клонально-селекционную теорию иммунитета.
2. Выделите и охарактеризуйте этапы получения гибридом.



1. Проанализируйте возможности применения гибридом для иммунологического анализа.
2. Нарисуйте схему получения гибридом.



1. Объясните механизм применения гибридом в онкологии.
2. Охарактеризуйте понятие *имуноспецифичность*.



1. Сделайте презентацию на тему “Использование моноклональных тел в медицине”.

§ 55. ПРОИЗВОДСТВО МОНОКЛОНАЛЬНЫХ АНТИТЕЛ

На этом уроке:

- Изучите принципы получения искусственных и моноклональных антител;
- Познакомитесь с понятием *моноклональное антитело*.

Знаете ли вы:

- Понятие *антитела в медицине*.
- принципы получения синтетических моноклональных антител.
- примеры успешного применения фаг-дисплейных библиотек.

Ключевые понятия:

Моноклональные антитела, иммунизация, аффинность, иммунопреципитации белков, фаг-дисплейная библиотека

В 1975 г., когда Келер и Мильштейн опубликовали статью о методе получения гибридом и предположили, что этот метод может быть использован в медицине и промышленности, мало кто верил в возможность практического применения моноклональных антител. В наши дни моноклональные антитела стали одним из необходимых реагентов в биологической лаборатории.

Описанный выше метод гибридом позволил получать неограниченное количество моноклональных антител, специфичных к одной детерминантной группе. Их широкое применение в медицине и иммунологии поставило новые задачи:

1. Мышинные антитела плохо подходят для использования в клинической практике — они вызывают иммунный ответ в организме человека. Стремление создать полностью человеческие антитела для клинической практики стало стимулом для разработки новых технологий.

2. *Иммунизация* — необходимое условие для получения гибридомы. Каждая гибридома производит антитело только к одной детерминанте, но не всегда можно выбрать антитела с необходимой специфичностью к нужному белку даже из большого количества гибридом. Получить такие антитела при помощи метода гибридом очень трудно, потому что при иммунизации антитела могут вырабатываться к антигенным детерминантам, которые одинаковы у двух белков, так как они расположены на поверхности и более доступны для связывания антител.

Благодаря развитию нескольких научных направлений. Появился прогресс в понимании структуры и функции антител. Во время дифференцирования В-лимфоцитов (в процессе соматической генетической рекомбинации) нуклеотидная последовательность гена, кодирующего

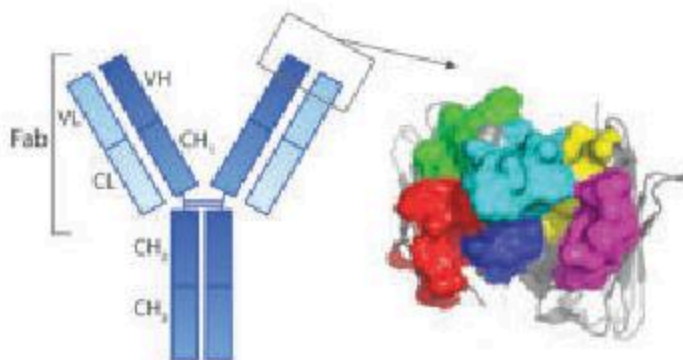


Рис. 10.7. Строение антител. Каждое антитело состоит из двух тяжелых (Heavy) и двух легких (Light) цепей. Тяжелые цепи образованы переменным доменом (Variable Heavy) и тремя константными доменами (CH₁, CH₂, CH₃). Легкие цепи содержат один переменный (Variable Light) и один константный (Constant Light) домен. Соединенные дисульфидной связью, они составляют Fab-фрагмент

переменный домен В-клеточного рецептора, собирается из нескольких сегментов (рис. 10.7). Эта последовательность уникальна у каждой В-клетки, как и рецепторы на ее поверхности. Когда В-клетка узнает свой антиген, она активируется и начинает производить антитела. Рецепторы других клеток проходят процесс созревания, в результате которого специфичность рецептора и антител, повышается.

Большинство мутаций приводит к тому, что В-клетка перестает узнавать антиген и погибает. Редкие мутации повышают чувствительность рецептора к антигену, и В-клетки, несущие такие рецепторы, выживают, размножаются и производят антитела.

Развитие методов генной инженерии привело к появлению новых возможностей: переменные и константные участки генов, кодирующих антитела, можно комбинировать в пробирке, вносить в них мутации, отбирать необходимые варианты и экспрессировать в бактериях. Так можно получать антитела с нужными свойствами, не иммунизируя мышей.

Кристаллографические структуры комплексов антиген—антитело позволили понять принципы организации, стоящие за кажущимся бесконечным разнообразием природных антител.

Пример успешного применения фаг-дисплейных библиотек — создание моноклональных антител, специфичных к различным конформациям белка *убиквитина*. В клетке встречаются полимеры убиквитина, связанные через боковые цепи разных остатков лизина.

Полученные антитела могут быть использованы для иммунопреципитации белков, модифицированных различными полимерами убиквитина, из клеточных лизатов, или для иммунофлуоресцентно-

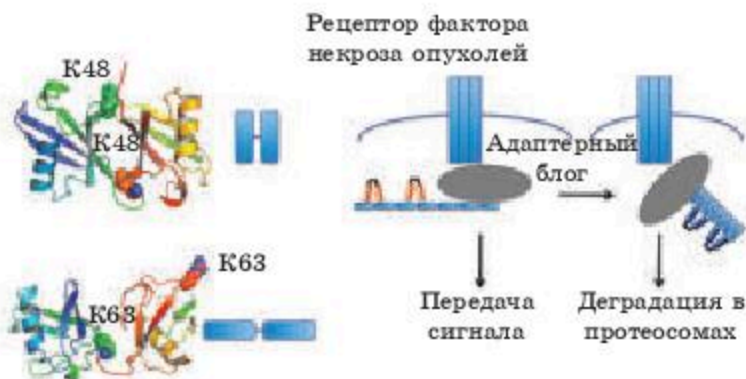


Рис. 10.8. Роль K63- и K48-связанных полимеров убиквитина в передаче сигнала от рецептора фактора некроза опухолей. Слева: K48- (вверху) и K63-связанный убиквитин (внизу) и их условные обозначения. Справа: белок киназа связывается с активированным рецептором, модификация K63-убиквитином важна для образования сигнальной платформы (5 мин). Через 10 мин деубиквитиназа A20 заменяет K63-связанные полимеры убиквитина на K48-связанные полимеры, что приводит к деградации сигнального комплекса. Антитела, узнающие две конформации убиквитина, показаны разными цветами.

го окрашивания клеток, что позволяет получить информацию о пространственной организации модифицированных белков. С их помощью исследователям удалось проследить за быстрыми изменениями модификаций адаптерных белков в сигнальном каскаде, инициированном рецептором фактора некроза опухолей на поверхности клетки. Через 5 мин после связывания фактора неарозаопухоли со своим рецептором, киназа, модифицированная K63-связанными полимерами убиквитина, связывается с рецептором. K63-полимеры убиквитина необходимы для взаимодействия с другими белками и передачи сигнала. Уже через 10 мин деубиквитиназа A20 начинает заменять K63- на K48-полимеры убиквитина, что приводит к деградации сигнального комплекса и прекращению сигнала (рис. 10.8). Такая же замена убиквитина происходит и во время передачи сигнала от других рецепторов. Время передачи сигнала варьирует в зависимости от рецептора.

Приведенный пример показывает, что развитие современных методов производства моноклональных антител превратило их в чрезвычайно точный научный инструмент, с помощью которого будет сделано еще немало интересных открытий.

Проверь знания:



1. Охарактеризуйте принципы иммунного ответа организма.
2. Опишите принцип специфичности в иммунологии.
3. Какая часть антитела называется эпитопом?
4. Какой фрагмент антитела взаимодействует с эпитетом?



1. Объясните, какие структурные особенности антител обеспечивают их специфичность.
2. Опишите взаимодействие эпитопа с паратопом.
3. Охарактеризуйте получение фаг-дисплейной библиотеки.



1. Проанализируйте механизм получения искусственных моноклональных антител.
2. Нарисуйте схему формирования иммунного ответа организма.
3. Почему существует небольшая перспектива использования мышиных антител в клинике?
4. Какова роль бактериофагов в производстве искусственных антител?



1. Объясните, почему можно создавать фаг-дисплейные библиотеки.
2. Охарактеризуйте понятие *иммунизация с позиции общей теории специфичности иммунитета*.
3. Объясните почему получение современных моноклональных антител является очень точным научным инструментом. Приведите примеры.



1. Опишите области применения синтетических моноклональных антител.
2. Опишите область применения искусственных моноклональных антител.

§ 56. ДИАГНОСТИКА И ЛЕЧЕНИЕ ЗАБОЛЕВАНИЙ С ПОМОЩЬЮ МОНОКЛОНАЛЬНЫХ АНТИТЕЛ

На этом уроке:

- Изучите принципы диагностики и заболеваний с помощью моноклональных антител;
- познакомитесь с лечением заболеваний с помощью моноклональных антител;
- узнаете о методе определения злокачественных опухолей.

Знаете ли вы:

- Понятие *моноклональные антитела*;
- область применения моноклональных антител;
- примеры диагностики заболеваний.

Ключевые понятия:

Моноклональные антитела, болезнь, диагностика, гетероиммунные антитела, специфичность

Иммуноферментный анализ, возникший более 15 лет назад на пересечении иммунохимии и инженерной энзимологии, стал в настоящее время одним из распространенных методов исследования. Явные преимущества нового метода, к которым относится простота выполнения, доступность и стабильность реагентов, экспрессность и возможность автоматизации для проведения массовых анализов, обеспечили его прочное положение в клинической биохимии, при диагностике заболеваний растений и животных, в научных исследованиях. Благодаря успехам биотехнологии иммуноферментный анализ далее интенсивно

развивался, поскольку с помощью генной инженерии были получены в высокоочищенном виде малодоступные антигены, а также ферменты-маркеры и их конъюгаты с антигенами, а с помощью клеточной инженерии — моноклональные антитела с заданной специфичностью и аффинностью. Новые направления развития иммуноферментного анализа связаны с использованием различных методов регуляции ферментативной активности при детектировании комплексов антиген-антитело.

Другой пример использования моноклональных антител — набор для диагностики стрептококковых инфекций горла. С помощью такого набора участковые врачи могут быстро диагностировать заболевание и назначить лечение.

Большое значение в связи с интенсификацией животноводства отводится профилактике инфекционных заболеваний животных с применением рекомбинантных живых вакцин и генно-инженерных вакцин-антигенов, ранней диагностики этих заболеваний с помощью моноклональных антител и ДНК/РНК-проб.

Моноклональные антитела находят очень широкое применение, в том числе для диагностики и терапии различных заболеваний человека. Например, антитела противоопухолевых антигенов, сшитые с токсинами (иммунотоксины), могут быть применены для селективного убивания опухолевых клеток в организме человека. Такие антитела несложно получить, используя для иммунизации мышей или крыс и последующее конструирование гибридом. Однако употребление этих антител очень ограничено, так как при их введении в организм человека возникают реакции на гетерологичный белок. Поэтому крайне желательно получать моноклональные антитела человека.

Особенно эффективно применение моноклональных антител в онкологии. Для диагностики опухолевых заболеваний необходимо получение гибридомных клонов, взаимодействующих только с раковыми клетками. Была разработана такая гибридомная техника, в результате чего оказалась возможной диагностика рака толстой кишки, щитовидной железы, нейробластом, лейкозов и других опухолей. Радиоиммунная диагностика на основе моноклональных антител дала возможность выявить опухоль передней доли гипофиза на ранних стадиях развития патологического процесса.

Диагностика болезней. Одной из самых распространенных болезней, передаваемых половым путем, является хламидиоз. Возбудитель болезни — небольшая грамотрицательная бактерия хламидии — необычна тем, что является внутриклеточным паразитом. Симптомы заражения очень слабо выражены, поэтому иногда его трудно отличить от гонореи, другого распространенного заболевания, передающегося половым пу-

тем. Обе инфекции могут вызывать у женщин воспалительный процесс в области таза. Болезнь выражается в болях и дискомфорте и может привести к бесплодию. Пока не было моноклональных антител, диагностировать хламидиоз было очень трудно. С использованием моноклональных антител диагностика этих болезней стала более быстрой и надежной.

В медицине моноклональные антитела применяют прежде всего для диагностики различных заболеваний. Такие бактериальные заболевания, как кокковые, паразитарные инфекции, малярия, а также грибки хламидии, при помощи моноклональных антител диагностируются гораздо точнее, чем другими, традиционными методами.

В вирусологии использование моноклональных антител дало возможность разработать условия антигенного анализа вирусов гораздо более информативного, чем при использовании поликлональных антител. Этот метод позволил получить уникальную информацию об антигенных детерминантах ДНК- и РНК-содержащих вирусы и их изменчивости. В частности, были идентифицированы антигенные детерминанты вирусов гриппа, полиомиелита, гепатита А и др.

Примером современного метода использования моноклональных антител для гистопатологической диагностики заболеваний человека может быть анализ биоптатов (образцов ткани) лимфатических узлов как способ определения типа опухолей лимфатической системы (например, болезни Ходжкина, различных лимфом и др.).

Один из волнующих аспектов диагностики с помощью моноклональных антител — это исследования, проводимые с целью выявления злокачественных заболеваний на более ранних стадиях. Лейкозы и лимфомы обусловлены злокачественным поражением лимфоцитов и часто их трудно отличить друг от друга (рис. 10.9).

В настоящее время появилась возможность ранней и точной диагностики обоих заболеваний, позволяющие ставить точный диагноз болезней. Список поверхностных клеточных антигенов, идентифицированных с помощью моноклональных антител, быстро растет. Создание антигенной карты клеточной поверхности в сочетании с коллекцией моноклональных антител имело бы огромное значение не только для диагностики, но и для лечения многих злокачественных заболеваний.

В качестве первоочередной задачи перед биотехнологией стоит создание и освоение производства лекарственных препаратов для медицины интерферонов, инсулинов, гормонов, антибиотиков, вакцин, моноклональных антител и других, позволяющих осуществлять раннюю диагностику и лечение сердечно-сосудистых, злокачественных, наследственных, инфекционных, в том числе вирусных заболеваний.

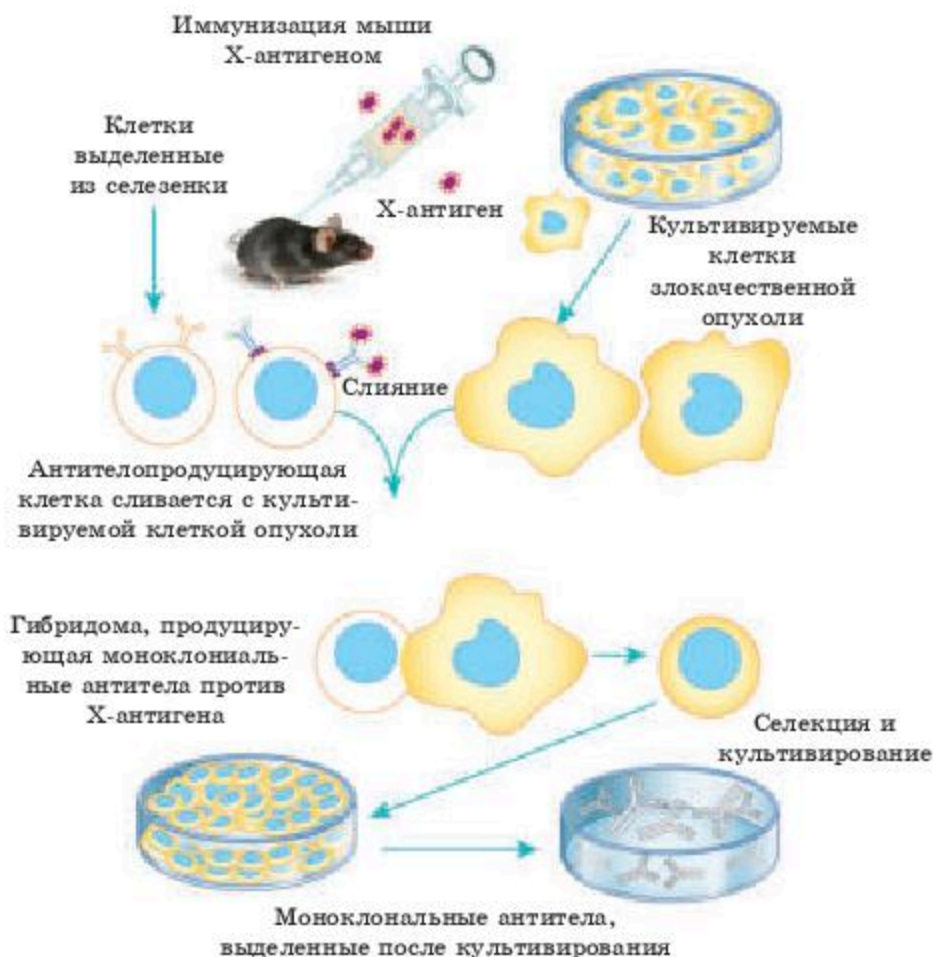


Рис. 10.9. Получение моноклональных антител

Биологические технологии позволили совершить прорыв в сферу иммунной диагностики. Современная иммунная диагностика (например, иммунофлуоресцентный анализ и др.) характеризуется простотой, высокой специфичностью и универсальностью. Отдельные диагностики позволяют прогнозировать развитие патологий задолго до субъективных проявлений. Моноклональные антитела, полученные путем генной инженерии, позволяют диагностировать беременность, выявлять предрасположенность к диабету, раку, ревматоидному артриту, идентифицировать наследственные заболевания.

Имея одинаковую структуру, идиотип и специфичность, моноклональные антитела могут найти широкое применение в идентификации различных видов микроорганизмов, субпопуляций лимфоцитов, определении совместимости групп крови, диагностике опухолей, серотера-

пии инфекционных заболеваний, новообразований и во многих других областях биологии и медицины.

Побочные реакции при применении моноклональных антител. Большинство препаратов на основе моноклональных антител пациенты переносят хорошо. При использовании химерных возможна выработка антител к ним и развитие анафилактических реакций. Препараты, подавляющие функции и уменьшающие количество различных субпопуляций иммунокомпетентных клеток, могут вызвать снижение противоинфекционной резистентности и/или обострение хронических инфекций. Для предотвращения этих осложнений необходимо тщательное наблюдение за пациентами, получающими лечение препаратами на основе моноклональных антител, и своевременное назначение адекватной сопроводительной терапии. Те же меры предосторожности необходимо предпринимать для уменьшения риска и тяжести течения токсических реакций, описанных при применении моноклональных антител для лечения онкологических заболеваний (например, препаратов, подавляющих ангиогенез).

Проверь знания:



1. Охарактеризуйте области применения моноклональных антител.
2. Опишите последовательность этапов при диагностике заболеваний.



1. Объясните преимущества применения ферментов в медицине.
2. Выделите особенности применения моноклональных тел для диагностики заболеваний.



1. Проанализируйте механизм лечения аутоиммунных заболеваний при помощи моноклональных тел.
2. Нарисуйте схему диагностики аутоиммунных заболеваний.



1. Объясните, почему важно использовать моноклональные антитела.
2. Охарактеризуйте понятие *иммунотерапия*.



- Диагностика моноклональные, антитела, заболевания, лечение — сделайте синквейн.



Вопросы

Вопросы по главе 10 "Биомедицина и биоинформатика"

1. Дайте характеристику спектру электромагнитных волн. Что такое *видимый свет*?
2. Объясните, что такое *шум* и что такое *звуковые волны*. В каком диапазоне звуков слышит человек?
3. Охарактеризуйте влияние СВЧ диапазона на организм человека.
4. Объясните, когда и для чего используют рентгеновское облучение человека в медицинских целях?
5. Охарактеризуйте влияние электромагнитных волн на организм человека.
6. Что такое *ультразвуковое обследование организма человека* и что оно позволяет увидеть?
7. Раскройте смысл понятия "*эпигенетика*".
8. Охарактеризуйте молекулярные основы эпигенетики.
9. Объясните, в чем различия между эпигенетикой и эпигеномикой.
10. Опишите метилирование ДНК.
11. Охарактеризуйте цели биоинформатики.
12. Приведите примеры последних достижений и открытий биоинформатики.
13. Объясните сущность метода экстракорпорального оплодотворения.
14. В чем смысл этических вопросов метода ЭКО? Как вы думаете, используется ли этот метод в Казахстане?
15. Охарактеризуйте моноклональные антитела и опишите их свойства.
16. Объясните, для чего необходимо производство моноклональных антител.
17. Что означает термин *диагностикум*? Для чего его используют?
18. Какие заболевания определяют с помощью моноклональных антител?
19. Какие заболевания лечат с помощью моноклональных антител?

БИОСФЕРА. ЭКОСИСТЕМА. ПОПУЛЯЦИЯ

11

§ 57. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПИРАМИДЫ

На этом уроке:

- Изучите типы экологических пирамид;
- научитесь объяснять правила экологической пирамиды;
- познакомитесь с понятием *продуктивность экосистемы*.

Знаете ли вы:

- По какому принципу строятся экологические пирамиды;
- какие виды являются продуцентами;
- почему консументы всегда меньше биомассы продуцентов.

Ключевые понятия:

Экологические пирамиды, пирамида энергии, пирамида биомассы, пирамида численности.

Экологические пирамиды. *Экологические пирамиды* — это графические модели, отражающие число особей (пирамида чисел), количество их биомассы (пирамида биомасс) или заключенной в них энергии (пирамида энергии) на каждом трофическом уровне и указывающие на понижение всех показателей с повышением трофического уровня (рис. 11.1).

Соотношение живого вещества на разных уровнях подчиняется в целом тому же правилу, что и соотношение поступающей энергии: чем выше уровень, тем ниже общая биомасса и численность составляющих ее организмов.

Принцип построения экологических пирамид. Основание пирамиды образуют продуценты (растения). Над ними располагаются консументы первого порядка (травоядные).

Следующий уровень представляют консументы второго порядка (хищники).

И так далее до вершины пирамиды, которую занимают наиболее крупные хищники. Высота пирамиды обычно соответствует длине пищевой цепи (рис. 11.2).

Пирамида биомасс (1) показывает соотношение биомасс организмов разных трофических уровней, изображенных графически таким образом, что длина или площадь прямоугольника, соответствующего определенному трофическому уровню, пропорциональна его биомассе.



Рис. 11.1. Уровни экологической пирамиды

В любой трофической цепи не вся пища используется на рост особи, т.е. на формирование биомассы. Часть ее расходуется на удовлетворение энергетических затрат организмов: дыхание, движение, размножение, поддержание температуры тела и т.д. Следовательно, в каждом последующем звене пищевой цепи происходит уменьшение биомассы.

Правило экологической пирамиды биомассы отражает закономерность, согласно которой в любой экосистеме биомасса каждого следующего звена в 10 раз меньше предыдущего.

Пирамида численности или чисел (2) — отображение числа особей на каждом из трофических уровней данной экосистемы.

Пирамиды чисел отражают только плотность населения организмов на каждом трофическом уровне, но не скорость самовозобновления (оборота) организмов.

Если скорость размножения популяции жертвы высока, то даже при низкой биомассе такая

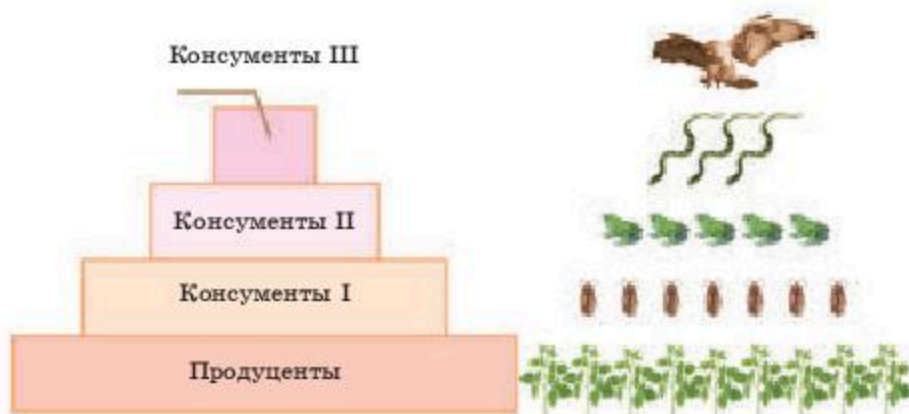


Рис. 11.2. Экологическая пирамида

популяция может быть достаточным источником пищи для хищников, имеющих более высокую биомассу, но низкую скорость размножения.

По этой причине пирамиды численности могут быть перевернутыми, т.е. плотность организмов в данный конкретный момент времени на низком трофическом уровне может быть ниже, чем плотность организмов на высоком уровне.

Например, на одном дереве могут жить и кормиться множество насекомых (рис. 11.3).

Перевернутая пирамида биомасс свойственна морским экосистемам, где первичные продуценты (фитопланктонные водоросли) очень быстро делятся (имеют большой репродуктивный потенциал и быструю смену поколений). В океане за год может смениться до 50 поколений фитопланктона. Потребители фитопланктона гораздо крупнее, но размножаются значительно медленнее. За то время, пока хищные рыбы (а тем более моржи и киты) накопят свою биомассу, сменится множество поколений фитопланктона, суммарная биомасса которых намного больше.

Пирамидами биомасс не учитывается продолжительность существования поколений особей на разных трофических уровнях и скорость образования выедания биомассы.

Таким образом, универсальным способом выражения трофической структуры экосистем являются пирамиды скоростей образования живого вещества, т.е. продуктивности. Их обычно называют *пирамидами энергий*, имея в виду энергетическое выражение продукции.

Обрати внимание!

Из трех типов экологических пирамид пирамида энергии дает наиболее полное представление о функциональной организованности сообществ, так как отражает картину скоростей прохождения массы пищи через пищевую цепь.

Закон пирамиды энергий. В 1942 г. американский эколог Р. Линдемэн сформулировал закон пирамиды энергий (закон 10%), согласно которому с одного трофического уровня на другой через пищевые цепи переходит в среднем около 10% поступившей на предыдущий уровень экологической пирамиды энергии. Остальная часть энергии теряется в виде теплового излучения, на движение и т.д. Организмы в результате процессов обмена теряют в каждом звене пищевой цепи около 90% всей энергии, которая расходуется на поддержание их жизнедеятельности.

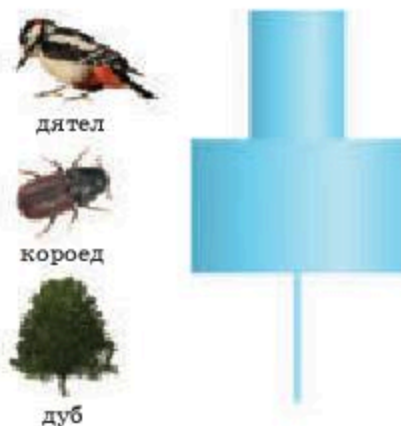


Рис. 11.3. Перевернутая пирамида биомассы



Если заяц съел 10 кг растительной массы, то его собственная масса может увеличиться на 1 кг. Лисица или волк, поедая 1 кг зайчатины, увеличивают свою массу уже только на 100 г. У древесных растений эта доля ниже из-за того, что древесина плохо усваивается организмами. Для трав и морских водорослей эта величина значительно больше, поскольку у них отсутствуют трудноусвояемые ткани. Однако общая закономерность процесса передачи энергии остается: через верхние трофические уровни ее проходит значительно меньше, чем через нижние.

Рассмотрим превращение энергии в экосистеме на примере простой пастбищной трофической цепи, в которой имеется всего три трофических уровня.

1-й уровень — травянистые растения;

2-й уровень — травоядные млекопитающие, например, зайцы;

3-й уровень — хищные млекопитающие, например, лисы.

Питательные вещества создаются в процессе фотосинтеза, растениями, которые из неорганических веществ (вода, углекислый газ, минеральные соли и т.д.) с использованием энергии солнечного света образуют органические вещества и кислород, а также АТФ. Часть электромагнитной энергии солнечного излучения при этом переходит в энергию химических связей синтезируемых органических веществ.

Все органическое вещество, создаваемое в процессе фотосинтеза называется *валовой первичной продукцией* (ВПП). Часть энергии ВПП расходуется на дыхание, в результате чего образуется *чистая первичная продукция* (ЧПП), которая и является тем самым веществом, которое поступает на второй трофический уровень и используется зайцами.

Пусть ВПП составляет 200 условных единиц энергии, а затраты растений на дыхание (R) — 50%, т.е. 100 условных единиц энергии. Тогда чистая первичная продукция будет равна: ЧПП = ВПП — R (100 = 200 — 100). Так, на второй трофический уровень к зайцам поступит 100 условных единиц энергии.

Однако, в силу разных причин зайцы способны потребить лишь некоторую долю ЧПП (в противном случае исчезли бы ресурсы для развития живой материи), существенная же ее часть, в виде отмерших органических остатков (подземные части растений, твердая древесина стеблей, ветвей и т.д.) не способна поедаться зайцами. Она поступает в детритные пищевые цепи и (или) подвергается разложению редуцентами (F). Другая часть идет на построение новых клеток (численность популяции, прирост зайцев — P) и обеспечение энергетического обмена или дыхания (R).

В этом случае, согласно балансовому подходу, равенство расхода энергии (C) будет выглядеть следующим образом: $C = P + R + F$, т.е. поступившая на второй трофический уровень энергия будет израсходована, согласно закону Линдемана, на прирост популяции — P — 10%, остальные 90% — на дыхание и удаление неусвоенной пищи.

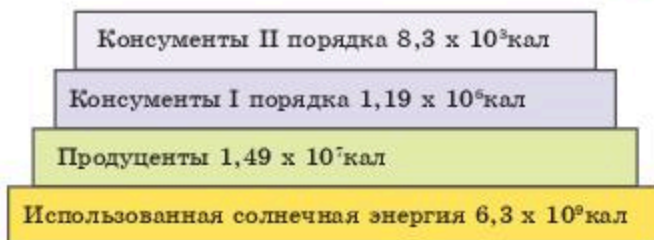


Рис. 11.5. Экологическая пирамида энергии

Таким образом, в экосистемах с повышением трофического уровня происходит быстрое уменьшение энергии, накапливаемой в телах живых организмов. Отсюда ясно, почему каждый последующий уровень всегда будет меньше предыдущего и почему цепи питания обычно не могут иметь более 3—5 (редко 6) звеньев, а экологические пирамиды не могут состоять из большого количества этажей. К конечному звену пищевой цепи так же, как и к верхнему этажу экологической пирамиды, будет поступать так мало энергии, что ее не хватит в случае увеличения числа организмов.

Такая последовательность и соподчиненность связанных в форме трофических уровней групп организмов представляет собой потоки вещества и энергии в биогеоценозе, основу его функциональной организации.

Пирамиды чисел и биомасс отражают статику системы, т. е. характеризуют количество или биомассу организмов в определенный промежуток времени. Они не дают полной информации о трофической структуре экосистемы, хотя позволяют решать ряд практических задач, особенно связанных с сохранением устойчивости экосистем.

Пирамида чисел позволяет, например, рассчитывать допустимую величину улова рыбы или отстрела животных в охотничий период без последствий для нормального их воспроизведения.

Экологическая пирамида энергии показывает величину потока энергии или продуктивности на последовательных уровнях (рис. 11.5).

В противоположность пирамидам чисел и биомассы, отражающим статику системы, пирамида энергии, отражая картину скоростей прохождения массы пищи (количества энергии) через каждый трофический уровень пищевой цепи, дает наиболее полное представление о функциональной организации сообществ.

На форму этой пирамиды не влияют изменения размеров и интенсивности метаболизма особей, и если учтены все источники энергии, то пирамида всегда будет иметь типичный вид с широким основанием и суживающейся верхушкой. При построении пирамиды энергии в ее основание часто добавляют прямоугольник, показывающий приток солнечной энергии.

Пирамиды энергии позволяют сравнивать энергетическую значимость популяций внутри экосистемы и иллюстрировать количественные отношения в отдельных, представляющих особый интерес частях экосистем, например, в звеньях жертва-хищник или хозяин-паразит.

Проверь знания:



Объясните понятие *экологические пирамиды*.
Перечислите типы экологических пирамид и опишите их.
Назовите принцип построения экологической пирамиды.



Объясните принцип построения экологической пирамиды.
На примере местности (города, района, села) составьте схематически экологическую пирамиду.



Сравните схемы экологических пирамид различных биоценозов вашей области.



Разработайте схему типов экологических пирамид вашей местности.



1. Экологические пирамиды — это ... (ваша точка зрения).
2. На какие типы делятся экологические пирамиды? Дайте им объяснение.
3. По какому принципу строятся экологические пирамиды?

§ 58. ТРОФИЧЕСКИЕ УРОВНИ

На этом уроке:

- Научитесь создавать схемы трофических уровней в экосистемах;
- познакомитесь с пастбищными пищевыми цепями;
- узнаете о детритной пищевой цепи.

Знаете ли вы:

- Какую роль в воспроизводстве жизни играет энергия Солнца;
- чем грозит разрыв цепей питания на биоценозах леса, луга, поляны;
- трофическую структуру сообществ.

Ключевые понятия:

Трофические уровни, цепи выедания (пастбищные), цепи разложения (детритные), продуценты, консументы, редуценты.

Трофические уровни. Энергия, содержащаяся в органическом веществе одних организмов, потребляется другими организмами. Перенос веществ и заключенной в них энергии от автотрофов к гетеротрофам, что происходит в результате поедания одними организмами других, называется *пищевой цепью (цепью питания, трофической цепью)*.

Пищевые цепи не изолированы одна от другой, а тесно переплетены. Они составляют пищевые сети. Принцип образования пищевых сетей

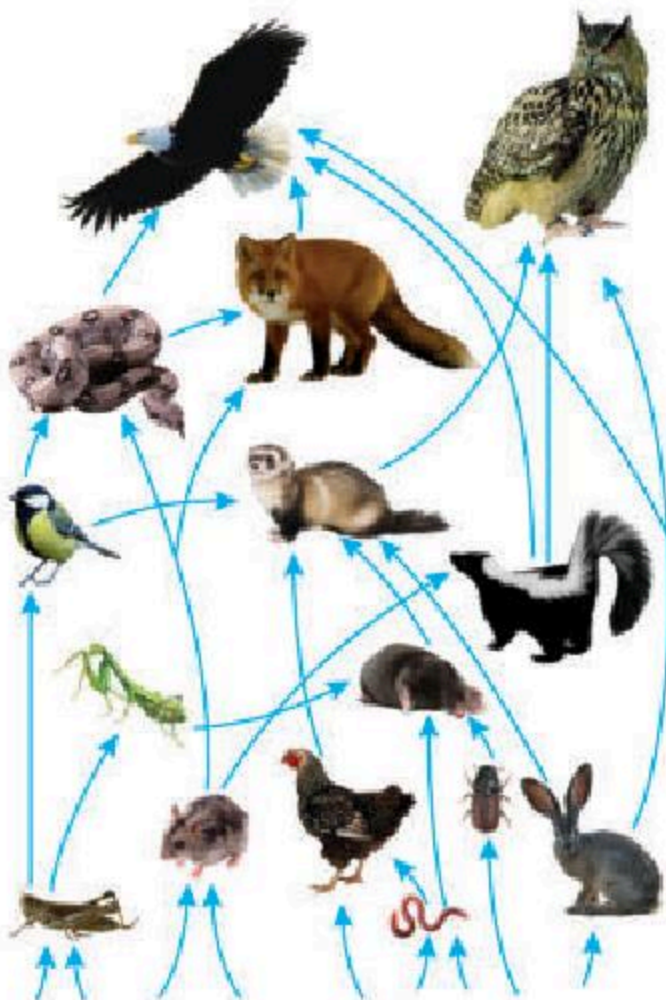


Рис. 11.5. Пищевая сеть показывает взаимосвязь всех живых существ в экосистеме

состоит в следующем. Каждый продуцент имеет не одного, а несколько консументов. В свою очередь, консументы, среди которых преобладают полифаги, пользуются не одним, а несколькими источниками питания (рис. 11.5).

Огромную роль в воспроизводстве жизни играет энергия Солнца. Количество этой энергии очень велико (примерно 55 ккал на 1 см² в год). Из этого количества продуценты — зеленые растения — в результате фотосинтеза фиксируют не более 1—2% энергии, а пустыни и океан — сотые доли процента.

Число звеньев в пищевой цепи может быть различным, но обычно их 3—4 (реже 5). Дело в том, что к конечному звену пищевой цепи поступает так мало энергии, что ее не хватит в случае увеличения числа организмов.

Совокупность организмов, объединенных одним типом питания и занимающих определенное положение в пищевой цепи, носит название *трофический уровень*. К одному трофическому уровню принадлежат организмы, получающие свою энергию от Солнца через одинаковое число ступеней.

Первый трофический уровень занимают автотрофы, зеленые растения (продуценты), первичные потребители солнечной энергии; *второй* — растительноядные животные (фитофаги, консументы первого порядка); *третий* — хищники, питающиеся растительноядными животными (консументы второго порядка), и паразиты первичных консументов. Вторичные хищники (консументы третьего порядка) и паразиты вторичных консументов образуют *четвертый* трофический уровень. Организмы, стоящие на каждом трофическом уровне, приспособлены природой для потребления определенного вида пищи, в качестве которой выступают организмы предыдущего трофического уровня (или нескольких предыдущих уровней).

Простейшая пищевая цепь может состоять из фитопланктона, затем идут более крупные травоядные планктонные ракообразные (зоопланктон), а заканчивается цепь китом (или мелкими хищниками), которые фильтруют этих ракообразных из воды.

Все элементы природы — живые и неживые — одно целое, комплекс приспособленных друг к другу, взаимодействующих и взаимосвязанных явлений и существ. Это звенья одной цепи. И если удалить из общей цепочки хотя бы одно такое звено, результаты могут быть непредвиденными.

Особенно негативно разрыв цепей питания может сказаться на биоценозах леса — будь то лесные биоценозы умеренной зоны либо отличающиеся богатым видовым разнообразием биоценозы тропического леса. Многие виды деревьев, кустарников или травянистых растений пользуются услугами определенного опылителя — пчелы, осы, бабочки или колибри, обитающие в пределах ареала данного растительного вида. Как только погибнет последнее цветущее дерево или травянистое растение, в результате погибнут питающиеся этими растениями или плодами дерева фитофаги (травоядные). Без пищи останутся охотившиеся на фитофагов хищники, а далее изменения последовательно коснутся остальных звеньев пищевой цепи. В итоге они скажутся и на человеке, поскольку у него есть свое определенное место в пищевой цепи.

Пищевые цепи можно разделить на два основных типа: *пастбищные* и *детритные*. Пищевые цепи, которые начинаются с автотрофных фотосинтезирующих организмов, называются *пастбищными*, или *цепями выедания*. На вершине пастбищной цепи стоят зеленые растения. На втором уровне пастбищной цепи обычно находятся фитофаги, т.е.

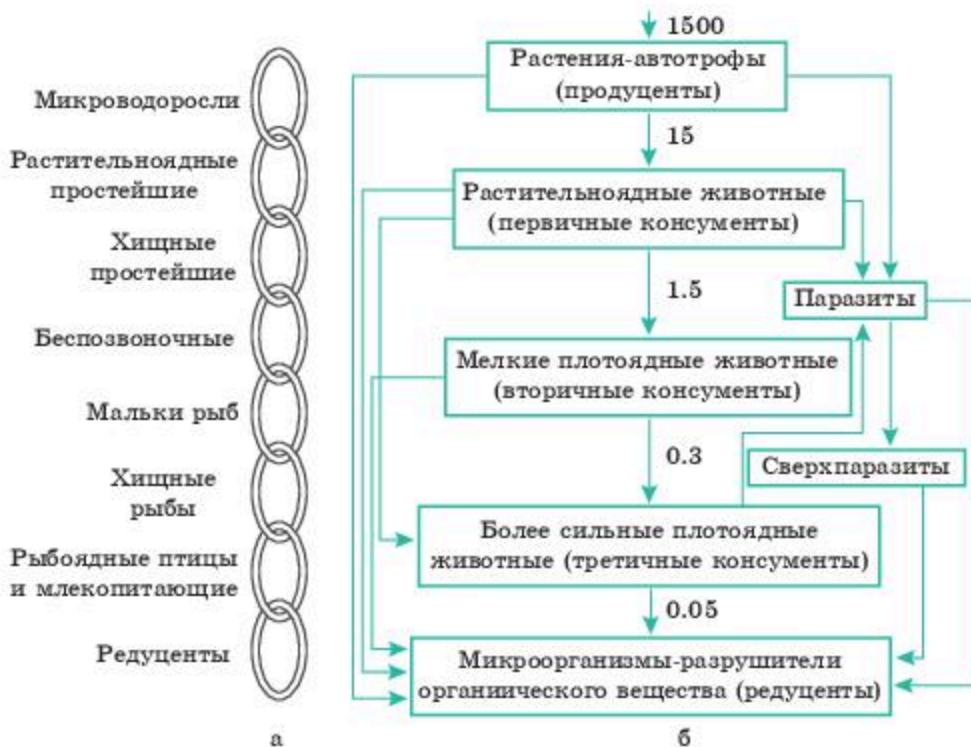


Рис. 11.4. Пищевые цепи биоценоза по Н. Ф. Реймерсу: обобщенная (а) и реальная (б)

животные, питающиеся растениями. Примером пастбищной пищевой цепи могут служить взаимоотношения между организмами на пойменном лугу. Начинается такая цепь с лугового цветкового растения. Следующее звено — бабочка, питающаяся нектаром цветка. Затем идет обитатель влажных местообитаний — лягушка. Ее покровительственная окраска позволяет ей подстеречь жертву, но не спасает от другого хищника — обыкновенного ужа. Цапля, поймав ужа, замыкает пищевую цепь на пойменном лугу.

На рисунке 11.4 стрелками показано направление перемещения энергии, а цифрами — относительное количество энергии, приходящей на трофический уровень.

В пастбищных пищевых цепях первый трофический уровень занимают зеленые растения, второй — пастбищные животные (все организмы, питающиеся растениями), а третий — хищники. Так, пастбищными пищевыми цепями являются:

РАСТИТЕЛЬНЫЙ МАТЕРИАЛ (например, нектар) → МУХА → ПАУК → ЗЕМЛЕРОЙКА → СОВА

СОК РОЗОВОГО КУСТА → ТЛЯ → БОЖЬЯ КОРОВКА → ПАУК → НАСЕКОМОЯДНАЯ ПТИЦА → ХИЩНАЯ ПТИЦА.

Детритная пищевая цепь начинается с детрита по схеме:

ДЕТРИТ → ДЕТРИТОФАГ → ХИЩНИК

Характерными детритными пищевыми цепями являются:

ЛИСТОВАЯ ПОДСТИЛКА ЛЕСА → ДОЖДЕВОЙ ЧЕРВЬ → ЧЕРНЫЙ ДРОЗД → ЯСТРЕБ-ПЕРЕПЕЛЯТНИК

МЕРТВОЕ ЖИВОТНОЕ → ЛИЧИНКИ ПАДАЛЬНОЙ МУХИ → ТРАВЯНАЯ ЛЯГУШКА → ОБЫКНОВЕННЫЙ УЖ.

Если пищевая цепь начинается с отмерших остатков растений, трупов и экскрементов животных — детрита, она называется *детритной*, или *цепью разложения*. Термин *детрит* означает продукт распада. Он позаимствован из геологии, где *детритом* называют продукты разрушения горных пород. В экологии *детрит* — это органическое вещество, вовлеченное в процесс разложения. Такие цепи характерны для сообществ дна глубоких озер, океанов, где многие организмы питаются за счет оседания детрита, образованного отмершими организмами верхних освещенных слоев водоема.

В лесных биоценозах детритная цепь начинается с разложения мертвого органического вещества животными-сапрофагами. Наиболее активное участие в разложении органики здесь принимают почвенные беспозвоночные животные (членистоногие, черви) и микроорганизмы. Присутствуют и крупные сапрофаги — насекомые, которые готовят субстрат для организмов, осуществляющих процессы минерализации (для бактерий и грибов).

В отличие от пастбищной цепи размеры организмов при движении вдоль детритной цепи не возрастают, а, наоборот, уменьшаются. Так, на втором уровне могут стоять насекомые-могильщики. Наиболее типичными представителями детритной цепи являются грибы и микроорганизмы, питающиеся мертвым веществом и довершающие процесс разложения биоорганики до состояния простейших минеральных и органических веществ. В растворенном виде они потребляются корнями зеленых растений на вершине пастбищной цепи, начиная тем самым новый круг движения вещества.

В одних экосистемах преобладают пастбищные, в других — детритные цепи. Например, лес считается экосистемой с преобладанием детритных цепей. В экосистеме гниющего пня пастбищная цепь вообще отсутствует. В то же время, например, в экосистемах поверхности моря практически все продуценты, представленные фитопланктоном, потребляются животными, а их трупы опускаются на дно, т.е. уходят из данной экосистемы. В таких экосистемах преобладают пастбищные пищевые цепи.

Общее правило, касающееся любой пищевой цепи, гласит: *на каждом трофическом уровне сообщества большая часть поглощаемой с пищей энергии тратится на поддержание жизнедеятельности, рассеивается и больше не может быть использована другими организмами.* Таким

образом, потребленная пища на каждом трофическом уровне ассимилируется не полностью. Значительная ее часть расходуется на обмен веществ. При переходе к каждому последующему звену пищевой цепи общее количество пригодной для использования энергии, передаваемой на следующий, более высокий трофический уровень, уменьшается.

Разные виды занимают в пищевой цепи разное положение, создавая *трофическую структуру* сообществ. Последовательно питаясь друг другом, живые организмы образуют звенья цепи питания, называемые *трофическими уровнями*.

Трофический уровень — совокупность организмов, получающих преобразованную в пищу энергию Солнца через одинаковое число посредников пищевой цепи (рис. 11.6).

В пастбищных цепях питания выделяют следующие трофические уровни:

1-й трофический уровень образуют *продуценты* — производители биологического вещества — *автотрофы*. Автотрофы способны фикси-

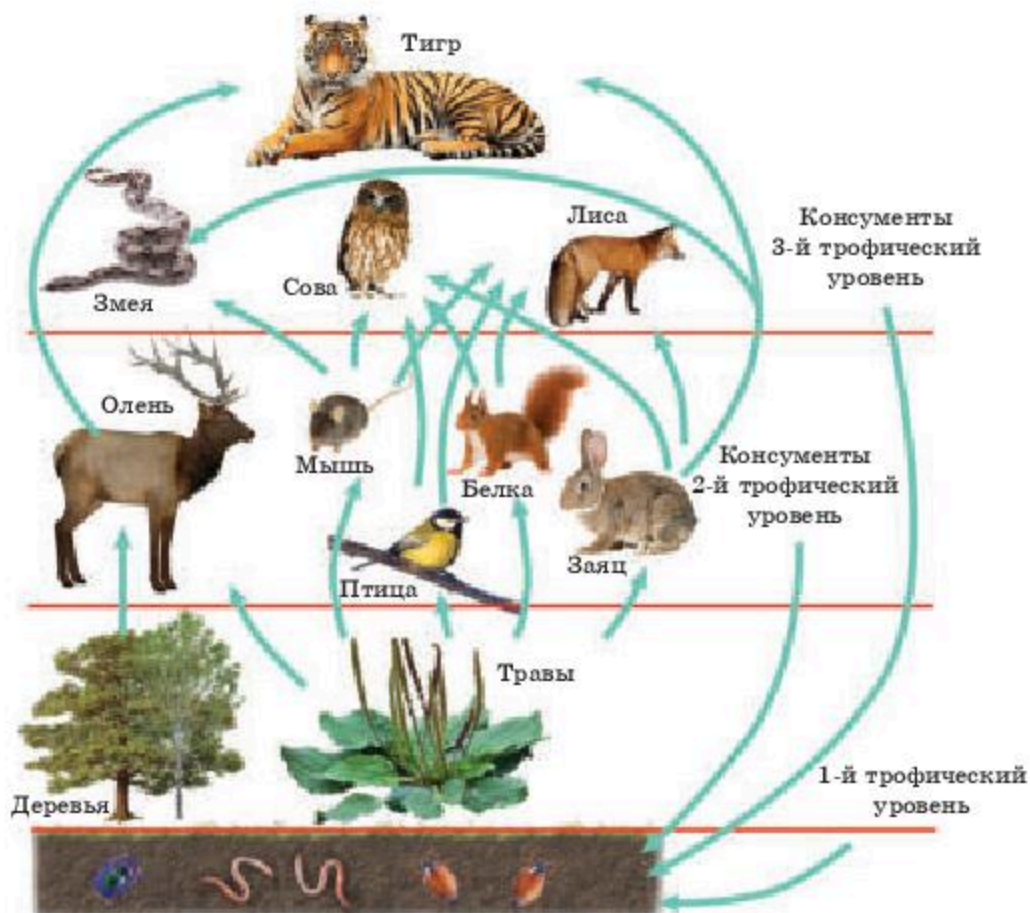


Рис. 11.6. Трофические уровни

рывать световую энергию и использовать в питании простые неорганические вещества.

Как правило, продуцентами являются зеленые растения. Автотрофы являются важнейшей частью любого сообщества, потому что практически все остальные организмы прямо или косвенно зависят от снабжения веществом и энергией, запасенными растениями.

На суше *автотрофы* — это обычно крупные растения с корнями, в водоемах *продуцентами* являются микроскопические водоросли, обитающие в толще воды (фитопланктон).

Все остальные организмы относятся к *гетеротрофам*, питающимся готовыми органическими веществами. Гетеротрофы разлагают, перестраивают и усваивают сложные органические вещества, созданные первичными продуцентами.

Все животные и многие микроорганизмы — гетеротрофы.

В свою очередь, гетеротрофные организмы под разделяются на потребителей (консументов) и разлагателей или деструкторов (редуцентов).

Консументы (потребители) — это, главным образом, животные, питающиеся другими организмами (растительными или животными) или измельченными органическими веществами.

2-й трофический уровень образуют *консументы I порядка*, или *первичные консументы* (растительноядные животные, которые питаются продуцентами).

3-й трофический уровень образуют консументы, которые поедают растительноядных животных I порядка. Это *консументы II порядка*, или *вторичные консументы*, или *первичные хищники* (плотоядные животные-хищники).

4-й трофический уровень образуют *консументы III порядка*, или *третичные консументы*, или *вторичные хищники* (хищники, питающиеся вторичными консументами) и т.д.

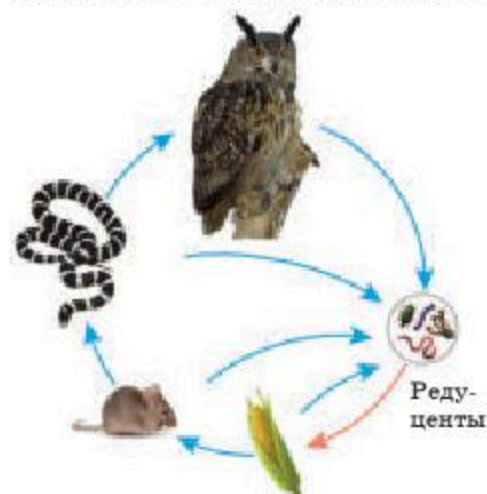


Рис. 11.7. Редуценты

Поскольку многие животные всеядны и питаются как растениями, так и животными, их невозможно отнести к какому-либо одному уровню. В этих случаях считается, что такие организмы представляют сразу несколько трофических уровней, а их участие в каждом из уровней пропорционально составу их диеты.

В конце пищевой цепи находятся редуценты, которые превращают отмершее органическое вещество в неорганические соединения (рис. 11.7).

Редуценты представлены в основном грибами и бактериями, разлагающими сложные составные компоненты мертвой цитоплазмы, доводя их до простых органических соединений, которые в последующем могут быть использованы продуцентами.

Обрати внимание!

Природные сообщества могут коренным образом различаться по составу организмов, однако по трофической структуре они сходны: в них присутствуют основные экологические компоненты — продуценты (автотрофы), консументы различных порядков и редуценты (гетеротрофы).

Проверь знания:



Объясните понятие *трофический уровень*.
Перечислите трофические уровни и разъясните.
Охарактеризуйте типы пищевых цепей и запомните их.



На примере 2—3 различных биоценозов примените схему трофических уровней. Расскажите, к каким трофическим уровням относятся автотрофы и гетеротрофы, приведите примеры.



Проанализируйте схему трофических уровней биоценоза суши и водоема своей местности.



Составьте и нарисуйте схему пищевой цепи обитателей лужи или парка своей местности.
Объясните понятия *автотрофы* и *гетеротрофы* и к каким трофическим уровням они относятся и почему. Приведите примеры.



1. Трофический уровень — это (ваша точка зрения).
2. Сколько трофических уровней известно? Охарактеризуйте их.
3. На какие типы делятся пищевые цепи? Дайте им объяснение.
4. Что находится в конце пищевой цепи? Дайте свой прогноз.

§ 59. ТИПЫ ВЗАИМООТНОШЕНИЙ

На этом уроке:

- Изучите типы взаимоотношений организмов;
- объясните классификацию типов взаимоотношений живых организмов в природе;
- сравните понятия *конкуренция* и *паразитизм*.

Знаете ли вы:

- Два вида не могут занимать одну и ту же экологическую нишу на одной территории;
- конкуренция может быть внутривидовой и межвидовой;
- что такое *мутуализм*.

Ключевые понятия:

Типы взаимоотношений организмов, конкуренция, протокооперация, комменсализм, мутуализм, паразитизм, хищничество, аменсализм.

Существует несколько классификаций типов взаимоотношений живых организмов в природе. Можно выделить основные варианты: конкуренция, протокооперация, комменсализм, мутуализм, паразитизм, хищничество, аменсализм, нейтрализм.

Комменсализм — это одностороннее получение выгоды одним партнером, при котором для другого партнера эта связь безразлична. Частным случаем комменсализма является “квартиранство”. Вид-комменсал использует особенности образа жизни или строения хозяина. Как метаболические, так и антагонистические отношения между партнерами отсутствуют. Однако в ряде случаев комменсализм — это первый эволюционный шаг на пути к паразитизму.

Протокооперация — это отношения между разными видами, которые приносят взаимную пользу, но строятся на факультативной основе, т.е. виды-партнеры могут существовать независимо. По этой причине они не имеют выраженных морфологических адаптаций к взаимодействию друг с другом.

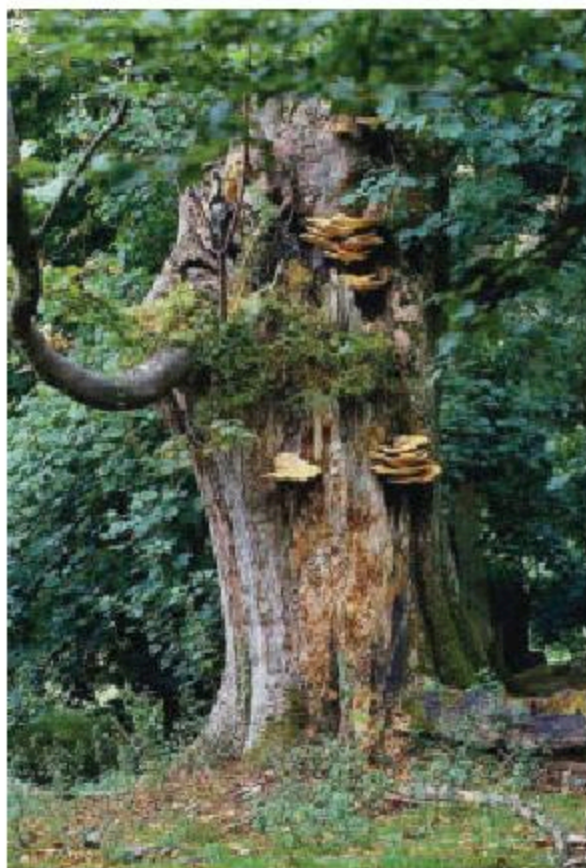


Рис. 11.8. Симбиотические отношения



Рис. 11.9. Опыление растений бабочки (пример мутуализма)



Рис. 11.10. Мышь пытается спасать с помощью лягушки (пример кооперации)



Рис. 11.14. Птица отдыхает на буйволе (пример комменсализма)



Рис. 11.15. Львиная охота (пример хищничества)

Мутуализм — это отношения между видами, которые полностью зависят друг от друга, и ни один вид не может жить по отдельности.

Нейтрализм, при котором совместно обитающие на одной территории организмы не влияют друг на друга. При нейтрализме особи разных видов не связаны друг с другом непосредственно. Примером нейтрализма могут быть взаимоотношение белки и лося в одном лесу, где они не контактируют друг с другом.

Конкуренция — это взаимодействие нескольких популяций, использующих одинаковые ресурсы, имеющиеся в ограниченном количестве.

Конкуренция может быть *внутривидовой* и *межвидовой*. Особый интерес для экологии представляет межвидовая конкуренция. В ее анализе важнейшим является *принцип конкурентного исключения* (закон Гаузе). Его разработал в 1934 г. российский биолог Г. Ф. Гаузе (1910—1986) в результате своих классических экспериментов.

Принцип конкурентного исключения определяет, что *два вида не могут занимать одну и ту же экологическую нишу на одной территории*. Из двух видов один всегда, хотя бы незначительно, превосходит



Рис. 11.16. Гусеница поедает листья (пример паразитизма)



Рис. 11.17. Конкуренция между белыми медведями

другой в этой нише и в конце концов вытесняет менее приспособленный. Для совместного существования виды должны быть экологически дифференцированы, чтобы они могли занять разные экологические ниши. Принцип Гаузе до сих пор продолжает ставить вопросы зоологам, экологам, эволюционистам, всем ученым, изучающим биоразнообразие. Для решения этих вопросов весьма важно изучение организмов в природных, а не только в лабораторных условиях.

Паразитизм — это тип взаимодействия, при котором один вид привлекает пользу (паразит), а другому виду наносится вред (хозяин). По месту расположения в теле хозяина паразиты делятся на две группы: *эктопаразиты* (наружные) и *эндопаразиты* (живущие внутри тела хозяина). В ходе естественного отбора у паразитов вырабатываются различные приспособления, затрагивающие строение и физиологию их органов. Заражение паразитами в природе часто происходит не непосредственно, а через одного или двух промежуточных хозяев, что весьма осложняет построение математических моделей.

Паразитизм включает в себя спектр чрезвычайно разнообразных явлений. Можно отметить такие его формы, как гнездовой паразитизм, социальный паразитизм, личиночный паразитизм и др.

Хищничество — это такой тип взаимодействия, при котором особи одного вида используют в пищу особей другого. Взаимоотношения “хищник — жертва” способствуют, как правило, эволюционному прогрессу обоих видов. Исключительно важна роль хищников как регуляторов численности популяций. Жертвами хищников обычно становятся больные и ослабленные особи, путем уничтожения которых сдерживается распространение болезней, производится отбор “наиболее приспособленных” в популяции.

Аменсализм — это одностороннее отрицательное воздействие одной популяции на другую. Отношения, сходные с аменсализмом, могут наблюдаться при случайных, а не только закономерных контактах двух видов.

Приведенная классификация не единственная в экологии (рис. 11.18). Однако все классификации сталкиваются с одной ключевой проблемой — сложностью проведения границ между разными типами взаимодействий. Дополнительную сложность добавляют многочисленные опосредованные влияния взаимосвязей между популяциями.

Особенно неоднозначно понятие “хищничество”, пожалуй, наиболее сложное из всех типов. Анализ взаимоотношений “хищник — жертва” — это излюбленная тема в экологических исследованиях, по которой разработаны многочисленные модели. Одновременно это и тема для самых острых дискуссий, в которой имеется множество нерешенных проблем.

Обычно хищничество ассоциируется в нашем сознании с поеданием жертвы. Если мы в категорию “жертвы” отнесем растения и микроорга-



Рис. 11.18. Схема биологических связей

низмы, то ряд “хищников” резко расширится. Весьма сложно провести четкую границу между понятиями “хищничество” и “паразитизм”. Среди экологов популярен вопрос: Какой кусок тела должен быть откушен, чтобы классифицировать кусающего как хищника или паразита?

Не меньше проблем вызывает анализ различных типов сожительства организмов. В 1879 г. немецкий ботаник А. де Бари (1831–1888) предложил термин “симбиоз” для обозначения совместного существования разных видов. Этот термин прочно вошел в лексикон биологов, но четких границ не приобрел до сих пор. Одни авторы подразумевают под ним все виды сожительства, другие — только взаимовыгодное (мутуализм). При широком понимании симбиоза его не всегда легко отличить от паразитизма. Поскольку для паразита хозяин является средой обитания, ему не выгодно наносить последнему слишком большой вред, поэтому в ходе эволюции выработались механизмы минимизации вреда и “компенсаторной” пользы для хозяина. В связи с этим иногда трудно провести грань даже между такими крайними явлениями, как паразитизм и мутуализм.

Очень часто вид, взаимодействуя с другими видами, демонстрирует все рассмотренные варианты (конкуренцию, хищничество, паразитизм, симбиоз). Нередко крупномасштабные полевые исследования опровергали устоявшиеся представления.

Проверь знания:



Опишите классификацию типов взаимоотношений живых организмов в природе.



1. Как вы понимаете понятия *конкуренция*, *протокооперация*, *комменсализм*.

2. Как вы понимаете понятия *мутуализм*, *паразитизм*, *хищничество*, *аменсализм*.



1. Проанализируйте схему типов взаимоотношений организмов своей местности.

2. На примере различных биотических связей примените схему типов взаимоотношений организмов своей местности.



Составьте схему типов взаимоотношений организмов, обитающих на суше и в водоеме.



На какие типы взаимоотношений делятся живые организмы в природе по классификации? Охарактеризуйте их.

§ 60. МОДЕЛИРОВАНИЕ “СОСТАВЛЕНИЕ СХЕМ ПЕРЕДАЧИ ЭНЕРГИИ В ПИЩЕВЫХ ЦЕПЯХ”

На этом уроке:

- Изучите закон Линдемана — правило 10% ;
- познакомитесь с понятием “моделирование”;
- узнаете о составлении схем передачи энергии в пищевых цепях.

Знаете ли вы:

- Что лежит в основании экологической пирамиды;
- какое количество энергии поступает на следующий уровень пищевой цепи;
- как называется правило 10%.

Ключевые понятия:

Правило экологической пирамиды, пищевая цепь, трофические уровни, схема передачи веществ и энергии.

Правило 10% (закон Линдемана) — это правило экологической пирамиды.

Закон Линдемана гласит: На каждое последующее звено пищевой цепи поступает только 10% энергии (массы), накопленной предыдущим звеном.

Пример пищевой цепочки (рис. 11.9):

травя — кузнечики — лягушка — цапля.

“Сколько травы было съедено на лугу, если прибавка в весе цапли, которая питалась лягушками на этом лугу, составила 1 кг? “(при этом имеется в виду, что ничем другим она не питалась, а лягушки ели только кузнечиков, а кузнечики, только эту травку). Получается, что этот 1 кг и есть 10% от общей массы лягушек. Значит, их масса была равна 10 кг, тогда масса кузнечиков — 100 кг, а масса съеденной травы составила целую тонну.

Составление схем передачи веществ и энергии (цепей питания)

Цель: сформировать знания о цепях и сетях питания, о правиле экологической пирамиды, научиться составлять схемы передачи веществ и энергии.

Оборудование: статистические данные, рисунки различных биоценозов, таблицы, схемы пищевых цепей в разных экосистемах.



Нектар цветов



Древесина



Трава



Листья



Семена



Рис. 11.9. Пищевая цепь

Ход работы

1. Дополните пищевую цепь, подпишите трофические уровни и роль организмов в цепи питания:

	Вариант 1		Вариант 2		
	Пшеница				
Бактерии		?	Бактерии		Тушканчик
	?			?	

2. Составьте трофическую цепь из предложенного списка живых организмов, подпишите трофические уровни и роль организмов:

№	Вариант 1	Вариант 2
2.1.	Кузнечик, растения семейства злаковые, лягушка, змея, еж, коршун	Паук крестовик, кукушка, ястреб, сосна, тля, божья коровка
2.2.	Черный дрозд, ястреб, листовая подстилка, дождевой червь	Карась, щука, нитчатые водоросли, личинки стрекоз

3. Сравните две цепи питания, определите черты сходства и различия.

1. Клевер — кролик — волк

2. Растительный опад — дождевой червь — черный дрозд — ястреб — перепелятник

Вывод. Цепи питания показывают трофические связи между организмами экосистемы. Таким образом, растения выполняют роль _____, животные _____, причем травоядные относятся к _____ порядка, а плотоядные — _____. Бактерии и биогенные вещества играют роль _____. Укажите количество энергии, которое переходит с одного уровня на другой.

4. Пример пищевой сети

Зная правило перехода энергии с одного трофического уровня на другой (около 10%), постройте пирамиду биомассы третьей пищевой цепи (задание 1). Биомасса растений составляет 40 тонн.

§ 61. РЕШЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ЗАДАЧ И ЭКОЛОГИЧЕСКИХ СИТУАЦИЙ

Цели работы:

1. Закрепить знания о том, что энергия, заключенная в пище, передается от первоначального источника через ряд организмов, что такой ряд организмов называется *цепью питания сообщества*, а каждое звено данной цепи — *трофическим уровнем*.

Схема



2. Закрепить и углубить знания по методике решения задач по экологии качественных и с химическим содержанием, помочь школьникам разобраться в разнообразии направлений устойчивого развития современного общества, найти ответы на вопросы о защите природы и использовать эти знания в жизни.

Решение задач на правило экологической пирамиды

Для решения задач такого типа необходимо знать, что энергия, заключенная в пище, передается от первоначального источника через ряд организмов. На схеме представлен тип питания живых организмов.

Задача 1. На основании правила экологической пирамиды определите, сколько нужно планктона, чтобы в море вырос один дельфин массой 300 кг, если цепь питания имеет вид: планктон - нехищные рыбы - хищные рыбы - дельфин.

Решение. Согласно правилу экологической пирамиды, биомасса каждого последующего трофического уровня уменьшается приблизительно в 10 раз.

Дельфин, питаясь хищными рыбами, накопил в своем теле только 10% от общей массы пищи. Зная, что он весит 300 кг, составим пропорцию.

$$300 \text{ кг} — 10\%$$

$$X — 100\%$$

Найдем, чему равен $X \times X = 3000$ кг (хищные рыбы). Этот вес составляет только 10% от массы нехищных рыб, которой они питались. Снова составим пропорцию.

$$3000 \text{ кг} — 10\%$$

$$X — 100\%$$

$$X = 30\,000 \text{ кг (масса нехищных рыб)}$$

Сколько же им пришлось съесть планктона, чтобы иметь такой вес? Составим пропорцию.

$$30\,000 \text{ кг} — 10\%$$

$$X = 100\%$$

$$X = 300\,000 \text{ кг}$$

Ответ: Для того чтобы дельфин вырос массой 300 кг, необходимо 300 000 кг планктона.

Задача 2. В стратосфере на высоте 20—30 км находится слой озона O_3 , защищающий Землю от мощного ультрафиолетового излучения Солнца. Если бы не “озоновый экран” атмосферы, то фотоны большой энергии достигли бы поверхности Земли и уничтожили на ней все живое. Подсчитано, что в среднем на каждого жителя Санкт-Петербурга в воздушном пространстве над городом приходится по 150 моль озона. Сколько молекул озона и какая его масса приходится в среднем на одного петербуржца?

Дано:

$$v(\text{O}_3) = 150 \text{ моль}$$

Найти:

$$N(\text{O}_3) = ?$$

$$m(\text{O}_3) = ?$$

Решение.

1) Вычислим число молекул озона:

$$v(\text{O}_3) = N/N_a, \text{ отсюда } N(\text{O}_3) = v(\text{O}_3) \cdot N_a$$

$$N(\text{O}_3) = 150 \text{ моль} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \text{ молекул/моль} = 9,03 \cdot 10^{25} \text{ молекул}$$

2) Вычислим массу озона:

$$v(\text{O}_3) = m/M, \text{ отсюда } m(\text{O}_3) = v(\text{O}_3) \cdot M$$

$$m(\text{O}_3) = 150 \text{ моль} \cdot 48 \text{ г/моль} = 7200 \text{ г} = 7,2 \text{ кг}$$

$$\text{Ответ: } N(\text{O}_3) = 9,03 \cdot 10^{25} \text{ молекул, } m(\text{O}_3) = 7,2 \text{ кг.}$$

Задача 3. Установлено, что за вегетационный период дерево, имеющее 10 кг листьев, может обезвредить без ущерба для него свыше 500 г сернистого газа и 250 г хлора. Рассчитайте, какое количество указанных газов может обезвредить одно такое дерево.

Дано:

$$m(\text{SO}_2) = 500 \text{ г}$$

Найти:

$$v(\text{SO}_2) = ?$$

$$v(\text{Cl}_2) = ?$$

Решение.

1) Определим молярные массы указанных газов:

$$m(\text{Cl}_2) = 250 \text{ г } M(\text{SO}_2) = 64 \text{ г/моль}$$

$$M(\text{Cl}_2) = 71 \text{ г/моль}$$

2) Вычислим количество вещества каждого газа, которое может обезвредить одно дерево:

$$v(\text{SO}_2) = \frac{m(\text{SO}_2)}{M(\text{SO}_2)} = \frac{500 \text{ г}}{64 \text{ г/моль}} = 7,8 \text{ моль}$$

$$v(\text{Cl}_2) = \frac{m(\text{Cl}_2)}{M(\text{Cl}_2)} = \frac{250 \text{ г}}{71 \text{ г/моль}} = 3,5 \text{ моль}$$

$$\text{Ответ: } v(\text{SO}_2) = 7,8 \text{ моль, } v(\text{Cl}_2) = 3,5 \text{ моль.}$$

Решая эту задачу, учащиеся узнают о роли растений в обезвреживании ядовитых газов. Подобные факты еще раз убеждают их в необходимости сохранения каждого дерева и мобилизуют на активное участие в озеленении своего города.

Задача 4. При сгорании в карбюраторе автомобиля 1 кг горючего в воздух выбрасывается до 800 г оксида углерода (II). Вычислите массу и объем (н.у.) оксида углерода (II), образующегося при сгорании 100 кг горючего.

Решение.

Путем простых математических вычислений можно прийти к выводу, что при сгорании 100 кг горючего может образоваться оксид углерода (II) массой 80 кг.

Вычислим, какой объем займет этот газ при н.у.:

$$M(\text{CO}) = 80 \text{ кг} = 80000 \text{ г}$$

$$v(\text{CO}) = 80000 / 28 = 2857 \text{ моль}$$

$$V(\text{CO}) = 2856 \cdot 22,4 = 63974 \text{ л} = 64 \text{ м}^3$$

$$\text{Ответ: } m(\text{CO}) = 80 \text{ кг, } V(\text{CO}) = 64 \text{ м}^3$$

При решении подобных задач обучающиеся узнают о веществах, загрязняющих атмосферу: выхлопных газах автотранспорта, продуктах сгорания органического топлива, выбросах промышленных предприятий.

Задачи для самостоятельного решения

Задача 1. На основании правила экологической пирамиды определите, сколько нужно зерна, чтобы в лесу вырос один филин массой 3,5 кг, если цепь питания имеет вид: зерно злаков — мышь полевка — хорек — филин.

Задача 2. Какое количество планктона (в кг) необходимо, чтобы в водоеме выросла щука массой 8 кг?

Задача 3. Вес каждого из двух новорожденных детенышей летучей мыши составляет 1 г. За месяц выкармливания детенышей молоком вес каждого из них достигает 4,5 г. Какую массу насекомых должна потребить самка за это время, чтобы выкормить свое потомство? Чему равна масса растений, сохраняющаяся за счет истребления самкой растительноядных насекомых?

Задача 4. В питьевой воде были обнаружены следы вещества, обладающего общетоксическим и наркотическим действием. На основе качественного и количественного анализов этого вещества было установлено, что это производное фенола и массовые доли элементов в нем равны: 55% С, 4,0% Н, 14,0% О, 27% Cl. Установите молекулярную формулу вещества. Составьте уравнения реакции его получения, укажите возможные причины попадания этого вещества в среду.

Задача 5. В некоторых леспромхозах рубку деревьев ведут следующим образом: через каждые 10 или 12 лет вырубают 8—10% общей массы всех стволов. Рубки стараются проводить зимой по глубокому снегу. Почему такой способ рубки является самым безболезненным для леса?

Задача 6. Массовый характер приобретает отравление водоплавающих птиц в Европе и Северной Америке свинцовой дробью. Утки проглатывают дробинки, как гастролиты — камушки, способствующие перетиранию пищи в желудке. Всего шесть дробинок среднего размера могут стать причиной смертельного отравления кряквы. Меньшие порции отрицательно влияют на размножение. Какие последствия для популяции уток и для человека могут иметь такие явления?

Задача 7. При благоустройстве территории новостроек можно нередко наблюдать следующее: в таких местах часто образуются застойные лужи, плохо растут зеленые насаждения, особенно в первые годы их высадки. В чем причина данных явлений?

Задача 8. В луже обитают особи следующих популяций: элодея, бактерия, сенная палочка, эвглена, инфузория-туфелька, дафния, белая планария, улитка-прудовик, гидра, циклоп.

- а) Можно ли это считать биоценозом? Почему?
- б) Какие из перечисленных организмов относятся к планктону и почему?
- в) Исчезновение популяции какого вида приведет к гибели остальных популяций?
- г) Составьте схему цепей питания обитателей этой лужи.

§ 62. БИОРАЗНООБРАЗИЕ ВИДОВ

На этом уроке:

- Научитесь устанавливать взаимосвязь между видовым разнообразием и устойчивостью экосистем;
- дадите определение основным типам биоразнообразия;
- объясните необходимость Конвенции о биоразнообразии;
- о сохранении биоразнообразия видов.

Знаете ли вы:

- Конвенцию о биологическом разнообразии;

Ключевые понятия:

Биоразнообразие видов, типы биоразнообразия, Конвенция о биологическом разнообразии, сохранение биоразнообразия.

Биологическое разнообразие. *Биоразнообразие* — это разнообразие всего живого на Земле — от генов до экосистем. В его основе лежит видовое разнообразие. Оно включает миллионы видов животных, растений, микроорганизмов, живущих на нашей планете. Однако биоразнообразие охватывает и всю совокупность природных экосистем, которые слагаются этими видами. Таким образом, под биоразнообразием следует понимать разнообразие организмов и их природных сочетаний. На основе биоразнообразия создается структурная и функциональная организация биосферы и составляющих ее экосистем, которая определяет их стабильность и устойчивость к внешним воздействиям.

Существует три основных типа биоразнообразия:

генетическое, отражающее внутривидовое разнообразие и обусловленное изменчивостью особей;

видовое, отражающее разнообразие живых организмов (растений, животных, грибов и микроорганизмов);

экосистем, охватывающее различия между типами, средами обитания и экологическими процессами. Разнообразие экосистем отмечается не только по структурным и функциональным составляющим, но и по масштабу — от биоценоза до биосферы.

Все типы биологического разнообразия взаимосвязаны: генетическое обеспечивает разнообразие видов; разнообразие экосистем и ландшафтов создает условия для образования новых видов; повышение видового разнообразия увеличивает общий генетический потенциал живых организмов биосферы. Каждый вид вносит свой вклад в разнообразие, и с этой точки зрения не существует бесполезных или вредных видов.

Биоразнообразие характеризует процесс реальной эволюции, который идет на многих уровнях организации живого. По оценкам ученых, общее число видов живых существ составляет от 5 до 30 млн. Из них в настоящее время описано не более 2,0 млн. Таким образом, со времен Линнея, попытавшегося создать классификацию живых организмов, количество видов животных и растений, известных науке, возросло с 11 тыс. до 2 млн.

Принято считать, что сейчас на Земле произрастает примерно 400 тыс. видов растений. Основные группы растений и грибов и их численность представлены следующим образом:

Таблица 15

Группы растений и грибов	Количество видов, тыс.
Бактерий	1,2
Синезеленый водоросли	2,0
Золотистые водоросли	1,0
Диатомовые водоросли	14—16
Желтозеленые водоросли	0,3
Бурые водоросли	1,5
Красные водоросли	3,8
Пирофитовые водоросли	1,2
Зеленые водоросли	8,0
Прочие водоросли	1,0
Грибы	40—50
Лишайники	20
Мохообразные	25
Сосудистые споровые	11
Голосеменные	0,6
Покрытосеменные, или цветковые	260
Всего	390,6—400,6

Животные — один из ведущих компонентов экологических систем Земли. В настоящее время науке известно (описано) немногим более 1 млн. видов животных, что составляет приблизительно около половины всех существующих на планете.

Биологическое разнообразие видов максимально среди насекомых и высших растений. По оценкам специалистов, общее количество организмов всех жизненных форм колеблется между 10 и 100 млн. Эти миллионы видов животных и растений поддерживают условия, необходимые для продолжения жизни на Земле.



В 1982 г. американский исследователь Т. Эрвин опубликовал статью, вызвавшую бурную полемику. Он утверждал, что в тропических лесах может обитать более 30 млн. видов членистоногих, преимущественно насекомых. Основанием для такого смелого вывода стала проведенная им оценка числа видов насекомых, специфически связанных только с одним видом деревьев из семейства бобовых в тропическом лесу Панамы. Используя окуливание инсектицидом крон деревьев и собрав всех упавших членистоногих на растянутую внизу полиэтиленовую пленку, Эрвин подсчитал общее число видов жуков и пришел к выводу, что дерево служит кормовым растением всего для 136 из них. Приняв ряд допущений, он рассчитал, что число видов всех членистоногих, связанных с одним видом деревьев, достигает 600. Так как древесных видов в тропиках около 50 тыс., то нетрудно подсчитать, что их оказалось 30 млн. Таким образом, с уже известными науке видами (около 1 млн.) это составляло 31 млн. Некоторые энтомологи отнеслись к расчетам Эрвина весьма скептически: приняв его логику, следовало ожидать, что большинство насекомых в тропиках должны относиться к новым видам, а на самом деле таковые встречаются не столь часто.

Недавно эту гипотезу проверил чешский ученый В. Новотный (Институт энтомологии Чешской академии наук) совместно с коллегами из США, Панамы, Швеции и Чехии. Обследуя в течение нескольких лет участок низменного тропического дождевого леса в Новой Гвинее, ученые собирали насекомых с листьев 51 вида растений, в том числе с 13 видов рода *Ficus* и четырех — рода *Psychotria*. Всего было собрано более 50 тыс. насекомых, относящихся к 935 видам, среди которых преобладали жуки, гусеницы бабочек (чешуекрылых) и прямокрылые. Кроме того, исследователи выращивали гусениц на разных растениях, стараясь довести их до куколки.

Анализ этого обширного материала показал, что в расчете на один кормовой вид приходится 7,9 видов жуков, 13,3 — бабочек и 2,9 — прямокрылых. Таким образом, представление о чрезвычайной распространенности в тропиках стенофагии оказывается не более чем мифом. В. Новотный и его коллеги рассчитали также, сколько видов насекомых может быть связано с кормовыми растениями на уровне родов, а затем вычислили и общее число видов членистоногих: их оказалось около 4,9 млн., а не 31 млн., как предполагал Эрвин.

Значение биоразнообразия. Биологическое разнообразие является главным источником удовлетворения многих потребностей человека и служит основой его приспособления к изменяющимся условиям окружающей среды. Практическая ценность биоразнообразия заключается в том, что это по сути неиссякаемый источник биологических ресурсов. Это прежде всего продукты питания, лекарства, источники сырья для

одежды, производства строительных материалов и т.д. Биоразнообразие имеет огромное значение для организации отдыха человека.

- Экологическое (основа функционирования экосистемы)
- Экономическое (продовольствие, домашние животные)
- Медицинское (лекарства, исследования)
- Эстетическое и рекреационное (красота, отдых, туризм)
- Научное (исследование эволюции, деятельности экосистем)
- Этническое

О полезных свойствах большинства организмов мы знаем очень немного. В активе человечества, например, всего около 150 видов культурных растений, которые находят широкое применение, а из 265 тыс. видов всех растительных организмов только 5 тыс. когда-либо возделывались человеком. В еще меньшей степени учитывается разнообразие микроорганизмов и грибов.

В настоящее время насчитывается около 65 тыс. видов грибов.

Естественная растительность является основной базой для получения лекарственных препаратов, с помощью которых человечество избавилось от многих болезней. Так, например, если бы в сельве на восточных склонах Анд не обнаружили хинное дерево, дающее хинин, жители тропиков, субтропиков и немало обитателей умеренных зон были бы обречены на страдания от малярии. Появление синтетических аналогов этого лекарства стало возможным только благодаря детальному изучению оригинала. Мексиканский ямс, принадлежащий к роду *Dioscorea*, является источником диосгенина, который используется при производстве кортизона и гидрокортизона. Стараясь изменить природные условия, человек вступил в конфликт с силами естественной саморегуляции. Одним из результатов такого конфликта стало снижение биологического разнообразия природных экосистем. В настоящее время число видов на Земле стремительно уменьшается. Ежедневно исчезает до 10 видов животных и еженедельно — 1 вид растений. Ги-



Рис. 11.10. Сокращение биоразнообразия

бель одного вида растений ведет к уничтожению примерно 30 видов мелких животных (прежде всего насекомых и круглых червей — нематод), связанных с ним в процессе питания. В ближайшие 20—30 лет человечество может потерять около 1 млн. видов. Это будет серьезным ударом по целостности и стабильности нашего природного окружения. Сокращение биоразнообразия занимает особое место среди основных экологических проблем современности. Происходит массовое уничтожение природных экосистем и исчезновение многих видов живых организмов. Природные экосистемы полностью изменены или уничтожены на пятой части суши. С 1600 г. зарегистрировано исчезновение 484 видов животных и 654 видов растений.

Виды животных и растений распределены по поверхности планеты неравномерно. Разнообразие видов в естественных средах обитания максимально в тропической зоне и уменьшается с увеличением широты. Самые богатые по видовому разнообразию экосистемы — дождевые тропические леса, которые занимают около 7 % поверхности планеты и содержат более 90 % всех видов. Коралловые рифы и средиземноморские экосистемы также отличаются видовым разнообразием.

Биоразнообразие обеспечивает генетическими ресурсами сельское хозяйство, составляет биологическую базу для всемирной продовольственной безопасности и является необходимым условием существования человечества. Ряд дикорастущих растений, родственных сельскохозяйственным культурам, имеет очень большое значение для экономики на национальном и глобальном уровнях. Например, эфиопские сорта калифорнийского ячменя обеспечивают защиту от болезнетворных вирусов, в денежном выражении составляющую 160 млн дол. США в год. Генетическая устойчивость к заболеваниям, достигаемая с помощью диких сортов пшеницы, в Турции оценивается в 50 млн дол.

Причин необходимости сохранения биоразнообразия много: потребность в биологических ресурсах для удовлетворения нужд человечества (пища, материалы, лекарства и др.), этический и эстетический аспекты и т.д. Однако главная причина состоит в том, что биоразнообразие играет ведущую роль в обеспечении устойчивости экосистем и биосферы в целом (поглощение загрязнений, стабилизация климата, обеспечение пригодных для жизни условий). Биоразнообразие выполняет регулирующую функцию в осуществлении всех биогеохимических, климатических и других процессов на Земле. Каждый вид, каким бы незначительным он ни казался, вносит определенный вклад в обеспечение устойчивости не только своей локальной экосистемы, но и биосферы в целом.

По мере усиления антропогенного воздействия на природу, приводящего к обеднению биологического разнообразия, изучение организа-

ции конкретных сообществ и экосистем, а также анализ изменения их разнообразия становится насущной необходимостью. В 1992 г. в Рио-де-Жанейро (Бразилия) состоялась конференция ООН по окружающей среде и развитию. На ней представителями большинства государств Земного шара была подписана Конвенция о биологическом разнообразии.

В Конвенции под “биологическим разнообразием” понимается вариативность живых организмов из всех источников, в том числе наземные, морские и иные водные экосистемы и экологические комплексы, частью которых они являются; это понятие включает разнообразие в рамках вида, между видами и разнообразие экосистем.

Цель Конвенции о биологическом разнообразии была сформулирована следующим образом: “сохранение биологического разнообразия, устойчивое использование его компонентов и справедливое распределение доходов от использования генетических ресурсов”.

В дополнение к Конвенции была принята Программа действий в XXI в. В ней рекомендовано направлять деятельность человечества в первую очередь на выявление состояния биоразнообразия и потенциальных угроз ему в каждой из стран, признающих ценности, провозглашенные на данной конференции.

Сегодня очевидно, что сохранение разнообразия живых организмов и биологических систем на Земле — необходимое условие выживания человека и устойчивого развития цивилизации.

Проверь знания:



1. Объясните понятие *биоразнообразие видов*.
2. Объясните, когда была создана Конвенция о биоразнообразии и назовите причины ее создания.



1. На примере местности проанализируйте биоразнообразие видов за определенный период и составьте схему.
2. Перечислите основные типы биоразнообразия.



1. Сравните различные схемы биоразнообразия Казахстана за определенные периоды.
2. Установите взаимосвязь между разнообразием и устойчивостью экосистем.



1. Составьте сравнительную таблицу биоразнообразия всех видов Казахстана и покажите схематически.
2. Докажите необходимость сохранения биоразнообразия видов.



1. Пользуясь дополнительной информацией, подготовьте презентацию о проблемах биоразнообразия в Казахстане и мерах по его сохранению
2. К чему приведет сокращение биоразнообразия видов и какое место занимает среди экологических проблем?
3. Объясните причины сокращения биоразнообразия видов в вашей местности или регионе.
4. Какие меры или действия вы предпримете для сохранения биоразнообразия видов в Республике и своей местности? Составьте план.

§ 63. ЗАКОН ГЕНЕТИЧЕСКОГО РАВНОВЕСИЯ ХАРДИ — ВАЙНБЕРГА

На этом уроке:

- Изучите закон генетического равновесия Харди — Вайнберга;
- сможете объяснить сущность закона Харди — Вайнберга, условия выполнения и применение закона;
- познакомитесь с математическим выражением закона *Харди — Вайнберга*.

Знаете ли вы:

- В чем сущность закона Харди — Вайнберга;
- каковы условия выполнения закона Харди — Вайнберга и его применение;
- причины нарушения закона Харди — Вайнберга.

Ключевые понятия:

Закон генетического равновесия Харди — Вайнберга, сущность, условия выполнения и применение закона Харди — Вайнберга.

Популяционная генетика занимается генетической структурой популяций. Понятие *популяция* относится к совокупности свободно скрещивающихся особей одного вида, длительно существующей на определенной территории (части ареала) и относительно обособленной от других совокупностей того же вида.

Важнейший признак популяции — это относительно свободное скрещивание. Если возникают какие-либо изоляционные барьеры, препятствующие свободному скрещиванию, то возникают новые популяции.

У человека, например, помимо территориальной изоляции, достаточно изолированные популяции могут возникать на основе социальных, этнических или религиозных барьеров. Поскольку между популяциями не происходит свободного обмена генами, то они могут существенно различаться по генетическим характеристикам. Для того чтобы описывать генетические свойства популяции, вводится понятие генофонда: совокупности генов, встречающихся в данной популяции. Помимо генофонда важны также частота встречаемости гена или частота встречаемости аллеля.

Знание того, как реализуются законы наследования на уровне популяций, принципиально важно для понимания причин индивидуальной изменчивости. Все закономерности, выявляемые в ходе психогенетических исследований, относятся к конкретным популяциям. В других популяциях, с иным генофондом и другими частотами генов, могут получаться отличающиеся результаты.

При определенных условиях популяция находится в состоянии *генетического равновесия*, т. е. ее генофонд не изменяется из поколения

в поколение. Это принцип равновесия или *закон Харди — Вайнберга*.

В идеальной популяции наблюдается постоянство частот генов, гомозигот и гетерозигот и оно не изменяется в ряду поколений.

Идеальная популяция характеризуется следующими признаками:

- число особей достаточно большое;
- особи свободно скрещиваются;
- не происходят мутации;
- нет миграции из соседних популяций;
- отсутствует естественный отбор.

Закон Харди — Вайнберга позволяет определять частоты генов и генотипов. Частоту доминантного гена A обычно обозначают буквой p , а частоту рецессивного гена a — буквой q .

Составим схему скрещивания и установим возможные сочетания аллелей гена и их частоты (табл. 16).

Таблица 16

Аллель (частота)	$A(p)$	$a(q)$
$A(p)$	$AA(p^2)$	$Aa(pq)$
$a(q)$	$Aa(pq)$	$aa(q^2)$

Значит, частота доминантных гомозигот AA равна p^2 , частота гетерозигот Aa — $2pq$, а частота рецессивных гомозигот aa — q^2 .

Если аллельных генов два, то сумма их частот равна единице (или 100%):

$$p + q = 1$$

Сумма частот генотипов тоже равна единице (или 100%):

$$p^2 + 2pq + q^2 = 1.$$

По формуле Харди — Вайнберга можно определять частоты генов в природных популяциях, например, вычислять частоты полезных и вредных мутаций в популяциях растений и животных при восстановлении исчезающих видов или создании новых сортов и пород.

В естественных условиях идеальных популяций не существует. Мутации происходят всегда, имеют место миграции особей и отбор. Закон Харди — Вайнберга применим для количественной оценки многих генетических явлений.

Процессы, обеспечивающие способность популяции сохранять свою генетическую структуру, называют *генетическим гомеостазом*.

Харди и Вайнберг провели математический анализ распределения генов в больших популяциях, где нет отбора, мутаций и смешивания популяций. Они установили, что такая популяция находится в состоянии равновесия по соотношению генотипов, что определяется формулой $p^2AA + 2pqAa + q^2aa = 1$ ($pA + qa = 1$), где p , q — частота его аллелей.

В соответствии с этим был сформулирован закон Харди — Вайнберга: доля доминантных гомозигот, гетерозигот и рецессивных гомозигот в популяции при отсутствии факторов, равна 1 и не изменяется в ряду поколений. Данный закон действителен только для искусственной, идеальной популяции.

Условия выполнения закона Харди — Вайнберга

1. *Случайность скрещивания в популяции.* Это важное условие подразумевает одинаковую вероятность скрещивания между всеми особями, входящими в состав популяции. Нарушения этого условия у человека могут быть связаны с кровнородственными браками. В этом случае в популяции повышается количество гомозигот. На этом обстоятельстве основан даже метод определения частоты кровнородственных браков в популяции, которую вычисляют, определяя величину отклонения от соотношений Харди — Вайнберга.

2. *Ассортативность браков,* которая связана с неслучайностью выбора брачного партнера. Например, обнаружена определенная корреляция между супругами по коэффициенту интеллекта. Ассортативность может быть положительной или отрицательной и, соответственно, повышать изменчивость в популяции или понижать ее. Ассортативность влияет не на частоты аллелей, а на частоты гомо- и гетерозигот.

3. *Исключение мутаций.*

4. *Исключение миграций* как в популяцию, так и из нее.

5. *Исключение естественного отбора.*

6. Популяция больших размеров, в противном случае даже при соблюдении остальных условий будут наблюдаться чисто случайные колебания частот генов.

Эти положения, конечно, в естественных условиях в той или иной степени нарушаются. Однако в целом их влияние не так сильно выражено, и в человеческих популяциях соотношения закона Харди — Вайнберга, как правило, выполняются.

Закон Харди — Вайнберга позволяет подсчитывать частоты аллелей в популяции. Рецессивные аллели проявляются в фенотипе, если они оказываются в гомозиготном состоянии. Гетерозиготы фенотипически либо не отличаются от доминантных гомозигот, либо их можно идентифицировать с помощью специальных методов.

Произведем расчеты для рецессивной мутации, вызывающей фенилкетонурию. Заболевание встречается у одного человека из 10 тысяч. Таким образом, частота встречаемости гомозигот q^2 (генотип aa) равна 0,0001. Частота рецессивного аллеля q определяется путем извлечения квадратного корня ($q = \sqrt{q^2}$) и равна 0,01.

Частота доминантного аллеля будет:

$$p = 1 - q = 1 - 0,01 = 0,99.$$

Отсюда легко определить частоту встречаемости гетерозигот Аа: $2pq = 2 \times 0,99 \times 0,01 = 0,0198 = 0,02$, т. е. она составляет приблизительно 2%. Получается, что один человек из 50 является носителем гена фенилкетонурии. Эти данные показывают, какое большое количество рецессивных генов остается в скрытом состоянии.

Как уже было сказано, на частоту появления гомозиготных генотипов могут оказать влияние кровнородственные браки. При близкородственном скрещивании (инбридинге) частота гомозиготных генотипов увеличивается по сравнению с соотношениями закона Харди — Вайнберга. В результате этого вредные рецессивные мутации, определяющие заболевания, чаще оказываются в гомозиготном состоянии и проявляются в фенотипе. Среди потомства от кровнородственных браков с большей вероятностью встречаются наследственные заболевания и врожденные уродства.

Оказалось, что и другие признаки испытывают достоверное влияние инбридинга. С увеличением степени инбридинга снижаются показатели умственного развития. Так, при увеличении коэффициента инбридинга на 10% коэффициент интеллекта снижается на 6 баллов (по шкале Векслера для детей). Коэффициент инбридинга в случае брака двоюродных сибсов равен $1/16$, для троюродных сибсов — $1/32$.

В связи с повышением мобильности населения в развитых странах и разрушением изолированных популяций наблюдалось снижение коэффициента инбридинга в течение всего XX в. На это также повлияло на снижение рождаемости и уменьшение количества двоюродных сибсов.

При отдаленном скрещивании можно наблюдать появление гибридов с повышенной жизнеспособностью в первом поколении. Это явление получило название *гетерозиса*. Причиной гетерозиса является перевод вредных рецессивных мутаций в гетерозиготное состояние, при котором они не проявляются в фенотипе.

Проверь знания:



1. Расскажите, какими признаками обладает популяция, в которой выполняется закон Харди — Вайнберга.
2. Объясните сущность закона Харди — Вайнберга.
3. Назовите условия выполнения закона Харди — Вайнберга и его применение.



На примере местности составьте схему выполнения закона генетического равновесия на одном виде.



Сравните различные схемы закона генетического равновесия по Казахстану и рассмотрите возможности его применения.



Составьте план закона генетического равновесия на примере одной экосистемы в своей местности.



Подготовьте презентацию о законе генетического равновесия в своей местности.

§ 64. СОХРАНЕНИЕ РЕДКИХ И ИСЧЕЗАЮЩИХ ВИДОВ РАСТЕНИЙ И ЖИВОТНЫХ

На этом уроке:

- Изучите редкие и исчезающие виды растений и животных;
- объясните необходимость сохранения редких и исчезающих видов растений и животных;
- проанализируете и докажете необходимость сохранения редких и исчезающих видов в различных регионах Казахстана.

Знаете ли вы:

- Какие меры в борьбе за сохранение видового разнообразия предпринимаются специалистами;
- какие разнообразные формы охраны природных комплексов существуют в мире;
- какие условия необходимы для возвращения вида в природу.

Ключевые понятия:

Редкие и исчезающие виды, сохранение редких и исчезающих видов растений и животных.

Возрастание масштабов практически неуправляемого разрушения природных комплексов, местообитаний видов растений и животных ведет к снижению численности все большего числа видов до критического уровня, обрекая их на исчезновение. Количество известных науке видов высших растений превышает 600 тыс., а животных — 2 млн. Общее количество видов животных, по расчетам на основе специальных экспериментов с частотой встречаемости новых видов, составляет, по видимому, не менее 10, а может быть и 30 млн. При этом значительная, если не бóльшая, часть видов таких многочисленных и разнообразных классов, как круглые черви, паукообразные и насекомые, особенно обитатели все еще недостаточно изученных тропических лесов, до сих пор не описаны и остаются неизвестными науке. Поэтому речь идет о необходимости предотвращения вымирания сотен тысяч и миллионов видов.

Очевидно, что наиболее целесообразно сохранение достаточно больших, богатых видами экосистем, в составе которых сохраняются и все входящие в них виды. Это — генеральная линия в борьбе за сохранение видового разнообразия жизни — создание территорий, на которых частично или полностью запрещается хозяйственная деятельность, а присутствие людей ограничивается штатом охраны и исследователей. Такие территории называют *заповедниками*. Возможны более “мягкие” формы охраны, при которых разрешаются одни формы деятельности, например сельское хозяйство, и запрещаются другие — охота, рыбная

ловля, лесозаготовки. Такие территории с ограниченным хозяйственным использованием называют *заказниками*.

В мире существует достаточное разнообразие форм охраны природных комплексов, но только заповедники со строгим режимом охраны являются истинными резерватами видов дикой природы. По расчетам, сделанным разными авторами, остановить катастрофическое вымирание видов, создавая новые заповедники, можно, если полностью изъять из хозяйственного использования и перевести на режим строгой охраны от 30 до 40% территории суши. Конечно, заповедники должны охватывать все почвенно-климатические зоны и создаваться прежде всего в наиболее населенных странах и регионах, где природа испытывает особенно сильное давление цивилизации и где особенно велико число видов, находящихся под угрозой. Очевидно, что в ближайшие десятилетия человечество еще не сумеет “поделить” Землю с дикой природой и необходимые площади не удастся сделать заповедными.

Еще одна возможность сохранения редких видов заключается в увеличении числа зоопарков и ботанических садов, разведении исчезающих видов в условиях неволи с последующим возвращением размножившегося вида в природную среду. Есть много примеров успешного сохранения отдельных видов таким способом. Например, европейский зубр, к началу 30-х годов сохранившийся только в неволе, был успешно размножен в заповедниках при полувольном содержании и затем выпущен в природу. При этом, поскольку для восстановления вида использовали скрещивание с близким видом — американским бизоном, было получено достаточное количество “нечистокровных” зубров, составивших основу стада зубров Кавказского заповедника. “Чистокровные” зубры живут теперь в Беловежской Пуще, Окском и Приокско-Террасном заповедниках. Их численность превысила критическую, хотя генетические последствия этапа, на котором неизбежным было близкородственное скрещивание, все еще обнаруживаются, и это требует продолжения селекционной работы.

Задача сохранения в неволе и размножения редких видов животных — главная в деятельности основанного Джералдом Даррелом, зоопарка на острове Джерси. Ряд программ по размножению в неволе редких видов животных с задачей последующего их возвращения в природу реализуется как в отдельных странах, так и учеными нескольких стран на своей территории. Такова русско-американская программа “Стерх”, работа по которой, зоологи в ежегодных экспедициях в тундру, в места гнездования этих прекрасных редких птиц, белых журавлей, собирают яйца в гнездах. Затем их доставляют в специальный журавлиный питомник Окского заповедника. В инкубаторе выводят птенцов, выкармливают, чтобы создать в питомнике размножающуюся полувольную популяцию и тем самым сохранить вид с перспективой его

возвращения в природу. Такая работа по каждому виду требует больших трудовых и финансовых затрат, поэтому программами спасения охватывается очень небольшое число видов, обычно крупных, хорошо заметных и чем-то привлекательных или символических для человека зверей и птиц. Не только финансовые затруднения не позволяют рассчитывать на этот метод, как на основной для большого числа видов. Необходимо получение популяции, состоящей из сотен и даже тысяч особей. Это нужно, чтобы при возвращении вида в природу его численность была выше минимальной, иначе вид сразу же снова попадет в категорию исчезающих. Это требует отведения под питомники значительных территорий, и тут возникает та же сложность, что с заповедниками. Возможность одновременной работы с очень ограниченным числом видов диктует необходимость иметь животных исчезающих видов под контролем, чтобы вид за видом размножать в питомниках и возвращать в природу. Однако в малочисленной популяции вид может просуществовать лишь ограниченное, не более 10—20, число поколений.

Для возвращения вида в природу необходимое условие успеха — ликвидация причин, вызвавших роковое снижение его численности. В большинстве случаев эта причина — разрушение местообитаний. “Последняя линия обороны” в борьбе с уменьшением видовой разнообразия жизни на Земле — генетические криобанки, создание которых только начинается.

Еще в начале XX в., вскоре после того, как в технике научились получать сжиженные газы с очень низкими температурами кипения, было обнаружено, что многие семена растений и даже некоторые животные, такие как тихоходки, приспособленные к высушиванию, не теряют жизнеспособности после замораживания в жидком азоте при температуре 196° . Возникла новая отрасль биологии, которая исследует воздействие на живые клетки, ткани и организмы низких и сверхнизких температур, — криобиология. Выяснилось, что главной причиной гибели клеток при замораживании оказывается разрушение клеточных структур растущими в клеточных и межклеточных жидкостях кристалликами льда. Были найдены естественные и искусственные криопротекторы — вещества, влияющие на кристаллообразование льда в цитоплазме и предотвращающие таким образом образование крупных кристаллов, разрушающих клеточные структуры.

С 1949 г. криоконсервацию стали использовать на практике для сохранения семенной жидкости наиболее ценных быков-производителей и широкого использования метода искусственного оплодотворения коров для улучшения породных показателей стада. С 1980 г. начались работы по применению метода криоконсервации для сохранения генетических материалов редких и исчезающих видов животных и растений. Теперь уже в генетических криобанках удается сохранять сперму большин-

ства видов животных, зародыши и некоторые соматические клетки в виде замороженных культур, семена большинства видов растений. Преимущество криобанков в том, что при температуре жидкого азота практически исключаются мутации в молекулах ДНК под действием теплового шума, поэтому генетические материалы могут храниться без нарушений в течение десятков и сотен лет, а при защите от радиоактивного фона и космических лучей — до 3 тыс. лет.

Для разумной организации работ по восстановлению видов важно ясное понимание не только значения, но и биологического смысла биоразнообразия. Различают биоразнообразие *таксономическое*, *экологическое* и *генетическое*. Таксономическое разнообразие выражается перечнем видов, обитающих на той или иной территории, и отражает как эволюционную историю видов, так и современные экологические условия территории. Роль последних отражается в экологическом разнообразии, учитывающем соотношение численностей близких и далеких по требованиям к условиям среды видов или групп видов, позволяя отличать территории, благоприятные для увеличения таксономического разнообразия, и неблагоприятные.

Разработка норм и принципов землепользования, при которых оптимально сочетаются интересы хозяйственного использования земель и сохранения видового разнообразия исходных ландшафтных комплексов различных территорий — одна из важнейших задач, решение которых необходимо для обеспечения благополучного будущего людей на Земле и в каждой стране.

В 1997 г. приняты законы “Об охране окружающей среды”, “Об особо охраняемых природных территориях”, “Об экологической экспертизе”, в 1998 г. — “О радиационной безопасности”, в 2002 г. — “Об охране атмосферного воздуха”. В области рационального природопользования — указы Президента, имеющие силу Закона, “О недрах и недропользовании” (1996 г.) и “О нефти” (1995 г.), в 2003 г. — Лесной, Водный и Земельный кодексы. Разработано и утверждено большинство необходимых подзаконных нормативных правовых актов.

Самые редкие животные Казахстана. Некоторые специалисты предполагают, что гепард уже исчез с территории нашей страны. Обитал он в пустынных районах, которые покрывают 40% Казахстана. Но из-за вмешательства людей ареал обитания этого прекрасного создания неминуемо сокращался. Также врагами гепарда стали геологические и другие экспедиции, которые уничтожали их посредством транспорта. Шанс встретить это гордое животное ничтожно мал, но тем не менее он есть.

До 50-х годов прошлого века красный волк встречался достаточно часто, а вот уже в 80-х годах сообщений о нем становилось все меньше и меньше, и те поступали в большинстве своем из Южного Алтая.



Рис. 11.11. Снежный барс



Рис. 11.12. Манул

В наши дни сообщений о встрече с красным волком нет. Вымер ли этот вид — вопрос открытый, но имеющий почти очевидный ответ...

Туркестанский барханный кот встречается и в наших степях. занесен в Красную книгу из семейства кошачьих, он встречается наиболее часто. Кот ведет ночной образ жизни и живет в песчаных пустынях. Из-за суровых и многоснежных зим животное истощается, что может грозить его массовой гибелью. И как обычно, в исчезновении этого вида животного немалую роль играет опять-таки человек. На бархатного кота есть спрос, а следовательно всегда найдутся и те, кто будет его отлавливать.

Редкий и прекрасный представитель кошачьих — манул.

Живет он в невысоких горах, пустынях с кустарниками и степях.

В настоящее время численность манула точно неизвестна. Среди причин его исчезновения указывают браконьерство, снежные зимы и освоение земель в местах их обитания.

Степная рысь в Казахстане встречается очень редко и находится под угрозой полного исчезновения. Причиной вымирания, как всегда, является либо человек с его жадностью, либо погодные условия, приводящие к его массовой гибели.

Снежного барса насчитывается около 200 особей. Что касается рыси, она встречается еще реже в Заилийском и Джунгарском Алатау, а также в заповедниках.

Рис. 11.13.
Барханный котРис. 11.14.
Красный волк

Рис. 11.14. Гепард

Редкие растения Казахстана. Мак тоненький можно встретить на Алтае, в Восточной Сибири, на юго-востоке Казахстана, в Монголии, Китае и арктических районах Северной Америки, на Аляске и Юконе. Мак растет на каменистых почвах и крайне редко встречается в степях (рис. 11.16).

Жестковенечник пятирогий предпочитает каменистые склоны и достигает 30 см в высоту. Цветет в середине лета, образуя плоды-полуплодики длиной до 6 мм (рис. 11.17).

Тюльпан Биберштейна, или дубравный, относится к поликарпикам — растениям, цветущим и плодоносящим в течение всего жизненного цикла. Тюльпан дает побеги высотой до 40 см, образуя голый стебель. Созревшие бутоны тюльпана поникают, но раскрываясь, они опять устремляются к солнцу (рис. 11.18).

Можжевельник многоплодный, или восточный — это вечнозеленое хвойное дерево, образует густую крону красно-серого цвета. Оно достигает 10 м в высоту. Молодые желтоватые, сизо-зеленые веточки растения всего 1,5 мм толщиной (рис. 11.19).



Рис. 11.15. Степная рысь



Рис. 11.16. Мак тоненький



Рис. 11.17. Жестковенчик



Рис. 11.18. Тюльпан Биберштейна



Рис. 11.19. Можжевельник многоплодный

Проверь знания:

Перечислите редкие и исчезающие виды растений и животных своей местности или региона.

Какие меры по сохранению редких и исчезающих видов предпринимаются в Казахстане?



На примере своей местности составьте план схемы сохранения видового разнообразия.

Объясните понятие *криоконсервация* и для чего используют сохранение редких и исчезающих видов растений и животных.



Сравните различные данные о видовом разнообразии Казахстана.

Проанализируйте и докажите необходимость сохранения редких и исчезающих видов растений и животных.



Предложите виды животных Казахстана для включения в генетический криобанк.

Составьте список редких и исчезающих видов растений и животных вашего региона.



Какие задачи выполняет программа "Стерх"?

Какие меры по сохранению видового разнообразия предпринимаются в Казахстане?

§ 65. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РАЗЛИЧНЫХ СТАТИСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ В ОПРЕДЕЛЕНИИ ЧИСЛЕННОСТИ И РАСПРЕДЕЛЕНИИ ОРГАНИЗМОВ МЕСТНОЙ ЭКОСИСТЕМЫ

На этом уроке:

- Научитесь исследовать состояние экосистемы своего региона с использованием статистических методов анализа;
- Сможем объяснить применение статистических методов определения организмов в экосистемах.

Знаете ли Вы:

- Для чего используются статистические методы;
- Какова динамика численности населения Казахстана за последние 10 лет.

Ключевые понятия:

Статистический метод, методы определения общей численности организмов в популяции.

Необходимость определения общей численности популяций в экосистемах возникает не часто. Исключение составляют случаи, когда необходимо выяснить, например, общую численность или поголовье видов, важных с хозяйственной точки зрения. Подобные оценки важны также при определении общей численности видов, находящихся под угрозой исчезновения, например, животных, занесенных в красную книгу. Еще одна область применения таких подсчетов — это выяснение количества тех или иных видов в национальных парках, зоопарках,

заповедниках и т. д.

Очевидно, что определить численность всех особей, образующих популяцию, крайне сложно. Но иногда это возможно, если речь идет о крупных и хорошо заметных для человека организмах, образующих немногочисленные скопления на ограниченной территории. Например, дикие северные олени кольского полуострова в конце зимы — начале весны скапливаются на небольших горных возвышенностях, где могут докопаться до лишайников, служащих им кормом. Аналогично, по “головам” можно сосчитать и колониально гнездящихся птиц — кайр, грачей, белых гусей и т. д. Для определения численности подобных видов часто используют фотографирование, которое исследователь выполняет с самолета или вертолета. Впоследствии по фотографиям можно легко подсчитать всех животных. Когда-то такой способ был использован немецким зоологом Бернардом Гржимеком для оценки численности различных африканских копытных в африканском национальном парке “Серенгети”.

Для оценки общей численности относительно крупных и подвижных животных часто используется метод мечения с последующим отловом. Этот метод был предложен известным гидробиологом — Петерсенем. Его суть в том, что животных ловят, определенным образом метят и выпускают обратно в природу, туда, где они были пойманы. Через некоторое время производят новый отлов, и по доле, которую составляют меченые особи от общего числа пойманных, определяют численность популяции:

$$\frac{N}{M} = \frac{C}{R} \Rightarrow N = \frac{CM}{R}$$

где M — количество особей, меченых в первой выборке;

C — количество особей, отловленных во второй раз;

R — количество меченых особей во второй выборке.

Было показано, что в случае с небольшими выборками данная формула дает завышенные результаты, поэтому в нее вводят поправку:

$$N = \frac{(C + 1)(M + 1)}{R + 1}$$

Для того, чтобы данный метод “работал” корректно, необходимо выполнение нескольких условий:

1. Популяция является закрытой, т. е. в ней не наблюдаются процессы иммиграции и эмиграции особей.

2. Выловленные и меченые животные должны представлять случайную выборку из популяции, т. е. в этой выборке не должен быть повышен процент слабых, больных или малоактивных (слишком активных) животных.

3. Выпущенные в природу меченые животные должны полностью перемещаться с остальной частью популяции.

4. Вероятность выживания меченых особей должна быть примерно такой же, как немеченых особей.

5. При вторичном отлове вероятность поимки меченых животных не должна быть больше или меньше, чем немеченых особей.

6. Время между двумя отловами должно быть меньше продолжительности жизни одного поколения.

Перечисленные условия на практике редко выполняются полностью, однако метод мечения довольно широко применяется, например, при оценке численности рыб, обитающих в замкнутых водоемах. Иногда он оказывается единственно возможным для таких целей.

Рассмотрим еще два метода, позволяющих оценить общую численность животных. Первый — это так называемый метод Келкера (1940), предложенный для промысловых видов. Метод применяется в случаях, когда в популяции избирательно элиминируются особи с определенным признаком, отсутствующим у другой части этой популяции. Такие особи, различающиеся по какому-то признаку, например, по полу, принято обозначать как организмы x -типа и y -типа. Чтобы разобраться с методом Келкера, рассмотрим гипотетическую популяцию, в которой преимущественно отстреливают самцов. Очевидно, что соотношение полов в популяции до проведения охоты и после будет разным. При этом доля самцов в популяции после проведения охоты будет определяться следующим образом:

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Доля самцов} \\ \text{после охоты} \end{array} \right\} = \frac{\{ \text{число самцов до охоты} \} - \{ \text{число убитых самцов} \}}{\{ \text{Численность популяции до охоты} \} - \{ \text{число убитых животных} \}}$$

(S) введем следующие обозначения:

N_1 — общая численность популяции до охоты;

N_2 — общая численность популяции после охоты;

x_1 и x_2 — число самцов в популяции до и после охоты;

y_1 и y_2 — число самок в популяции до и после охоты;

$p_1 = x_1/n_1$ — доля самцов в популяции до охоты;

$p_2 = x_2/n_2$ — доля самок в популяции до охоты;

$R_x = x_2 - x_1$ — изменение численности самцов за период проведение охоты;

$R_y = y_2 - y_1$ — изменение численности самок за период проведение охоты;

$R = r_x - r_y$ — изменение общей численности популяции.

С учетом этих обозначений формула Келкера в формализованном виде можно записать так:

$$N_1 = \frac{R_x - p_2 R}{p_2 - p_1}.$$

Давайте рассмотрим, как применять эту формулу на примере. До проведения сезона охоты сотрудниками заказника были отловлены 1400 фазанов. Среди них 600 птиц оказались самцами. После проведения охоты провели повторное обследование популяции и выяснили, что из 2000 отловленных птиц самцами были только 200. Всего за сезон были убиты 8000 самцов и 500 самок. Необходимо оценить численность популяции до проведения охоты.

Находим необходимые параметры:

$$p_1 = \frac{600}{1400} = 0,428571$$

$$p_2 = \frac{200}{2000} = 0,100000$$

$$R_x = -8000$$

$$R_y = -500$$

$$R = R_x + R_y = -8500$$

$$N_1 = \frac{-8000 - (0,100000)(-8500)}{(0,100000) - (0,428571)} = 21761$$

При этом после охоты численность популяции птиц будет составлять:

$$N_2 = N_1 + R = 21761 + (-8500) = 13261$$

Можно рассмотреть еще один метод определения общей численности популяций — это метод Лесли-Дэвиса. Он применяется в случае с популяциями, используемыми в промысловых целях. Для таких популяций характерно изъятие значительного числа особей с каждым последующим промысловым усилием. В качестве промыслового усилия здесь имеется в виду, например, одноразовое забрасывание невода, отлов организмов вдоль одной трансекты и т.д. Применение метода требует соблюдения следующих трех условий:

- 1) популяция является закрытой;
- 2) поимка одной особи никак не влияет на вероятность поимки другой;
- 3) вероятность попадания в улов постоянна для всех особей популяции.

Кроме того, в каждом из последовательных отловов (отстрелов) должно применяться одно и то же промысловое усилие.

Метод Лесли-Дэвиса (неселективного изъятия) для оценки общей численности популяции. Данный метод используется для оценки абсолютной численности животных, обитающих на ограниченной территории. Он может быть применен для оценки численности насекомых на определенном участке луга, млекопитающих в локальной популяции. В основе использования метода неселективного изъятия лежит явление

ние постепенного снижения вероятности встречаемости животного в серии последовательных отловов, вызванное снижением численности популяции в результате изъятия из нее особей.

Таким образом, при применении данного метода животных отлавливают, подсчитывают их количество и не выпускают до конца исследования. Затем производят еще 3—4 последовательных отлова по аналогичной методике, при этом число отловленных животных постепенно уменьшается, вследствие уменьшения их общего количества на исследуемой территории.

Если построить график зависимости числа отловленных животных при каждом отлове от общего числа ранее отловленных, по нему можно найти оценку исходной численности популяции.

Проверь знания:



Дайте определение понятию "статистические методы".

Назовите различные статистические методы, применяемые для определения количества организмов в экосистеме.



Какой вид методов выбрать при определении общего количества организмов на местности. Сделайте мини-проект.



Исследуя городской парк, подсчитайте количество птиц, белок и другие организмы используя статистические методы.



Составим таблицу по использованию различных статистических методов для определения количества организмов в заповедниках, парках, прудах.



1. Перечислите статистические методы и дайте разъяснение.

2. Обсудим метод используемый немецким зоологом Бернардом Гржимек для оценки численности копытных в Национальном парке.

3. Выберите наиболее часто используемый метод для оценки общего количества крупных и очень активных движущихся животных. Кто предложил этот метод?

4. Сформулируйте суть метода Лесли и Дэвиса. Приведите пример.

5. Обоснуйте необходимость различных статистических методов для определения численности организмов в экосистемах.

§ 66. ЗНАЧЕНИЕ СЛУЧАЙНОЙ ВЫБОРКИ В ОПРЕДЕЛЕНИИ БИОРАЗНООБРАЗИЯ МЕСТНОЙ ЭКОСИСТЕМЫ

На этом уроке:

- Научитесь исследовать состояние экосистемы своего региона с использованием статистических методов анализа;
- узнаете задачи в сфере охраны биоразнообразия.

Знаете ли Вы:

- Каковы меры биологического разнообразия;
- каковы причины сокращения биоразнообразия.

Ключевые понятия:

Биологическое разнообразие, классификация биоразнообразия, меры разнообразия, причины сокращения биоразнообразия.

Биологическое разнообразие — изменчивость живых организмов из всех источников, включая, среди прочего, наземные, морские и иные водные экосистемы и экологические комплексы, частью которых они являются. Это понятие включает в себя разнообразие в рамках вида, между видами и разнообразие экосистем.

Классификация биоразнообразия. В работах Роберта Уиттекера была предложена организация уровней экосистемного разнообразия и исследованы зависимости биоразнообразия от факторов окружающей среды. Согласно его представлениям выделяют:

альфа-разнообразие — разнообразие внутри сообщества,

бета-разнообразие — разнообразие между сообществами,

гамма-разнообразие — разнообразие надценотической системы по градиентам среды.

Впоследствии эти идеи были развиты и предложен ряд различных классификаций. Все это типологическое многообразие сводится к двум типам разнообразия — *инвентаризационному* — внутри биосистемы и *дифференцирующему* — между биосистемами. Инвентаризационное разнообразие обычно оценивается с помощью унарных индексов (например, мер разнообразия), а дифференцирующее — с помощью n-арных (чаще бинарных) мер.

По причине того, что область биологии, изучающая причины биоразнообразия, еще не сложилась, в этой области наблюдается большое число теорий и отдельных гипотез. Наиболее полный обзор теорий, претендующих на объяснение закономерностей изменения биоразнообразия, был представлен известным биологом-теоретиком Брайаном МакГиллом: теория континуума; нейтральная теория; теория метапопуляций; фрактальная теория.

Значение некоторых индексов для одной выборки (табл. 19)

Таблица 19

Инвентаризационное разнообразие

Индекс	Значение
Шеннона	3,22
Пиелу	0,820
Симпсона	0,058
Число видов	51

Общее обилие — 432,12 пар/га

В первом приближении биологическое разнообразие видов характеризуется двумя признаками — видовым богатством и выровненностью.

Видовое богатство отражает число видов, встречающихся в пределах экосистемы, в то время как выровненность характеризует равномерность распределения численности животных. Выделение этих составляющих связано с тем, что за редким исключением в экосистемах среди организмов, принадлежащих к одному трофическому уровню, экологической или таксономической группе, большая часть биомассы достигается за счет вклада очень немногих видов.

Меры разнообразия. Для количественной оценки инвентаризационного разнообразия используются меры разнообразия или двойственные им меры концентрации. Подразумевается, что наиболее разнообразное сообщество является “стратегическим запасом” биологической эволюции, а, следовательно, количественное определение таких сообществ позволяет обеспечить им охранный статус. Близким понятием является понятие *выровненности* видового состава сообщества.

Другим направлением количественной оценки является определение доли редких и обильных видов, а также их влияние на структуру сообществ в целом. Близким направлением является оценка доминирования видов, в рамках концепции которой используется понятие значимости вида. Под *значимостью* может пониматься оценка его места в экосистеме — биомасса, численность и др.

Еще одним (очень популярным и значимым) направлением в этой области является предсказание числа обнаруженных видов сообщества. Для этих целей используют: простые статистические экстраполяции на основе методов анализа временных рядов, кривые зависимости типа “виды-площадь”, построение моделей на основе фрактальных закономерностей и т.п.

А. В. Марковым и А. В. Коротаевым была показана применимость гиперболических моделей положительной обратной связи для математического описания макродинамики биологического разнообразия.

Для оценки дифференцирующего разнообразия используются меры сходства. По сути оценка этого типа разнообразия происходит через сравнение и выявление сходных элементов биосистем.

Причины сокращения. Исчезновение биологических видов является нормальным процессом развития жизни на Земле. В процессе эволюции неоднократно происходило массовое вымирание видов. Примером может служить пермское вымирание, приведшее к исчезновению всех трилобитов.

Начиная с XVII в. основным фактором ускорения вымирания стала хозяйственная деятельность человека. За этот период исчезло 120 видов амфибий, 94 вида птиц, 63 вида млекопитающих. В общем плане причинами снижения разнообразия служат: растущее потребление

ресурсов, пренебрежительное отношение к видам и экосистемам, недостаточно продуманная государственная политика в области эксплуатации природных ресурсов, непонимание значимости биологического разнообразия и рост численности населения Земли.

Причинами исчезновения отдельных видов обычно являются нарушение местообитания и чрезмерная добыча. В связи с разрушением экосистем уже погибли многие сотни видов растений и животных. Под угрозой находятся редкие виды, обладающие коллекционной ценностью, а также нелегально используемые в традиционной китайской медицине. Большинство видов крупных наземных животных (крупные копытные, кошачьи, слоны, носороги и другие животные, чей вес превышает 20 кг) сохранились только на охраняемых территориях (в заповедниках, национальных парках)

К числу других причин относятся: влияние со стороны интродуцированных видов, ухудшение кормовой базы, целенаправленное уничтожение с целью защиты сельского хозяйства и промысловых объектов.

Охрана. Основные принципы охранной деятельности по сохранению биоразнообразия: создание особо охраняемых природных территорий (заповедников, национальных парков), ключевых для сохранения биоценозов, требующихся для выживания исчезающих и редких видов. Например, крупные хищные животные (львы, тигры, леопарды) являются вершиной пищевой пирамиды и для их выживания требуется сохранить всю пищевую цепочку — от растительности до крупных травоядных копытных. Для существования в природе 1 уссурийского тигра требуется охотничья территория тайги размером 300—800 км². Для охраны редких видов насекомых и мелких животных в Европе создаются микро-заповедники, а также “зеленые коридоры” для межпопуляционного обмена между охраняемыми территориями.

Экологическое просвещение:

- Запрет добычи редких и исчезающих видов животных и растений, на государственном и межгосударственном уровне.
- Ведение контроля и принятие жестких мер ответственности за нарушение природоохранного законодательства.
- Рациональное природопользование, в том числе иностранный туризм в национальных парках, а также продажа лицензий на охоту в специальных охотничьих заповедниках, в рамках экологически обоснованной квоты на животных, — для получения дополнительных средств на охрану заповедных территорий и редких видов.
- Криоконсервация геномов исчезающих видов.

Отдельные аспекты сохранения биоразнообразия. Когда учет долгосрочных хозяйственных интересов затруднен или попросту невозможен, может быть применен этический принцип: “Все живые существа

в своем роде неповторимы и чем-то важны для биосферы в целом и человечества, как его частицы”.

Работа по сохранению биоразнообразия в рамках всего человечества не может быть ограничена охраной лишь нескольких особо богатых видами экосистем (таких, например, как тропические леса или коралловые рифы).

В фокусе этой деятельности должны быть не только охраняемые природные территории (например, заповедники, местообитания тех или иных редких видов и др.), но и местности, где люди живут и работают.

Необходима особая политика государств и целая совокупность преобразований (в законодательстве, структуре природоохранной деятельности и т. д.), создающие условия, при которых увеличение расходов на сохранение биоразнообразия действительно будет успешным.

Сохранение биоразнообразия — это сохранение природных даров, которые важны как на местном уровне, так и с точки зрения страны и всего человечества. Хозяйственная выгодность сохранения биоразнообразия заметно проявляется лишь при учете его долговременных последствий и на уровне большой страны, материка, всего Земного шара и интересов их населения за длительный период. Для предотвращения ущерба биоразнообразию необходимо применение соответствующих как ограничительных (для нарушителей), так и поддерживающих (для сознательных граждан) законодательных, хозяйственных и просветительских мер.

Сохранение биоразнообразия в будущем может быть устойчивым только в том случае, если осведомленность и ответственность общества (на всех его уровнях), убежденность в необходимости действий в этом направлении будут постоянно возрастать.

Задачи в сфере охраны биоразнообразия

- Экономическая — включение биоразнообразия в макроэкономические показатели страны; потенциальные экономические доходы от биоразнообразия, в их числе: прямые (медицина, сырье и материалы для селекции и фармации и т. д.) и косвенные (экотуризм), а также издержки — восстановление разрушенного биоразнообразия.
- Управленческая — создание сотрудничества путем вовлечения в совместную деятельность государственных и коммерческих учреждений, армии и флота, негосударственных объединений, местного населения и всей общественности.
- Юридическая — включение определений и понятий, связанных с биоразнообразием, во все соответствующие законодательные нормы, создание правовой поддержки сохранения биоразнообразия.
- Научная — формализация процедур принятия решений, поиск индикаторов биоразнообразия, составление кадастров биоразнообразия, организация мониторинга.

- Образовательная — разработка и реализация образовательных программ, основанных на передовых знаниях в области охраны окружающей среды и эволюционной биологии в целях обучения и подготовки специалистов в области охраны биоразнообразия.
- Эколого-просветительская — экологическое образование населения, распространение идей охраны биоразнообразия, как важнейшей составляющей части биосферы.

Проверь знания:



Объясните понятие *биологическое разнообразие*.
Как классифицируется биоразнообразие?
Каковы задачи в сфере охраны биоразнообразия?



На примере местности составьте схематически анализ причин сокращения биоразнообразия.
Каковы причины сокращения биоразнообразия?



Сравните различные источники и составьте отчет о необходимости экологического просвещения населения вашего региона по сокращению биоразнообразия.
Докажите необходимость экологического образования.



Составьте план по сохранению биоразнообразия своей местности.
Докажите необходимость эволюционного образования.



1. Каковы причины сокращения биоразнообразия в вашем регионе?
2. Есть ли необходимость в экологическом просвещении при сохранении биоразнообразия?
3. Перечислите отдельные аспекты сохранения биоразнообразия.
4. Какие задачи в сфере охраны биоразнообразия разработаны государством РК?

Лабораторная работа № 11.1

Исследование состояния экосистемы своего региона с использованием статистических методов анализа

Основной метод современной экологии – количественный, качественная интерпретация изучаемых явлений и процессов давно перестала быть достаточным и надежным для определения влияния факторов среды на свойства живых систем. Современная статистика оказывается столь полезной при обработке численных данных в экологии именно потому, что она основана на признании этой изменчивости и обладает мощными средствами её учета. В итоге открываются конкретные закономерности, которые требуют объективной оценки. Подтверждение существования закономерного в изменчивости достигается посредством использования методов статистического анализа. Применение прикладных методов статистики к сложным живым системам способствовало появлению нового направления в биологических науках и математике, которое получило название «биометрия».

В экологических исследованиях принято регистрировать первичные данные в специальных журналах, дневниках, бланках, ведомостях.

В современных условиях внедрения в научные исследования компьютерных технологий следующим обязательным этапом является ввод этих данных в одну из программ статистического анализа, к примеру в электронную таблицу MS EXCEL или пакет STATISTICA. Форма организации первичных данных в электронных таблицах, естественно, будет различаться в зависимости от цели статистической обработки.

Цель работы: исследовать состояние экосистемы своего региона с использованием статистических методов анализа.

Методы и оборудование. Размеры пробных площадей для травяных сообществ обычно колеблются в пределах от 1 до 100 м², для лесов – от 100 до 5000 м². Размер может быть увеличен, так как размер пробной площади должен превышать минимальный размер площади, необходимой для выявления всех особенностей соответствующего сообщества. Пробные площади могут иметь строго определенную форму (прямоугольник, квадрат) или естественные границы изучаемого сообщества. При характеристике растительных сообществ производится подробное качественное и количественное их описание: список растений в определенном порядке. Для исследования экосистемы выделяют 2-3 пробных площадки, в каждой из них проводят определение растений и их подсчет. Результаты заносят в таблицу:

Виды	Количество 1 участок	Количество 2 участок	Количество 3 участок

По каждому участку проводят определение количества видов и количества растений и с использованием критерия χ^2 или коэффициента Стьюдента t . Сравнивают изучаемые участки. Результаты обобщают и делают выводы, если доминирующих видов 2-3, то экосистема однородная. Если наблюдается большая разница по численности растений, то определяют причину, обуславливающую эту разницу (например, разный полив, или освещенность).

Задание 1. В табл. 2. приведено описание древесно-кустарниковой растительности двух городских парков. Используя, критерия χ^2 или коэффициента Стьюдента t оцените концентрацию доминирования и общее видовое богатство в этих парках.

Таблица № 2. Древесно – кустарниковая растительность городских парков.

№ п/п	Название вида	Число особей
Парк № 1		
1	Карагач	35
2	Дуб	27
3	Клен	12
4	Береза	15
5	Шиповник	9
6	Ель	18
7	Сосна	32
8	Сирень	10
9	Тополь	8
Итого:	9 видов	Число особей N=166

Парк № 2		
1	Клен	38
2	Береза	31
3	Дуб	11
4	Сирень	16
5	Белая акация	15
6	Шиповник	12
7	Барбарис	8
8	Сосна	32
9	Ель	27
10	Карагач	40
11	Ива серебристая	10
12	Каштан	8
Итого:	12 видов	Число особей N =248

Заключение. Результаты опытов вносят в таблицу, проводят расчеты и делают выводы по состоянию экосистемы, оценивают, соответствуют ли полученные данные литературным источникам.



Вопросы

Вопросы по главе 11 "Биосфера. Экосистема. Популяция"

1. Дайте характеристику экологической пирамиде.
2. Объясните, что такое *трофические уровни* и приведите примеры.
3. Охарактеризуйте типы взаимоотношений в экосистеме.
4. Опишите модель "Передача энергии пищевых цепях".
5. Дайте определение понятию *биоразнообразие видов*.
6. В чем суть закона Харди—Вайнберга?
7. Какие виды выживают согласно закону генетического равновесия?
8. Какие виды признаются исчезающими?
9. Опишите механизмы охраны редких видов.
10. Какие виды растений и животных признаны исчезающими?
11. Охарактеризуйте охранные и заповедные территории в Казахстане.
12. Охарактеризуйте статистические методы оценки численности видов.
13. Дайте характеристику случайной выборке.

12

ЭКОЛОГИЯ И ВЛИЯНИЕ ЧЕЛОВЕКА
НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

§ 67. ГЛОБАЛЬНОЕ ПОТЕПЛЕНИЕ: ПРИЧИНЫ, ПОСЛЕДСТВИЯ

На этом уроке:

- Научитесь прогнозировать последствия возможного глобального потепления климата;
- изучите причины глобального потепления и последствия.

Знаете ли вы:

- Понятие *глобальное потепление*;
- понятие *парниковый эффект*;
- причины возникновения глобального затемнения.

Ключевые понятия:

Глобальное потепление, парниковый эффект, глобальное затемнение, солнечная активность.

Глобальное потепление: причины, последствия. *Глобальное потепление* — повышение средней температуры климатической системы Земли. Начиная с 1970-х годов как минимум 90% энергии потепления аккумулируется в океане. Несмотря на доминирующую роль океана в накоплении тепла, термин *глобальное потепление* часто используется для обозначения роста средней температуры воздуха у поверхности суши и океана.

С начала XX столетия средняя температура воздуха возросла на $0,74^{\circ}\text{C}$, примерно две трети приходятся на период после 1980 г. Каждое из последних трех десятилетий было теплее предыдущего, температура воздуха была выше, чем в любое предшествующее десятилетие.

Научное сообщество пришло к консенсусу в оценке причин глобального потепления. В Пятом докладе (2013 г.) МГЭИК заявила:

“Было установлено влияние человека на повышение температур атмосферы и океана, изменение глобального гидрологического цикла, уменьшение количества снега и льда, повышение глобального среднего уровня моря и на некоторые экстремальные климатические явления... Чрезвычайно вероятно, что влияние человека было основной причиной потепления, наблюдаемого с середины XX века”.

Как указала в 2018 г. Всемирная метеорологическая организация (ВМО), средняя температура воздуха в январе-октябре 2018 г. превысила среднее значение за 1850—1900 гг. на $0,98 \pm 0,12^{\circ}\text{C}$. Четыре

года — 2015, 2016, 2017, 2018 являются самыми теплыми за всю историю наблюдений.

13 из 14 самых теплых лет за историю метеонаблюдений приходятся уже на нынешнее XXI столетие, а десятилетие 2000-х стало самым теплым в истории наблюдений. Каждый год периода 1986—2013 г. был жарче среднего за период 1961—1990 гг. На температуру 1998 г. оказало влияние сильнейшее за столетие явление Эль Ниньо.

В различных частях Земного шара температуры меняются по-разному. С 1979 г. температура над сушей выросла вдвое больше, чем над океаном из-за его большой теплоемкости и затрат энергии на испарение. Северное полушарие нагревается быстрее, чем южное, из-за меридионального переноса тепла в океане и разницы альbedo полярных регионов. В Арктике темпы потепления вдвое больше среднемировых, при этом температуры там отличаются резкой изменчивостью. Хотя в северном полушарии эмиссия парниковых газов намного выше, чем в южном, причина различий в потеплении не в этом, поскольку время жизни основных парниковых газов позволяет им эффективно перемещаться в атмосфере.

Термическая инерция океанов и медленная реакция других элементов климатической системы означают, что климату потребуются столетия для достижения равновесного состояния. Исследования показывают, что если парниковые газы в атмосфере будут стабилизированы на уровне 2000 г., после этого произойдет дальнейшее потепление на $0,5^{\circ}\text{C}$.

Причины потепления (внешние воздействия). Климатическая система реагирует на изменения *внешних воздействий*, способных “толкать” климат в сторону потепления или похолодания. Примерами таких воздействий являются: изменение газового состава атмосферы (концентрации парниковых газов), вариации светимости Солнца, вулканические извержения, изменения в орбитальном движении Земли вокруг Солнца.

Орбитальные циклы представляют собой медленные вариации на временном протяжении порядка десятков тысяч лет. В настоящее время они находятся в тренде похолодания, который мог бы в отдаленной перспективе привести к новому периоду оледенения, если бы накопленный эффект антропогенного воздействия не препятствовал этому. Существует научный консенсус, что *текущее* глобальное потепление с высокой вероятностью объясняется деятельностью человека и вызвано антропогенным ростом концентрации углекислого газа в атмосфере Земли, и, как следствие, увеличением парникового эффекта.

Земля преобразует энергию падающего на нее видимого солнечного света в инфракрасное излучение, исходящее от Земли, в космос. Парниковые газы затрудняют этот процесс, частично поглощая инфракрасное излучение и удерживая уходящую в космос энергию в атмосфере. Добавляя в атмосферу парниковые газы, человечество еще больше

увеличивает поглощение инфракрасных волн в атмосфере, что ведет к росту температуры у поверхности Земли.

Парниковый эффект был обнаружен Жозефом Фурье в 1824 г. и впервые был количественно исследован Сванте Аррениусом в 1896 г.

На Земле основными парниковыми газами являются: водяной пар (ответственен примерно за 36—70% парникового эффекта, без учета облаков), углекислый газ CO_2 (9—26%), метан CH_4 (4—9%) и озон (3—7%). Азот (N_2), кислород (O_2) и любые другие газы, молекулы которых имеют строго симметричное распределение электрического потенциала, прозрачны для инфракрасного излучения и никакого значения для парникового эффекта не имеют. Особенностью водяного пара является способность конденсироваться и зависимость его концентрации в атмосфере от температуры воздуха, что придает ему свойство положительной обратной связи в климатической системе.

Атмосферные концентрации CO_2 и CH_4 увеличились на 31% и 149% соответственно по сравнению с началом промышленной революции в середине XVIII в. Согласно отдельным исследованиям, такие уровни концентрации достигнуты впервые за последние 650 тыс. лет — период, для которого были получены достоверные данные из образцов полярного льда. Около половины всех парниковых газов, получаемых в ходе хозяйственной деятельности человечества, остается в атмосфере.

Около трех четвертей всех антропогенных выбросов углекислого газа за последние 20 лет стали результатом добычи и сжигания нефти, природного газа и угля. При этом примерно половина объема антропогенных выбросов углекислоты связывается наземной растительностью и океаном. Большая часть остальных выбросов CO_2 вызвана изменениями ландшафта, в первую очередь вырубкой лесов, однако скорость связывания наземной растительностью углекислого газа превосходит скорость его антропогенного высвобождения вследствие сведения лесов. По данным МГЭИК ООН, до трети общих антропогенных выбросов CO_2 являются результатом обезлесения. Около четверти всех парниковых газов образуется из-за сельскохозяйственной деятельности.

Изменение радиационного воздействия аэрозольных частиц в атмосфере и на поверхности снега и льда.

С начала 1960-х годов и до 1990 г. наблюдалось постепенное уменьшение количества солнечного света, достигающего поверхности Земли. Это явление называют *глобальным затемнением*. Главной его причиной являются пылевые частицы, попадающие в атмосферу при вулканических выбросах и в результате производственной деятельности. Наличие таких частиц в атмосфере создает охлаждающий эффект, возникающий благодаря их способности отражать солнечный свет. Два побочных продукта сжигания ископаемого топлива — CO_2 и аэрозоли — на про-

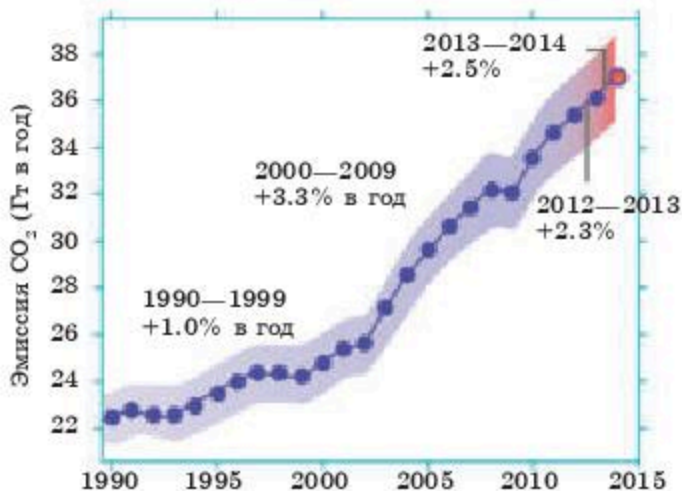


Рис. 12.1. Эмиссия CO₂ от сжигания ископаемого топлива и производства цемента

тяжении нескольких десятилетий частично компенсировали друг друга, уменьшая эффект потепления в этот период (рис. 12.1).

В качестве независимых компонентов показано воздействие сажи (black carbon), сажи на снегу, органического углерода (ОУ), вторичных органических аэрозолей (ВОА), нитратов и сульфатов.

Радиационное воздействие аэрозольных частиц зависит от их концентрации. При сокращении выбросов частиц снижение концентрации предопределяется их временем жизни в атмосфере (порядка одной недели). Углекислый газ имеет время жизни в атмосфере, измеряемое столетиями. Таким образом, изменение концентрации аэрозолей способно дать лишь временную отсрочку потеплению, вызываемому CO₂ (рис. 12.2).

Изменение солнечной активности. Светимость Солнца и его спектр изменяются на временных интервалах от нескольких лет до тысячелетий. Эти изменения имеют периодические составляющие, наиболее выраженной из которых является 11-летний цикл солнечной активности (цикл Швабе). Изменения также включают в себя периодические колебания. В последние десятилетия (с 1978 г.) солнечная активность измеряется с помощью спутников, для более ранних периодов она рассчитывается с использованием косвенных индикаторов. Изменения в солнечной радиации оказывают влияние на климат Земли среди множества прочих факторов.

Общая светимость Солнца в течение последних трех 11-летних циклов солнечной активности изменяется с амплитудой примерно 0,1%, или около 1,3 Вт/м², за время прямых измерений имеется незначительный отрицательный тренд. Количество солнечной энергии, получаемой на

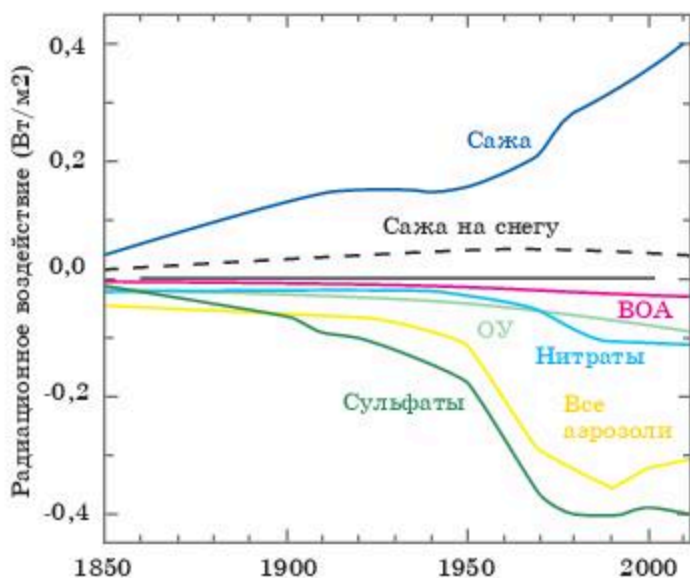


Рис. 12.2. Твердые аэрозольные частицы и сажа

внешней границе атмосферы Земли, в среднем составляет 1366 Вт/м^2 . Другим аргументом против Солнца как возможной причины нынешнего потепления является распределение температурных изменений в атмосфере. Модели и наблюдения показывают, что потепление в результате усиления парникового эффекта приводит к нагреву нижних слоев атмосферы (тропосферы) и одновременному охлаждению ее верхних слоев (стратосферы). Если бы потепление было результатом воздействия Солнца, повышение температуры наблюдалось бы и в тропосфере, и в стратосфере.

Климатическая система включает в себя ряд *обратных связей*, которые меняют реакцию системы на внешние воздействия. Положительные обратные связи усиливают отклик климатической системы на исходное воздействие, а отрицательные — уменьшают. К обратным связям относятся: вода в атмосфере (рост влажности при нагреве воздуха способствует дополнительному потеплению из-за парниковых свойств водяного пара), изменение альбедо (площадь снега и льда на планете уменьшается по мере потепления, что приводит к увеличению поглощения солнечной энергии и дополнительному потеплению), изменения облачного покрова (могут воздействовать как в сторону потепления, так и похолодания), изменения углеродного цикла (например, высвобождение CO_2 из почвы). Главной отрицательной обратной связью является увеличение инфракрасного излучения с земной поверхности в космос по мере ее нагрева. По закону Стефана—Больцмана удвоение температуры приводит к увеличению излучения энергии с поверхности в 16 раз.

Проверь знания:

Опишите понятие *глобальное потепление*.
Объясните понятие *парниковый эффект*.



Назовите причины возникновения глобального затемнения.
Расскажите об изменении солнечной активности.



Сравните различные источники и составьте динамику изменения климата в Республике Казахстан с 2000 по 2019 г.
На примере регионов Республики Казахстан составьте схематически наибольшее повышение температуры воздуха и изменение климата с 2010 по 2019 г.



Составьте свой план прогнозирования причин глобального потепления климата в Республике Казахстан и его воздействия.
Какие обратные связи включает в себя климатическая система?



Как влияет изменение солнечной активности на биосферу?
Какие обратные связи включает в себя климатическая система?

§ 68. ГЛОБАЛЬНОЕ ПОТЕПЛЕНИЕ: ПУТИ РЕШЕНИЯ**На этом уроке:**

- Научитесь прогнозировать последствия возможного глобального потепления климата;
- узнаете последствия глобального потепления;
- обсудите пути решения проблем.

Знаете ли вы:

- Влияние климатических последствий на окружающую среду;
- влияние социальных последствий;
- значимость Киотского протокола.

Ключевые понятия:

Последствия глобального потепления, климатические последствия, социальные последствия, Киотский протокол.

Воздействие глобального потепления на окружающую среду является широким и далеко идущим. Оно включает в себя следующие разнообразные эффекты:

- Таяние арктических льдов, повышение уровня моря, отступление ледников: глобальное потепление привело к десятилетиям сокращения и истончения арктического морского льда. Сейчас он находится в опасном положении и уязвим к атмосферным аномалиям. Прогнозы сокращения арктического морского льда отличаются друг от друга. Последние прогнозы предполагают, что Арктика может быть свободной ото льда (определяется как протяженность льда менее 1 млн кв. км) в летний период уже в 2025—2030 годах. По оценкам,

повышение уровня моря с 1993 года составляло в среднем от 2,6 мм до 2,9 мм в год \pm 0,4 мм. Кроме того, повышение уровня моря ускорилося за период наблюдений с 1995 по 2015 г. Сценарий МГЭИК с высоким уровнем эмиссии предполагает, что в течение XXI века уровень моря в среднем может вырасти на 52—98 см.

- **Природные катаклизмы:** повышение глобальной температуры приведет к изменениям в количестве и распределении атмосферных осадков. Атмосфера становится более влажной, выпадает больше дождей в высоких и низких широтах, и меньше — в тропических и субтропических регионах. В результате могут участиться наводнения, засухи, ураганы и другие экстремальные погодные явления. Потепление должно, по всей вероятности, увеличивать частоту и масштаб таких событий. По мнению одних исследователей, увеличение температуры морской воды может приводить к увеличению энергии ураганов, по мнению других — “эмпирические данные не указывают на увеличение частоты формирования более мощных циклонов”.
- **Волны тепла и другие погодные состояния:** частота событий чрезвычайно жаркой погоды по сравнению с десятилетиями до 1980 г. увеличилась приблизительно в 50 раз. Сорок лет назад чрезвычайная летняя жара, как правило, затрагивала 0,1—0,2 % поверхности Земного шара, сегодня около 10 %, прогнозируется дальнейший рост. Ярким примером может служить лето 2010 г. в европейской части России. Исследователи связывают такие явления с уменьшением подвижности и увеличением амплитуды атмосферных волн Россби, что является следствием уменьшения разницы температур между полюсами и экватором из-за опережающего потепления в высоких широтах.
- **Уменьшение дней “благоприятной” погоды:** исследователи определяют ее границы температурой 18°C—30°C, осадками не более 1 мм в сутки и невысокой влажностью, с точкой росы ниже 20 °C. В среднем на Земле “благоприятная погода” удерживается 74 дня в году, из-за глобального потепления произойдет уменьшение этого показателя.
- **Закисление океана, деоксигенация океана:** увеличение концентрации углекислого газа в атмосфере привело к увеличению растворенного CO₂ в морской воде и, следовательно, повышению кислотности океана, измеряемой по более низким значениям pH. Закисление океана угрожает коралловым рифам, рыболовству, охраняемым видам и другим природным ресурсам, представляющих ценность для общества.
- **Долгосрочные последствия глобального потепления:** в рамках столетий и тысячелетий масштабы глобального потепления будут определяться, в первую очередь, антропогенными выбросами CO₂. Это



Рис. 12.3. Арктика

связано с очень долгим временем жизни углекислого газа в атмосфере. Долгосрочные эффекты также включают реакцию земной коры, вызванную таянием льда и последующей дегляциацией в процессе, называемом *гляциоизостазия*, при котором участки суши перестают испытывать давление массы льда. Это может привести к оползням и усилению сейсмической и вулканической активности. Вызванные потеплением воды в океане, таянием вечной мерзлоты на дне океана или выделением газовых гидратов подводные оползни могут стать причинами цунами.

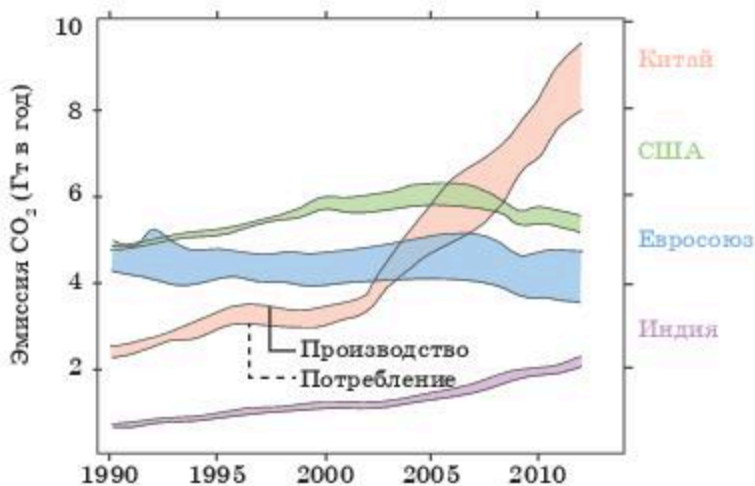
- Резкое изменение климата может происходить внезапно и быть необратимым. Одним примером является быстрое высвобождение метана и углекислого газа из вечной мерзлоты, что приведет к усилению глобального потепления. Другим примером — возможность замедления или прекращения циркуляции атлантических меридиональных течений. Это может вызвать охлаждение в Северной Атлантике, Европе и Северной Америке. Это особенно повлияет на такие районы, как Британские острова, Франция и страны Северной Европы, которые нагреваются Северо-Атлантическим течением.
- Повышение средней температуры на $1,02^{\circ}\text{C}$ по сравнению со средней температурой в XIX в., когда впервые начали фиксировать изменение климата. В 2015 г. порог в 1° был превышен впервые в истории.
- К 2100 г. некоторые страны могут стать непригодными для жизни. Согласно исследованию американских ученых, в группу риска попадают Катар, Саудовская Аравия, Бахрейн, ОАЭ и другие страны Ближнего Востока. По расчетам климатологов, при текущем темпе роста выбросов парниковых газов уже к 2070 г. средняя температура воздуха в странах Персидского залива может составить $74\text{—}77^{\circ}\text{C}$.

- Потепление климата может привести к смещению ареалов обитания биологических видов к полярным зонам и увеличить вероятность вымирания малочисленных видов — обитателей прибрежных зон и островов. В 2002 г. биолог Э. О. Уилсон подсчитал, что при сохранении текущих темпов антропогенного разрушения биосферы половина всех видов растений и животных на Земле исчезнет в течение 100 лет. Текущие темпы вымирания видов оцениваются в 100—1000 “фоновых” значений скорости вымирания, определяемых эволюционными процессами, тогда как будущие темпы, вероятно, окажутся в 10 000 раз выше. Согласно обзору 2003 года, проведенному в 14 исследовательских центрах по биоразнообразию, из-за изменения климата к 2050 году 15—37 % наземных видов живых существ “подлежат исчезновению”. Экологически богатые регионы, которым угрожают наибольшие потери, находятся на юге Африки и в бассейне Карибского моря.
- **Социальные последствия.** Влияние изменения климата на человеческое общество из-за потепления или изменений в характере осадков, или и того, и другого одновременно, было обнаружено во всем мире. Но будущие социальные последствия от изменения климата будут неравномерными. Ожидается, что с увеличением масштабов глобального потепления риски будут возрастать. Все регионы подвержены риску негативного воздействия, но низкоширотные, наименее развитые страны подвергаются наибольшему риску. В исследовании, проведенном в 2015 году, был сделан вывод о том, что экономический рост (ВВП) в более бедных странах намного более подвержен будущему потеплению климата, чем считалось ранее. Ожидается, что на небольших островах и в дельтах рек затопление в результате повышения уровня моря будет угрожать жизненно важной инфраструктуре и населенным пунктам. Это может привести к массовой потере крова в странах с низменными районами, такими как Бангладеш, а также к полной потере гражданства для населения в таких странах, как Мальдивы и Тувалу.
- Примеры влияния глобального потепления на человечество включают:
- В 2014 г. был проведен метаанализ, согласно которому при повышении температуры на 1 °C уровень насилия увеличивается на 20%, включая драки, насильственные преступления, массовые беспорядки или войны.
- Оценка 2015 г., основанная на сценарии эмиссии МГЭИК А1В, показала, что дополнительные парниковые газы, высвобождаемые из вечной мерзлоты приведут к ущербу для мировой экономики в 43 трлн долларов США.

- Урожайность сельскохозяйственных культур в средних и высоких широтах при росте местных температур на 1—3 °С несколько увеличится, но дальнейшее потепление приведет к ее снижению. В низких широтах (особенно в засушливых регионах и в тропиках) сельское хозяйство весьма уязвимо. Даже небольшое повышение местных температур (на 1—2 °С) усилит опасность голода. В глобальном масштабе потенциал сельскохозяйственного производства растет при повышении местных средних температур до 1—3 °С, снижаясь при дальнейшем потеплении.
- В общем виде влияние на общественное здоровье будет более негативным, чем позитивным. Экстремальные погодные условия будут приводить к травмам и гибели людей, неурожаи угрожают недоеданием. В некоторых регионах произойдет переход от смертности от холода к смертности от жары. В 2018 г. Центры по контролю и профилактике заболеваний США провели исследование, в котором связали повышение температуры и увеличение числа самоубийств. В работе говорится о том, что жаркие дни увеличивают число самоубийств и могут вызвать более 26 000 самоубийств в США к 2050 г.
- Потепление климата привело к изменению образа жизни коренных народов Севера, также появляется все больше свидетельств подобного влияния на коренные народы в других регионах мира. Региональные последствия изменения климата в настоящее время наблюдаются в большем количестве мест, чем раньше, на всех континентах и в разных районах океана.

Оценка причин и последствий глобального потепления служит основой для действий по предотвращению и адаптации на уровне государств, корпораций и отдельных людей. Многие экологические организации ратуют за принятие мер против изменения климата, в основном частными потребителями, но также на муниципальном, региональном и правительственном уровнях.

До 2012 г. основным мировым соглашением о противодействии глобальному потеплению был Киотский протокол (согласован в декабре 1997, вступил в силу в феврале 2005) — дополнение к Рамочной конвенции ООН об изменении климата. Протокол охватывал более 160 стран мира и покрывал около 55% общемировых выбросов парниковых газов. Первый этап осуществления протокола закончился в конце 2012 г., второй этап не был согласован участниками. Международные переговоры о новом соглашении начались в 2007 г. на острове Бали (Индонезия) и были продолжены на конференции ООН в Копенгагене в декабре 2009. Всего за прошедшие годы было проведено более 20 международных конференций стран-участниц Рамочной конвенции ООН об изменении климата.

Рис. 12.4. Динамика эмиссии CO₂

Отсутствие реальных ограничений международно-правового характера способствует инерционному сценарию инвестиций и нарастающему несоответствию между реальным положением дел в экономике и заявленной целью ограничения опасного потепления. При этом США, Евросоюз и Китай в настоящее время уже располагают объектами инфраструктуры, которые за время их срока службы выбросят в атмосферу больше CO₂, чем приходится на долю этих стран при равномерном подушевом распределении глобального эмиссионного бюджета для 2°C. Глобальные оценки энергоинфраструктуры показывают, что после 2017 г. в мире не должно вводиться в строй новых электростанций на ископаемом топливе. Согласно решениям, принятым в Дурбане, никакое обязывающее климатическое соглашение не будет действовать до 2020 г., несмотря на широко признанную необходимость к этому сроку не только предпринять значимые усилия по сокращению эмиссии, но и достичь глобального пика выбросов. При ограниченном суммарном бюджете эмиссии любая задержка в достижении ее пика резко увеличивает необходимую быстроту и глубину будущих сокращений, с риском сделать их политически и технически неисполнимыми. Согласно некоторым исследованиям, в настоящее время единственной возможностью обеспечить “разумную вероятность” ограничения потепления величиной 2°C (характеризующей опасное изменение климата), является прекращение увеличения размеров экономик развитых стран и их переход к стратегии антироста.

Проверь знания:

Объясните понятие *глобальное потепление*.
Опишите понятие *последствия глобального потепления*.



Что является основным мировым соглашением о противодействии глобальному потеплению? В чем суть соглашения?



Сравните различные источники и составьте динамику изменения климата вашего региона с 2000 по 2019 г.
Каковы последствия глобального потепления?



Изучив последствия глобального потепления, составьте свой план пути решения проблем.

На примере регионов Республики Казахстан составьте схематически наибольшее повышение температуры воздуха и изменение климата с 1990 по 2019 г.



1. Как вы думаете, отразятся ли последствия глобального потепления на ваш регион?
2. Как влияют климатические последствия?
3. Как влияют социальные последствия?

§ 69. МОДЕЛИРОВАНИЕ “КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ГЛОБАЛЬНОГО ПОТЕПЛЕНИЯ КЛИМАТА”

На этом уроке:

- Изучите компьютерное моделирование глобального потепления;
- Научитесь прогнозировать последствия возможного глобального потепления климата.

Знаете ли Вы:

- Понятие *глобального потепления*.

Ключевые понятия:

Глобальное потепление климата, компьютерное моделирование

Научные методы моделирования, с помощью которых предсказывают изменения климата на Земле, оказались точными и на Марсе. Такими результатами исследований, которые 16 октября 2012 г. представила в Американском астрономическом обществе международная группа, включающая сотрудников Института планетарных наук в Тусоне (Аризона) и французских ученых.

Возраст, местоположение, особенности концентрации ледниковых отложений на Марсе и другие данные о марсианском климате, накопленные за годы наблюдений, хорошо согласуются с расчетами, полученными с помощью компьютерной модели глобального климата.

Исследовательскую группу возглавил старший научный сотрудник PSI Вильям К. Хартманн, Франсуа Форжет из Парижского университета моделировал марсианский климат, а Вероника Ансан и Николя Мангольд из Университета Нанта вместе с Даниэлем Берманом из PSI проанализировали данные измерения ледников с космических аппаратов.

“Некоторые общественные деятели считают, что моделирование глобального изменения климата на Земле относится к лженаукам, но если климатические модели могут объяснять особенности наблюдений на другой планете, то эти модели по крайней мере в чем-то действительны”, — сказал руководитель группы Хартманн, который представил доклад “Наука глобального моделирования климата: подтверждается открытиями на Марсе” на ежегодном совещании Отдела планетарных наук Американского астрономического общества в Рено, штат Невада.

Ученые отметили, что и климатические модели, предсказавшие концентрацию ледников и вычислившие возраст поверхностных слоев льда в определенном районе, и радиолокационные данные сканирования льда в том же районе, дали согласованные результаты — ледники образуются в конкретном регионе Марса благодаря необычному климатическому обстоятельству, которое, как показывает модель климата, имеет глобальную причину.

Еще в 1993 г. астрономы проанализировали изменения наклона оси вращения Марса и обнаружили, что эпизодически наклон оси Марса может превышать 45° . При этом экстремальном состоянии летнее полушарие сильно наклонено к Солнцу и льды Южного полюса Марса испаряются, увеличивая содержание водяного пара в атмосфере, тем самым увеличивая вероятность снегопадов в темном, холодном зимнем полушарии. Последний раз подобный период был на Марсе от 5 до 20 млн. лет назад. В 2001—2006 гг. французские и американские исследователи использовали для изучения этого эффекта компьютерные программы моделирования климата, которые первоначально разрабатывались чтобы оценить, как резкое увеличение в атмосфере Земли CO_2 и парниковых газов влияет на климат и глобальное потепление. Планетарные ученые просто внесли в программу данные о марсианском рельефе, атмосфере и гравитации, чтобы получить соответствующие компьютерные расчеты для Марса. Их расчеты показали сильную концентрацию снега и льда зимой в средних широтах южного региона Марса, к востоку от огромного марсианского бассейна Эллада. Одновременно, независимо от этих исследований, ученые PSI обнаружили необычную концентрацию льда в 40-мильном кратере Грег, с центром в той же области. Анализ показал, что поверхностные слои ледника образовались от 5 млн. до 20 млн. лет назад, в период, который программой расчета климатических явлений предсказан как экстремальный.

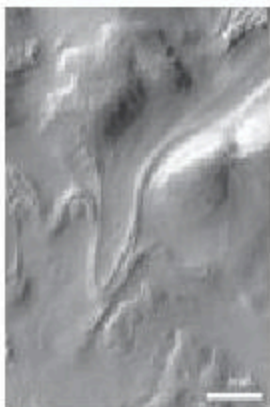


Рис. 12.5. Фотография, сделанная с Mars Reconnaissance Orbiter NASA. Показаны ледники в форме лопастей, стекающие по северной внутренней стенке кратера Грег на Марсе. Стена наклонена на юг (на фото внизу). Обратите внимание, как линии потоков образовали складки вокруг небольшого холма с левой стороны ледника

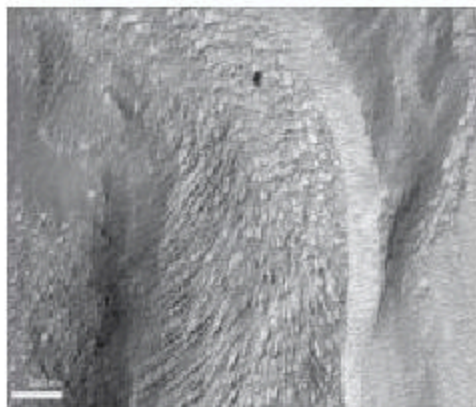


Рис. 12.6 Фотография, сделанная с Mars Reconnaissance Orbiter NASA. Показаны особенности ледохода в древнем русле реки на южной стене кратера Грега. (А). Холмы в нижней части фото изрезаны сухими руслами рек, текущими вниз на север (на фото вверх). Более легкие по текстуре материалы переносились по руслу и скопились на дне кратера (сверху)

(Б). На крупном плане видно различие текстуры переносимого материала, образующего террасы, когда ледяные потоки быстрее текли в центре русла и медленнее вдоль стенок канала.

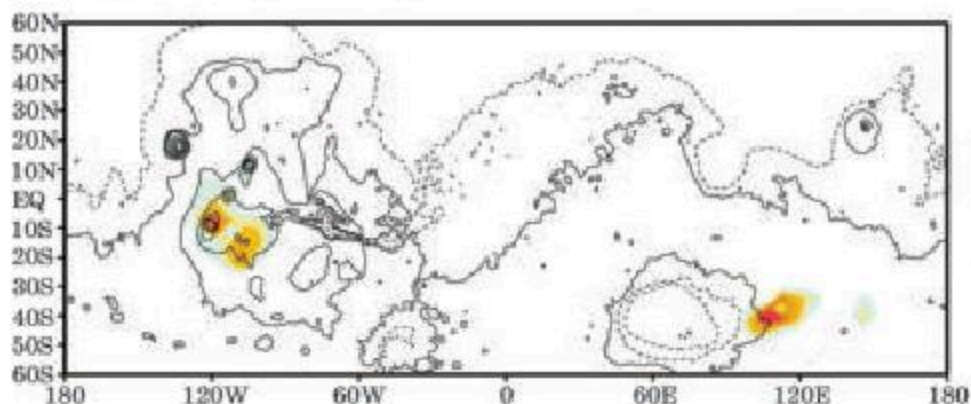


Рис. 12.7. Схема-карта средних широт Марса

На рисунке цветные пятна показывают предсказанные программой моделирования климата места отложения льда на Марсе в периоды экстремального осевого наклона. Красный цвет указывает на экстремум отложений льда. Кратер Грег, где реально обнаружена необычно высокая концентрация ледников — это светлый круг недалеко от центра области ледовых осадчений в правом нижнем углу схемы.

Проверь знания:

Объясните понятие *глобальное потепление климата*.
Что показывают глобальные климатические модели?



Возможно ли прогнозировать последствия глобального потепления климата, опираясь на различные данные источники и исследования ученых?



В чем сущность исследований Американского астрономического общества и французских ученых?



1. Кто возглавил исследовательскую группу Парижского университета по моделированию марсианского климата?

2. Что проанализировали и обнаружили астрономы в оси вращения Марса?

3. Исследователи каких стран и в какие годы использовали для изучения компьютерные программы моделирования климата?

4. На каком кратере обнаружена необычно высокая концентрация ледников?

§ 70. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ

На этом уроке:

- Изучите возможные варианты решения экологических проблем Казахстана;
- узнаете экологические проблемы Республики Казахстан;
- познакомитесь с наиболее опасными факторами ухудшения экологической ситуации в Республике.

Знаете ли Вы:

- Значение утилизации отходов;
- необходимость экологического контроля;
- ужесточение ответственности природопользователей.

Ключевые понятия:

Экологические проблемы, отходы, загрязнение, утилизация, охрана окружающей среды, экологический контроль, ответственность природопользователей

В Казахстане развита добывающая и перерабатывающая промышленность и в последние пять лет темпы роста этих отраслей нарастают. Строятся и вводятся в эксплуатацию крупные промышленные объекты, что приводит к повышению загрязнения воздуха, к ухудшению экологии Казахстана в целом. За много лет в республике скопилось более 20 млрд. т отходов, около трети из которых токсичны. Основная часть этих отходов – результат деятельности горнодобывающей и горно-перерабатывающей промышленности, предприятия черной металлургии, нефтехимии, производство стройматериалов. Несмотря на то, что крупные компании и правительство разрабатывают программы

по борьбе с загрязнением воздуха, экология в Казахстане оставляет желать лучшего.

Большой проблемой является утилизация попутного и природного газов при добыче углеводородов. При сжигании попутного газа на факелах происходят выбросы в атмосферу окислов азота, диоксида серы, сажи.

Наиболее вредные производства — это свинцово-цинковое в районе Усть-Каменогорска, свинцово-фосфатное в Шымкенте, фосфорная промышленность Тараза, хромовые предприятия Актобе. Наиболее загрязнен атмосферный воздух над Восточно-Казахстанской, Карагандинской, Павлодарской областями.

В городах Казахстана основной вклад в загрязнение воздуха вносит автомобильный транспорт. Низкое качество используемого топлива и отсутствие фильтров по очистке выхлопных газов, плохое состояние подвижного состава автохозяйств, увеличение количества автомобилей в городах, приводит к тому, что в атмосферу выбрасывается огромное количество окиси углерода, свинца и др.

В 15 городах республики повышен уровень загрязнения атмосферного воздуха вредными выбросами. Среди этих городов — Зыряновск, Актау, Темиртау, Тараз, Петропавловск, Шымкент, Алматы. Высокий уровень загрязнения воздуха в городах является следствием устаревших технологий производства, неэффективные очистные сооружения, низкое качество используемого топлива. Основные загрязняющие вещества — это пыль, диоксид серы, диоксид азота, углеводороды, фенол, свинец, сероводород, хлористый водород, аммиак и др. Каждый из этих веществ по-своему отрицательно влияет на здоровье. Пыль, например, вызывает заболевания дыхательных путей, печени, крови. Наиболее пыльные города Казахстана — Актау, Атырау, Жезказган, Семей, Усть-Каменогорск. Расстройства нервной системы могут быть вызваны повышенным содержанием в воздухе окиси углерода. При этом возникают головные боли, снижается память, расстраивается сон. Высокое содержание окиси углерода наблюдается в таких городах, как Алматы, Актобе, Караганда, Костанай, Петропавловск, Павлодар, Семей и некоторые другие. Если же в воздухе присутствует несколько видов загрязнителей, что обычно и происходит, отрицательный эффект еще более усиливается. Это сказывается на иммунной системе, что зачастую приводит к онкологическим заболеваниям.

Экология — естественная и гуманитарная наука. Как естественная наука, экология не может исключить человека, а как гуманитарная — не может отделиться от природы. Вступая в новый век, Республика Казахстан, как и большинство государств, столкнулась с серьезнейшими

проблемами в области окружающей среды, и ныне их решение возведено в ранг государственной политики. В “Стратегии-2030” Республики Казахстан “улучшение питания, чистоты окружающей среды и экологии” является одним из приоритетных направлений. Согласно мировому экологическому рейтингу, Казахстан отнесен к зонам экологического бедствия, где ухудшение состояния окружающей среды достигло своего критического предела, за которым находится прямая опасность физическому и генетическому здоровью населения, видовому составу флоры и фауны, истощения невозобновляемых природных ресурсов.

На пороге нового тысячелетия человечество, подводя итог прошлому и глядя в будущее, признавая достижения цивилизации, не может не осознавать глобальность экологических проблем и не планировать свою деятельность с учетом необходимости их решения и продвижения по пути устойчивого развития.

Как отмечается в Концепции перехода Республики Казахстан к устойчивому развитию на 2007—2024 годы, одобренной Указом Президента от 14 ноября 2006 г., необходимо, чтобы экономические, экологические, социальные и политические факторы развития были интегрированы и рассматривались как единый процесс, направленный на повышение качества жизни населения Казахстана. В сфере экологии деятельность Правительства направлена на снижение уровня загрязнения окружающей среды, обеспечение охраны окружающей среды и экологической безопасности в соответствии с международными стандартами, стабилизацию качества окружающей среды, создание основ перехода к устойчивому развитию общества. К настоящему времени осуществлен комплекс мер, направленных на предотвращение реальных и потенциальных угроз дальнейшего ухудшения экологической ситуации. В частности: ужесточены требования к установлению лимитов эмиссий при выдаче разрешений; усилена роль производственного экологического контроля; повышена ответственность природопользователей за его ведение. Эти меры позволили достигнуть следующих результатов: в целом по Казахстану объемы выбросов в атмосферу снижены с 3,3 до 3,1 млн. т — на 6,1%; объемы сбросов загрязненных вод сокращены с 2,9 до 2,85 млн. т — на 1,7%. Сложной остается ситуация с отходами производства и потребления. В стране накоплено более 22 млрд. т отходов, из них более 16 млрд. т техногенных минеральных образований, и около 6 млрд. т опасных отходов. Ежегодно образуется порядка 700 млн. т промышленных отходов, из них токсичных — около 250 млн. т. Накоплено 96 млн. т твердых бытовых отходов, ежегодно их накапливается более 2 млн. т. В Казахстане основная масса твердых бытовых отходов, без разделения на компоненты, вывозится и складировается на открытых свалках, 97% которых не соответствуют требованиям природоохранного

и санитарного законодательства. Менее 5% твердых бытовых отходов в республике подвергается утилизации или сжиганию. Государственная политика Казахстана в области обращения с отходами определена в Концепции по переходу Республики Казахстан к “зеленой” экономике и направлена на внедрение раздельного сбора отходов, развитие сектора переработки отходов с получением продукции из вторсырья с привлечением инвестиций, в том числе через государственно-частное партнерство. Согласно Концепции к 2030 году доля переработки отходов должна быть доведена до 40%, к 2050 году — до 50%.

В целях развития сферы переработки твердых бытовых отходов (далее — ТБО) совершенствована нормативная правовая база. В частности, внесены поправки в Экологический кодекс.

С 2016 года запрещено захоронение в на полигонах ртутьсодержащие лампы и приборы; лом металлов; отработанные масла и жидкости; батареи; электронные отходы.

С 1 января 2019 года вступил в силу запрет на захоронение пластмассы; макулатуры, картона и отходов бумаги, стекла.

С 2021 года — на строительные и пищевые отходы.

Введение данных норм позволило стимулировать и развивать малый и средний бизнес в сфере переработки отходов.

Проводимые мероприятия позволили увеличить долю переработку ТБО до 11,51% в 2018 году, тогда как данный показатель в 2017 году составлял 9%, а в 2016 году — 2,6%.

Выработан комплекс мер по улучшению экологической ситуации в зонах экологического бедствия — Семипалатинский испытательный полигон и прилегающие территории, Приаралье. Для обеспечения устойчивого развития нашей страны необходимо добиться бережного отношения к природным ресурсам. Экономия воды, сырья, энергии должна стать элементом нашего менталитета, производственной и бытовой культуры. В настоящее время весь мир стоит перед угрозой глобального изменения климата. Ни одна страна в мире не может оставаться в стороне от этого вопроса. Известно, что за последнее столетие средняя температура воздуха в Казахстане возросла больше, чем на 1°C. Это больше, чем по другим странам мира. И поэтому нужно помнить, что каждый потерянный кВт/ч энергии — это тонны парниковых газов, уходящих в атмосферу, это прямая угроза климатической безопасности нашей страны. В прошедшем 2009 году Казахстан ратифицировал Киотский протокол к Рамочной конвенции ООН об изменении климата. Казахстан должен встать на путь «Зеленого роста», достичь экономического роста, поддерживая целостность окружающей среды. В связи с ратификацией Киотского протокола планируется торговля квотами, адаптированная к европейской товарной бирже. В дальней-

шем торги выйдут на международный уровень. В Астане планируется создание Центра энергетических исследований, который будет заниматься вопросами возобновляемой энергетики, физики и техники высоких энергий. Возобновляемые ресурсы и альтернативные источники энергии — это важнейший аспект развития казахстанской экономики и фактор обеспечения энергетической безопасности страны на длительную перспективу. Казахстан обладает значительными возможностями поэтапной переориентации экономики на использование возобновляемых источников энергии. К возобновляемым источникам энергии в условиях Республики Казахстан относятся солнечная, ветровая, гидро-, биоэнергетика, теплота грунта, грунтовых и термальных вод. Технологии, основанные на использовании возобновляемых источников энергии, являются экологически чистыми из-за отсутствия выбросов загрязняющих веществ в атмосферу. Их применение практически не вызывает парникового эффекта и, соответственно, связанных с ним климатических изменений. Кроме того, их использование не приводит к образованию радиоактивных отходов. Возобновляемые источники энергии соответствуют, таким образом, политике защиты окружающей среды, а их использование формирует лучшую окружающую среду и обеспечивает устойчивое развитие.

Проверь знания:



Объясните понятие *экологические проблемы*.

Перечислите наиболее актуальные и острые экологические проблемы Казахстана.



На примере местности составьте схему наиболее неблагоприятных экологических районов. В чем причина этих проблем?

Охарактеризуйте воздействие отходов и загрязнений на окружающую среду.



Сравните различные данные и показатели экологических проблем Казахстана, составьте динамику роста экологических проблем за последние 30 лет.

В чем необходимость экологического контроля?



Составьте план и возможные варианты решения экологических проблем в вашей местности и в Казахстане.



1. Каково воздействие отходов и загрязнений на окружающую среду?
2. Каково значение утилизации отходов?
3. Для чего необходимо ужесточить ответственность природопользователей?
4. Есть ли необходимость в экологическом образовании и воспитании учащихся?

**Вопросы****Вопросы по главе 12 “Экология и влияние человека на окружающую среду”**

1. Дайте определение термину *экология*.
2. Объясните, когда люди стали замечать, что природа беднеет.
3. Какие факторы можно отнести к антропогенным?
4. Что доказала Чернобыльская зона отчуждения?
5. Что означает термин *парниковые газы*?
6. Какие признаки глобального потепления вы знаете?
7. Почему в природе увеличивается количество стихийных бедствий?
8. Какие международные договоры по проблемам глобального потепления вам известны?
9. Какие пути решения проблемы глобального потепления дают экологические модели?
10. С какими проблемами в области экологии столкнулся Казахстан в XXI веке?
11. Какова проблема Семипалатинского полигона, и как ее стараются решить?
12. Движение “Невада — Семипалатинск” что означает для Казахстана?
13. Самые сложные экологические проблемы Казахстана. Что вы можете рассказать о них?
14. Опишите сущность проблемы Аральского моря. Объясните, куда исчезла вода.
15. Какие экологические проблемы Усть-Каменогорска вам известны?
16. Какие изменения происходят с озером Балхаш?
17. Что вы лично можете сделать для улучшения экологии Казахстана?
18. Какие районы Казахстана имеют неблагоприятный экологический статус?
19. Опишите известные вам заповедники Казахстана.
20. Почему город Алматы считают экологически проблемным городом?

ГЛОССАРИЙ

Агглютинация (латинское *agglutinatio* — “склеивание”) — склеивание и выпадение в осадок крупных частиц — бактерий, эритроцитов, лейкоцитов, тромбоцитов, клеток тканей с адсорбированными на них антигенами или антителами, взвешенных в жидкой среде. На этой реакции основано определение группы крови у человека. Å - Ангстрем внесистемная единица измерения длины, равная 10^{-10} м ($1\text{Å} = 0,1\text{ нм} = 100\text{ пм}$; $10\,000\text{ Å} = 1\text{ мкм}$).

Аденлатциклаза — фермент класса лиаз.

Акропетальное развитие (от греч. *akron* — “вершина” и лат. *peto* — “устремляюсь”), развитие ветвей, листьев и других частей растения в направлении от основания к вершине, в результате чего более молодые части располагаются ближе к вершине. Глиальные клетки-сателлиты (астроциты и олигодендроциты) играют важную роль в обеспечении специфических функций нервных клеток. Чувствительность нейроглиальных клеток к ионным изменениям среды значительно превышает чувствительность нейронов.

Амплитуда — максимальное значение смещения или изменения переменной величины от среднего значения.

Анафилактический шок — это острая и крайне тяжелая аллергическая реакция, развивающаяся в результате попадания в организм аллергена.

Ангстрем — (обозначение: Å) — устаревшая внесистемная единица измерения длины, равная 10^{-10} м ($1\text{ Å} = 0,1\text{ нм} = 100\text{ пм}$; $10\,000\text{ Å} = 1\text{ мкм}$).

Апертура — отверстие оптического прибора, определяемое размерами линз или диафрагмами.

Аппарат Гольджи — одномембранная органелла эукариотической клетки, которая предназначена для завершения процессов синтеза клетки и обеспечивает вывод образованных веществ.

АТФ — аденозинтрифосфорная кислота в организме.

Ауксины (*-aux* — “увеличивают, растут”) — стимулируют рост плодовых растений, апикальное доминирование, фототропизм (на свету), рост корня на правом геотропизме (низкий рост), обладают высокой физиологической активностью.

Биоинформатика — биологическая наука, включающая математические методы компьютерного анализа в сравнительной геномике (геномная биоинформатика), а также разработку алгоритмов и программ для предсказания пространственной структуры биополимеров (структурная биоинформатика). Она изучает стратегии, соответствующих вычислительных методологий, а также общее управление информацией в биологических системах.

Вирус (лат. *virus* — яд) — неклеточная форма жизни, вирус может воспроизводиться только внутри живых клеток.

Вирусология — наука о вирусах

ВИЧ — Вирус иммунодефицита человека — ретровирус, вызывающий медленно прогрессирующее заболевание вызывающее поражение клеток иммунной системы (макрофаги, Т-хелперы, моноциты)

Гамета (греч., *gametos* — “половые клетки”, греч., *gamete* — “женский”, *gametes* — “мужской”) — родственные (сперматозоид) и яйцеклеточные (овоцит) половые клетки.

Гаметогенез (гр. *gametogenesis*; гр. *gametos* — “половая клетка”; *genesis* — “происхождение”) — процесс развития половых клеток в железах.

Гемолимфа (гр. *haemolympha* — “хайма-кровь”, лат. *lymphaticus* — “лимфа”) — жидкость, непрерывно протекающая в сосудах и межклеточных зазорах системы кровообращения, не замкнутых сосудах и межклеточных зазорах многих беспозвоночных животных.

Гемопоз — образование клеток крови.

Генотип (ген и гр. *typos* — “форма”, “образец”) — совокупность всех генов в клетках, передаваемых от родителей при размножении живых организмов.

Гиббереллин — группа diterпеновых природных фитогормонов, выполняющих различные функции, связанные с наблюдением за удлинением гипокотила в растениях, ростом, цветением семян и т. д.

Гипервентиляция (от др.-греч. — сверху, лат. *ventilatio* — “вентиляция”) — интенсивное дыхание, повышающее потребности организма в кислороде.

Гистоны — ядерные белки, необходимые для сборки и упаковки нитей ДНК в хромосомы.

Глюконеогенез — процесс образования глюкозы из протеинов, масла и других веществ в организмах человека и животных, главным образом в гепатоцитах печени.

Гомеостаз (ср. *homoiios* — “аналог”, *stasis* — “равновесие”) — процесс сохранения или регулирования стабильного положения относительно функционирующей внешней среды системы.

Гонады — половые органы.

Гормоны (гр. *hormao* — “возбудитель”) — активные органические биологические вещества, выделяющие отдельные клетки, способные к эндокринной деятельности.

Градиент (лат. *gradientis* — “шагающий”) — показатель изменения величины какого-либо пространственного характера в единице длины.

Дезоксирибонуклеиновая кислота (ДНК) — один из двух типов нуклеиновых кислот, обеспечивающих хранение, передачу из поколения в поколение и реализацию генетической программы развития и функционирования.

Делеции (от лат. *deletio* — “уничтожение”) — хромосомные перестройки, при которых происходит потеря участка хромосомы.

Деполаризация — уменьшение разности потенциалов у находящейся в состоянии физиол. покоя клетки между её цитоплазмой и внеклеточной жидкостью, т. е. понижение потенциала покоя.

Деполаризация — уменьшение разности потенциалов у находящейся в состоянии физиологического покоя клетки между её цитоплазмой и внеклеточной жидкостью.

Детектор — техническое средство или вещество, которое указывает на наличие определенного свойства объекта измерения при превышении порогового значения соответствующей величины.

Диабёт (от др.-греч. *διαβαίω* — “перехожу, пересекаю”) — общее название заболеваний, сопровождающихся обильным выделением мочи — полиурией.

Диполь — (от Ди... и греч. *pólos* — “полюс”) электрический, совокупность двух равных по абсолютной величине разноимённых точечных зарядов, находящихся на некотором расстоянии друг от друга.

Дисфункция — нарушение деятельности.

Диффузия (лат. *diffusio* “распространение, растекание, рассеивание; взаимодействие”) — процесс взаимного проникновения молекул или атомов одного вещества между молекулами или атомами другого, приводящий к самопроизвольному выравниванию их концентраций по всему занимаемому объёму.

Длина волн — расстояние между двумя ближайшими друг к другу точками в пространстве, в которых колебания происходят в одинаковой фазе. УФ (Ультрафиолетовое излучение, УФ-излучение) — электромагнитное излучение, занимающее спектральный диапазон между видимым и рентгеновским излучениями.

Дорсовентральный (от латинского *dorsum* — спина и *venter* — живот) — 1) в анатомии животных и человека направление от спинной поверхности к брюшной. 2) В морфологии растений дорсовентральный — термин, употребляемый применительно к строению талломных растений.

Идентификация (от лат. *identifico* “отождествлять”) — установление тождественности неизвестного объекта известному на основании совпадения признаков.

Изменчивость — разнообразие признаков среди представителей данного вида, а также свойство потомков приобретать отличия от родительских форм.

Иммерсионное масло — это введение между объективом микроскопа и рассматриваемым предметом жидкости для усиления яркости и расширения пределов увеличения изображения.

Иммуногенез [от лат. *immunis* — свободный от чего-л. и греч. *genēs* — происхождение, возникновение] Процесс формирования иммунитета в организме животных и человека в ответ на иммунизацию или инфекцию.

Иммуофлюоресценция метод определения количества и/или распределения какого-либо антитела или антигена в тканевом срезе после окрашивания флюоресцентным красителем с помощью ультрафиолетового микроскопа.

Импринтинг — закрепление в памяти признаков объектов при формировании или коррекции врожденных поведенческих актов.

Индукция — векторная величина, характеризующая магнитное поле и определяющая силу, действующую на движущуюся электрически заряженную частицу со стороны магнитного поля.

Индукция (от лат. *inductio* — “наведение, побуждение”) — 1) форма межклеточных взаимодействий, при которой вырабатываемое клетками вещество-индуктор оказывает влияние на процесс развития других клеток или в физиологии, динамическое взаимодействие нервных процессов — возбуждения и торможения.

Интерференция — взаимное увеличение или уменьшение результирующей амплитуды двух или нескольких когерентных волн при их наложении друг на друга.

Инсерция (от англ. *insertion* — “вставка”) — генетическая мутация, при которой в последовательность ДНК происходит вставка другой последовательности ДНК.

Инсулин (от лат. *insula* — “остров”) — гормон пептидной природы, образуется в бета-клетках островков Лангерганса поджелудочной железы.

Интерфаза (англ. *interphase*) — период клеточного цикла, подразделяющийся на G1-, S- и G2-фазы.

Источник: New-Science.ru <https://new-science.ru/5-raznyh-tipov-mikroskopov-i-ih-primeneniye/>

Камера Горяева — приспособление, предназначенное для подсчета количества клеток в заданном объеме жидкости. Обычно её используют для определения числа форменных элементов в образце крови.

Капсула (лат. *capsula* «коробочка») — оболочка чего-либо, хорошо представлена у бактерий.

Катод (от греч. *κάθεδος* «ход вниз; нисхождение») — электрод некоторого прибора, присоединённый к отрицательному полюсу источника тока.

Кетонурия — повышение уровня ацетона в моче взрослого или ребенка. Так же называют ацетонурией.

Кибернетика (от др. греч. *κυβερνητική* — “искусство управления”) — наука об общих закономерностях получения, хранения, преобразования и передачи информации в сложных управляющих системах.

Клетка — элементарная единица строения и жизнедеятельности всех живых организмов.

Комплементарность — взаимное соответствие молекул биополимеров или их фрагментов, обеспечивающее образование связей между пространственно-взаимодополняющими (комплементарными) фрагментами молекул или их структурных фрагментов вследствие межмолекулярных взаимодействий.

Коррекция — нахождение ошибок и их исправление.

Кра́нц-мезофилл — клетки имеют утолщенные клеточные стенки, содержат большое количество хлоропластов и митохондрий, расположены вокруг сосудистых пучков в 1 или 2 слоя. овокупность указанных особенностей анатомического строения получила название корончатой анатомии или корончатого синдрома (от слова *kranz* — корона).

Лейкоз — это заболевание крови, при котором в кровяном русле слишком много лейкоцитов. Другие названия болезни: лейкемия, белокровие, рак крови.

Лизосома — это мембранные органеллы, которые осуществляют внутриклеточное переваривание. Ферментные вещества окружены замкнутой оболочкой, что предотвращает их проникновение внутрь клетки и ее разрушение

Лимфобласт — лимфоцит, образующийся при активации антигеном.

Магнитно-резонансная томография — это диагностическая процедура, позволяющая проводить неинвазивное исследование органов и тканей тела человека. В основе данной методики лежит измерение отклика атомных ядер, возбуждаемых электромагнитными импульсами в постоянно сохраняющемся магнитном поле.

Мейоз (от др.-греч. *μείωσις* — “уменьшение”), или редукционное деление клетки — деление ядра эукариотической клетки с уменьшением числа хромосом в два раза.

Микромер — это универсальный измерительный прибор для высокоточного (с погрешностью от 2 до 50 мкм) определения линейного размера.

Микроскоп — оптический прибор с одной или несколькими линзами для получения увеличенных изображений объектов, не видимых невооруженным глазом.

Митоз (др.-греч. *μίτος* — “нить”) — непрямо́е деление клетки, наиболее распространённый способ репродукции эукариотических клеток.

Модулятор (лат. *modulator* — “соблюдающий ритм”) — устройство, изменяющее параметры несущего сигнала в соответствии с изменениями передаваемого (информационного) сигнала.

Мутагенез — это внесение изменений в нуклеотидную последовательность ДНК (мутаций).

Мутация (лат. *mutatio* — изменение) — стойкое (то есть такое, которое может быть унаследовано потомками данной клетки или организма) изменение генома.

Некроз — омертвление, отмирание части ткани или органа живого организма, сопровождающееся необратимым прекращением их жизнедеятельности.

Немембранные (безмембранные) органоиды — это органоиды, не имеющие собственной замкнутой мембраны, а именно: рибосомы и органоиды, построенные на основе микротрубочек — клеточный центр и органоиды движения (жгутики и реснички)

Нитроглицерин — широко известен благодаря своим взрывчатым и лекарственным свойствам с точки зрения биологии.

Объектив — это оптическая система, состоящая из определенного количества линз (а в некоторых случаях, и зеркал), которая формирует изображение.

Овогенез (лат. *ovum* — “яйцо”, *genesis* — “происхождение”) — процесс развития яйцеклетки.

Окуляр — элемент оптической системы, обращенный к глазу наблюдателя,

Оогоний — несовершенная половая клетка.

Оптический микроскоп или световой микроскоп — это тип микроскопа, который использует видимый свет и систему линз для увеличения изображений небольших объектов.

Органоиды (их еще называют органеллами) — постоянные составляющие элементы любой клетки, которые делают ее целостной и выполняют определенные функции.

Парфокальное расстояние — расстояние между препаратом и местом объектива в микроскопе

Пассивная деполяризация — образуется при прохождении электрического тока в слабом выходном направлении через мембрану (анод — внутри, катод — снаружи), и не вызывает изменений ионного проникновения мембран.

Пиноцитоз — процесс активного поглощения клеткой жидкостей или коллоидных растворов различных веществ.

Плазмодесма — цитоплазматические мостики, соединяющие соседние клетки растений.

Плазмолемма — клеточная мембрана, которая обеспечивает дискретность живого вещества за счет разграничения его с внешней средой

Пластиды — органоиды, специфичные для клеток растений.

Плюрипотентность — способность взрослого человека выпрямлять из любого вида стволовых клеток около 350 (в млекопитающих).

Плюрипотентность — способность образовывать любой из примерно 350 типов клеток взрослого организма (у млекопитающих).

Позитронно-эмиссионная томография — радионуклидный томографический метод исследования внутренних органов человека или животного.

Полидипсия (др.-греч. πολὺς — “многочисленный” + δίψα — “жажда”) — симптом, характеризующийся неестественно сильной, неутолимой жаждой.

Полиурия — состояние организма, при котором в результате нарушения водного баланса происходит увеличение выработки мочи и частоты мочеиспускания

Полурия — увеличение мочеобразования.

Полиэмбриония — способ бесполого размножения организмов, когда идет развитие более одного зародыша из одной зиготы у животных или образование нескольких зародышей в одном семени у растений.

Полиэмбриония развитие нескольких зародышей (однойцевых близнецов всегда одного пола) из одной зиготы.

Поляризация — процессы и состояния, связанные с разделением каких-либо объектов, преимущественно в пространстве.

Преципитация — (лат. praecipitatio — “стремительное падение”) — реакция осаждения из раствора в результате соединения растворимого антигена со специфическими антителами полученного комплекса антиген—антитело. Используется в серологической диагностике инфекционных болезней.

Преципитация (лат. praecipitatio стремительное падение) — иммунологическая реакция осаждения из раствора комплекса антиген—антитело, образующегося в результате соединения растворимого антигена (преципитиногена) со специфическими антителами (преципитинами). Реакцию Преципитации широко используют для идентификации и количественного определения самых разнообразных антигенов и антител.

Промотор — это последовательность нуклеотидов ДНК, узнаваемая РНК-полимеразой как стартовая площадка для начала специфической, или осмысленной, транскрипции.

Простагландины (Pg) — группа липидных физиологически активных веществ, образующихся в организме ферментативным путём из некоторых незаменимых жирных кислот и содержащих 20-членную углеродную цепь. Простагландины являются медиаторами с выраженным физиологическим эффектом. Являются производными протановой кислоты.

Протеникиназа — внутриклеточный фермент, который может быть в двух видах.

Процессинг — этап формирования функционально активных молекул РНК из первоначальных транскриптов. Процессинг рассматривают как посттранскрипционные модификации РНК, характерные для эукариот.

Регулятор — устройство, контролирующее состояние объекта управления как системы в теории управления и выводящее для него сигналы управления.

Репарация — [лат. *reparatio* — “восстановление”] — особая функция клеток, заключающаяся в способности исправить химические исправления и разрывы в молекулах ДНК.

Репликация ДНК это процесс самоудвоения молекулы ДНК.

Репрессия — [лат. *repressio* — “нажимать”, “раздавить”] — уничтожить в целом.

Рецепторы — специальные (специфические) и конечные части чувствительных нервов, которые принимают раздражения и переносят энергию внешних раздражений на нервное возбуждение.

РНК Рибонуклеиновая кислота (РНК) — одна из трёх основных макромолекул (две другие — ДНК и белки), которые содержатся в клетках всех живых организмов и играют важную роль в кодировании, прочтении, регуляции и выражении генов. Так же, как ДНК (дезоксирибонуклеиновая кислота), РНК состоит из длинной цепи, в которой каждое звено называется нуклеотидом. Каждый нуклеотид состоит из азотистого основания, сахара рибозы и фосфатной группы.

Седиментация (осаждение) — это оседание разных частиц в жидкости или газе под действием гравитационного поля или центробежных сил. Скорость осаждения частиц, седиментации, зависит от массы, размера, формы и плотности вещества частицы.

Случайный мутагенез — это естественный (спонтанный) мутагенез.

Сперматогенез (греч. *сперма* — “сперматозоиды”, *genesis* — “происхождение”) — образование сперматозоида.

Сперматозоид — мужская половая клетка.

Сплайсинг — процесс вырезания определённых нуклеотидных последовательностей из молекул РНК и соединения последовательностей, сохраняющихся в “зрелой” молекуле, в ходе процессинга РНК.

ТАТА-бокс у эукариот постоянная последовательность ДНК, богатая А-Т парами (ТАТА(А/Т)А(А/Т)), содержащая обычно 7 или 8 нуклеотидов. Положение ТАТА-бокса строго определяет сайт инициации транскрипции.

Таутомерия (от греч. *ταύτός* — тот же самый и *μέρος* — часть) — явление обратной изомерии, при которой два или более изомера легко переходят друг в друга. При этом устанавливается таутомерное равновесие, и вещество одновременно содержит молекулы всех изомеров (таутомеров) в определённом соотношении. Чаще всего при таутомеризации происходит перемещение атомов водорода от одного атома в молекуле к другому и обратно в одном и том же соединении.

Трансляция (от лат. *translatio* «перенос, перемещение») — осуществляемый рибосомой процесс синтеза белка из аминокислот на матрице информационной (матричной) РНК (иРНК, мРНК); реализация генетической информации. Синтез белка является основой жизнедеятельности клетки. Для осуществления этого процесса в клетках всех без исключения организмов имеются специальные немембранные органеллы — рибосомы.

Тотипотентность — дифференциальная способность к целому организму (11 дней после оплодотворения).

Транзиции — чередование пар нуклеотидов (АТ СГ), не изменяющих направление пурин — пиримидина в рамках пары.

Трансверсия (от лат. *transversus* — повернутый в сторону, отведённый), мутация, обусловленная заменой пуринового основания (аденин, тимин) на пиримидиновое (гуанин, цитозин) и наоборот.

Транслирование — структурирование цепей полипептида в соответствии с информацией на основе РНК в гене.

Ультрафиолетовая микроскопия — микроскопия при которой объект освещают ультрафиолетовыми лучами, а его видимое изображение получают с помощью люминесцентного экрана или посредством микрофотографии.

Фагоцитоз (др.-греч. φαγῆν «пожирать» + κύτος «клетка») — процесс, при котором клетки (простейшие, либо специально предназначенные для этого клетки крови и тканей организма — фагоциты) захватывают и переваривают твёрдые частицы.

Фазово-контрастный микроскоп — прибор, использующий метод получения изображений в оптических микроскопах, при котором сдвиг фаз электромагнитной волны трансформируется в контраст интенсивности. Используется для получения изображений прозрачных объектов. Фазово-контрастную микроскопию изобрёл Фриц Цернике, за что получил Нобелевскую премию за 1953 год.

Флуоресцентный микроскоп — оптический прибор, показывающий в увеличенном виде клетки, поверхности и частицы с флуоресцирующими красителями.

Фокусное расстояние — физическая характеристика оптической системы, определяющая её основные свойства и, главным образом, увеличение и угловое поле.

Хоуминг — способность стволовых клеток, при введении их в организм, находить зону повреждения и фиксироваться там, исполняя утраченную функцию.

Хроматофоры (от греч. χρῶμα — цвет и греч. φορέω — несущий) — пигментсодержащие и светоотражающие клетки, присутствующие у земноводных, рыб, рептилий, ракообразных и головоногих.

Электронный микроскоп это прибор, в котором используют пучок ускоренных электронов для получения изображения образца.

Эмбрион (гр. *embryon* — “семя”) — это ранняя стадия развития животного, начиная от яйцеклетки.

Эмбриональные стволовые клетки (ЭСК) — на ранних стадиях развития эмбриона образуют внутреннюю клеточную массу (ВКМ) или эмбриобласт.

Энзимология (энзим[ы] + греч. *logos* учение) раздел биохимии, изучающий строение, механизм каталитического действия и молекулярную структуру ферментов.

Эпигенез — учение о зародышевом развитии, согласно которому в процессе зародышевого развития происходит постепенное и последовательное новообразование органов и частей зародыша из бесструктурной субстанции оплодотворенного яйца.

Эпигенетика — наука, изучающая закономерности эпигенетического наследования, т.е. изменения экспрессии генов или фенотипа клетки, вызванных механизмами, не затрагивающими изменение последовательности ДНК.

Эпигеномика — это изучение полного набора эпигенетических изменений генетического материала клетки, или эпигенома.

Эстрогены (нем. *östrogene*) — общее собирательное название подкласса стероидных женских половых гормонов, производимых, в основном, фолликулярным аппаратом яичников у женщин.

Эукариоты — организмы, содержащие клеточное ядро.

Эффектор — любое вещество или структура, которые вызывают физиологическую реакцию.

СОДЕРЖАНИЕ

Глава 8. КЛЕТочная Биология

§35. Определение основных компонентов клеток	4
§36. Расчет линейного увеличения органелл	9
§37. Различия между разрешением и увеличением оптического и электронного микроскопов	12
§38. Использование окуляр и объект-микрометра для вычисления размера клеток	17

Глава 9. Биотехнология

§39. Этапы микробиологических исследований.....	25
§40. Методы дезинфекции и стерилизации при работе с микроорганизмами.....	28
§41. Виды питательных сред и их подготовка	32
§42. Способы и техника посева на питательные среды. Инкубация.....	36
§43. Грамположительные и грамотрицательные бактерии. Особенности строения грамположительных и грамотрицательных бактерий. Представители.....	43
§44. Рекомбинантная дезоксирибонуклеиновая кислота. Способы получения. Применение	50
§45. Свойства плазмид и их использование в генетическом клонировании. Понятие “клонирование”	54
§46. Способы клонирования организмов	59
§47. Микроклональное размножение. Этапы и методы микроклонального размножения растений.....	62
§48. Применение ферментов в медицине, химии и промышленности	68
§49. Особенности воздействия электромагнитных и звуковых волн на организм человека	72

Глава 10. Биомедицина и Биоинформатика

§50. Понятие “эпигенетика”. Общие представления об эпигенетике. Молекулярные основы. Эпигенетические эффекты у человека. Эпигенетика и эпигеномика	78
§51. Метилирование дезоксирибонуклеиновой кислоты	82
§52. Понятие “Биоинформатика”. Применение инструментов биоинформатики в исследовании	86
§53. Метод экстракорпорального оплодотворения и его значение. Этические аспекты экстракорпорального оплодотворения	92
§54. Значение Моноклональных антител	95
§55. Производство моноклональных антител.....	102
§56. Диагностика и лечение заболеваний с помощью моноклональных антител.....	105
§57. Экологические пирамиды	111

Глава 11. Биосфера. Экосистема. Популяция

§58. Трофические уровни	116
§59. Типы взаимоотношений	123
§60. Моделирование “Составление схем передачи энергии в пищевых цепях”	128

§ 61. Решение экологических задач и экологических ситуаций.....	130
§ 62. Биоразнообразие видов	134
§ 63. Закон генетического равновесия Харди — Вайнберга	140
§ 64. Сохранение редких и исчезающих видов растений и животных	144
§ 65. Использование различных статистических методов в определении численности и распределении организмов местной экосистемы	150
§ 66. Значение случайной выборки в определении биоразнообразия местной экосистемы	154

Глава 12. ЭКОЛОГИЯ И ВЛИЯНИЕ ЧЕЛОВЕКА НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

§ 67. Глобальное потепление: причины, последствия.....	162
§ 68. Глобальное потепление: пути решения.....	167
§ 69. Моделирование “Компьютерное моделирование глобального потепления климата”	173
§ 70. Экологические проблемы Республики Казахстан и пути их решения	176
Глоссарий.....	182

