

БИОЛОГИЯ

Учебник для 11 класса общественно-гуманитарного направления
общеобразовательной школы

В двух частях

ЧАСТЬ 1

11

Рекомендовано Министерством образования и науки
Республики Казахстан



Алматы «Атамұра» 2020

УДК 373.167.1

ББК 28.0 я 72

Б 63

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

Авторы:

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

Условные обозначения:



– Что нужно повторить для успешного изучения темы?



– Дополнительный материал



– Лабораторные работы



– Вопросы и задания

Ключевые слова

Цель изучения темы

Вспомните

Б63 **Биология:** Учебник для 11 кл. обществ.-гуманит. направления общеобразоват. шк. В двух частях. Часть 1. / А. Ф. Ковшарь, Н. Г. Асанов, А. Р. Соловьева, Б. Т. Ибраимова, С. А. Куприй. – Алматы: Атамұра, 2020 – 160 с.

ISBN 978-601-331-724-3

Часть 1. – 2020 – 160 с.

ISBN 978-601-331-725-0

ISBN 978-601-331-725-0 (Часть 1)

ISBN 978-601-331-724-3

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

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	5
Раздел I. Молекулярная биология и биохимия	
§ 1. Механизм взаимодействия между антигеном и антителом.....	7
§ 2. Механизм взаимодействия фермента и субстрата. Роль активного центра в ферментативном катализе.....	11
Лабораторная работа № 1. Исследование влияния иммобилизации ферментов на их активность	15
§ 3. Транскрипция	16
§ 4. Этапы трансляции	21
§ 5. Свойства генетического кода	25
Раздел II. Питание	
§ 6. Структурные компоненты хлоропласта и их функции	34
Лабораторная работа № 2. Исследование содержания пигментов фотосинтеза в клетках различных растений	38
§ 7. Световая фаза фотосинтеза. Фотофосфорилирование.....	39
§ 8. Темновая фаза фотосинтеза. Цикл Кальвина	43
§ 9–10. Факторы, влияющие на скорость фотосинтеза	46
Лабораторная работа № 3. Влияние лимитирующих факторов на интенсивность фотосинтеза	50
§ 11. Хемосинтез	54
§ 12. Сравнение процессов фотосинтеза и хемосинтеза	58
Раздел III. Транспорт веществ	
§ 13. Механизм активного транспорта на примере натрий-калиевого насоса.....	65
§ 14. Симпластный, апопластный, вакуолярный пути транспорта веществ и их значение	69
§ 15. Водный потенциал	74
Лабораторная работа № 4. Определение водного потенциала клеток в растворах с различной концентрацией солей	78
Раздел IV. Координация и регуляция	
§ 16. Системы управления в биологии. Понятие «система управления» в биологии	81
§ 17. Принцип обратной связи на примере регулирования физиологических процессов в организме человека.....	85

§ 18. Механизм действия гормонов на клетки-мишени на примере эстрогена	89
§ 19. Механизм действия гормонов на клетки-мишени на примере инсулина	93
§ 20. Ростовые вещества. Механизм действия ростовых веществ на растение. Действие ауксина и гиббереллина.....	98
Лабораторная работа № 5. Действие ауксина на рост корня	101
Раздел V. Размножение	
§ 21. Гаметогенез. Стадии гаметогенеза человека	105
§ 22. Сравнение сперматогенеза и оогенеза	109
Раздел VI. Рост и развитие	
§ 23. Стволовые клетки: понятие и свойства (самообновление, дифференциация). Виды стволовых клеток: эмбриональные и соматические	115
§ 24. Практическое применение стволовых клеток. Этический аспект.....	119
Дополнительные дидактические материалы	
за I полугодие	124
Краткий словарь терминов	149
Список литературы	158

ВВЕДЕНИЕ

Дорогие ребята!

В этом учебном году вам предстоит изучать курс биологии для 11 класса общественно-гуманитарного направления по обновленному содержанию уровня основного среднего образования Типовой учебной программы. Это пятый год изучения биологии в школе.

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

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

В ходе выполнения лабораторных работ вы познакомитесь с особенностями различных живых объектов и лучше изучите биохимические аспекты живых систем.

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

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

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

Желаем вам удачи!

Раздел I

МОЛЕКУЛЯРНАЯ БИОЛОГИЯ И БИОХИМИЯ



§ 1. Механизм взаимодействия между антигеном и антителом

Цель изучения этой темы: объяснить взаимодействие между антигеном и антителом.

*Что такое **антиген** и **антитело**? Какие клетки в нашем организме могут вырабатывать антитела?*



Что нужно повторить для успешного изучения темы? § 18, 58 – учебник для 8 класса.

Антигены и антитела. Как вам известно из предшествующих курсов биологии, антитела – это особые иммунные белки, способные реагировать на структуры, содержащие чужеродные белки или чужеродную ДНК (или РНК). Именно результат «работы» чужеродных, не характерных для организма генов, и будет называться **антигеном**. Таким образом, антигеном можно назвать белки пищи, токсины ядовитых животных, целые бактериальные клетки, вирусные частицы, а также донорские клетки, ткани или органы. Это объясняет общность механизмов иммунного ответа против болезнетворных агентов (вирусов, бактерий, простейших или гельминтов) и аллергических реакций.

Механизм взаимодействия между антигеном и антителом уже рассматривался в предыдущих курсах биологии. Как вы помните, на определенные антигены выделяются строго определенные иммунные белки – антитела. Сейчас уже доказан факт существования иммунных клеток, способных вырабатывать только строго определенный тип антител, направленных на уничтожение строго определенного антигена.

Главный принцип взаимодействия «*антиген – антитело*» заключается в том, что эти две молекулы подходят друг к другу биохимически, как ключ к замку, т. е. их совпадение идеально. При появлении в организме иных антигенов не приспособленные к их опознаванию антитела оказываются совершенно бесполезными. И напротив, строго специфичные антитела оказываются очень эффективны в борьбе с их *антигенами*.

Как выглядят антитела? Это сложные белковые молекулы, внешне часто напоминающие вилку. За это их также называют **γ -глобулинами**. Антитела образуются в клетках крови (В-лимфоцитах) только после контакта с антигеном (рис. 1). До этого момента антитела как целостная система не синтезируются. Какая-то часть молекул разных антител может иметь общее строение (рис. 1, 2), но в то же время определенные ее участки являются строго *специфичными* (рис. 1, 10), подходящими только

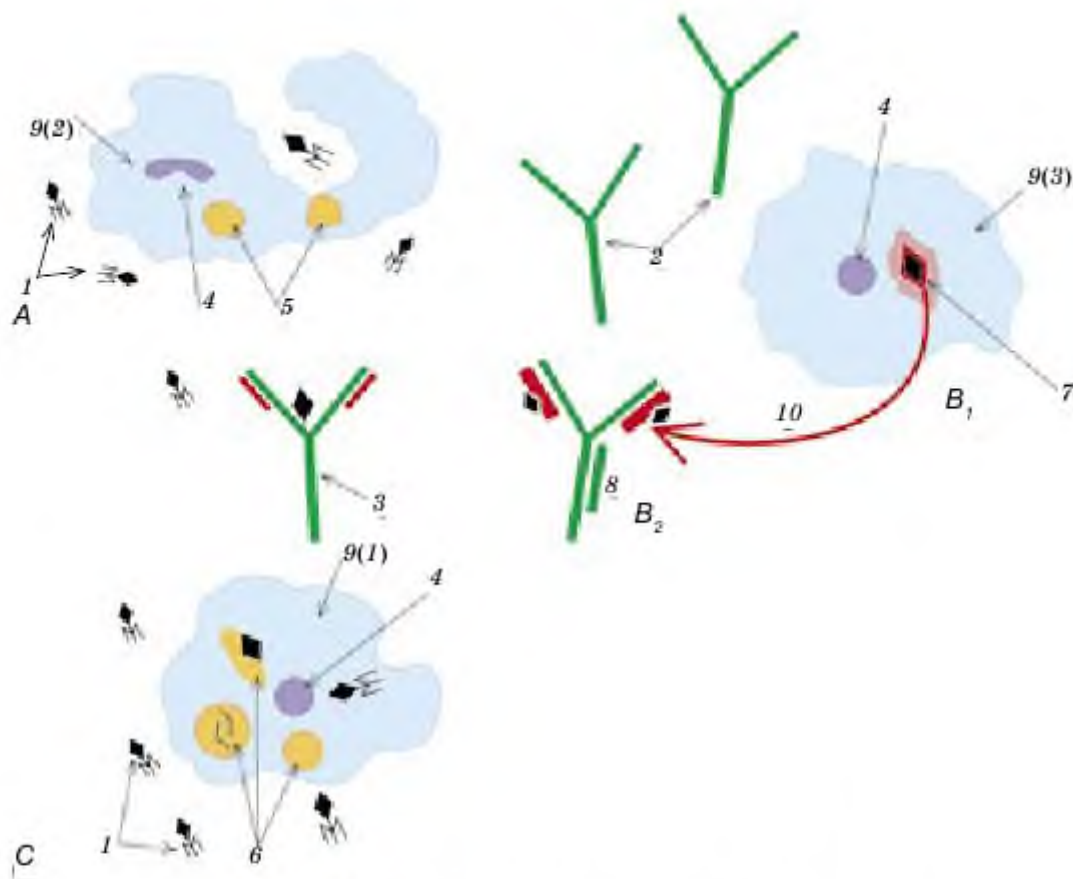


Рис. 1. Схема иммунного ответа организма

(изображенные символы не отражают реальных размеров и не передают точной формы объектов, но иллюстрируют процессы).

A – фагоцитоз – неспецифичный *клеточный иммунитет*; *B₁* – формирование внутри иммунной клетки специфического антитела после взаимодействия с антигеном; *B₂* – реакция «антиген – антитело» – специфичный *тканевый иммунитет*; *C* – результат процесса фагоцитоза.

1 – антиген – вирусная частица; *2* – неспецифичные антитела (например, интерферон); *3* – взаимодействие неспецифичного иммунного белка с вирусной частицей (менее эффективен, чем специфичные антитела, но все же подавляет размножение некоторых вирусов); *4* – ядро лейкоцита (сам лейкоцит *9*); *5* – лизосомы, готовые стать фагосомами; *6* – фагосомы (лизосомы, разрушившие антигены); *7* – процесс формирования антитела в иммунной клетке (лимфоците); *8* – уничтожение антителом вирусных частиц – реакция «антиген – антитело»; *9* – лейкоциты – иммунные клетки (фагоциты, например нейтрофилы *9(1)* и *9(2)*, и лимфоциты *9(3)*); *10* – формирование специфичного участка в антителе.

к своему антигену. Таким образом, антитела получают способность химически связываться своими строго определенными участками с определенными химическими компонентами антигенов (рис. 1, В). В результате этого биохимического механизма «склеивания» («слипания») определенных частей возникает структура, называемая *антиген – антитело*. В таком соединенном виде антигены теряют способность причинять вред организму. Если в качестве антигена выступают яды, они инактивируются и теряют способность отравлять организм. Если антигеном являются целые бактериальные клетки, то после «приклеивания» к ним антител они чаще всего теряют способность к размножению. Если же это не целые клетки, а какие-либо крупные молекулы, благодаря антителам они могут разрушаться или инактивироваться.

Антителами и антигенами называют не только свободные молекулы иммунных или чужеродных белков, плавающие в плазме крови. Также *антигенами* иногда называют специфические сложные белково-углеводные или гликолипидные (углеводно-жировые) компоненты клеточных мембран. В многоклеточных организмах «узнавание» клеток разных тканей и органов происходит с помощью механизмов, основанных на тех же принципах взаимодействия, что и механизмы формирования комплексов «антиген – антитело». Но хотя биохимические процессы и близки, «слипание» компонентов не всегда происходит. Так, например, после операции на печени клетки этой самой крупной железы человеческого организма, как правило, хорошо восстанавливаются – размножаются. Но при этом сама печень никогда не превосходит исходных размеров. Считается, что ее мембранные рецепторы верно воспринимают окружающие клетки и ткани и не переступают за условные границы оптимальных размеров.

Практическое значение изучения механизмов формирования комплексов «антиген – антитело» для современной медицины сложно переоценить. По принципу взаимодействия «антиген – антитело» развиваются очень многие реакции, характерные для организмов животных и человека. В первую очередь принципы *узнавания антителами антигенов* используются при разработке и применении *предупредительных прививок*.

Механизмы взаимодействия «антиген – антитело» лежат в основе реакции агглютинации – склеивания эритроцитов при переливании крови не той группы, а также и при развитии резус-конфликта (несовпадении резус-факторов крови матери и плода). Без учета взаимодействия «антиген – антитело» не возможен процесс успешной трансплантации (подбора и пересадки) донорских органов и тканей.

Кроме того, данные механизмы используются и во многих диагностических процедурах, не связанных с иммунным ответом. Например, рас-

пространенные тесты на беременность используют механизмы «узнавания» специфических гормонов биохимическими агентами.

Антитела, антиген, реакция «антиген – антитело».



Знание и понимание

1. Что такое *антигены*?
2. Объясните, почему антигены получили такое название.

Применение

1. Назовите причины, по которым стоит изучать механизмы взаимодействия антигенов и антител.
2. Рассмотрев рисунок, определите связь между антигенами и антителами.



Анализ

1. Изобразите в виде схемы механизм «антиген – антитело» при аллергической реакции и при применении прививок. Будут ли они отличаться?
2. Почему при повреждении кожи иногда образуются шрамы, которые сохраняются много лет, часто на всю жизнь? Противоречит ли этот факт тому, что прооперированная печень не вырастает больше исходного размера? Попытайтесь выдвинуть наиболее убедительную версию, объясняющую это явление с точки зрения изучаемой темы.

Синтез

1. Порассуждайте, как могли бы еще применяться механизмы взаимодействия «антиген – антитело».
2. Смоделируйте ситуацию: *«В ближайшем будущем ученым удастся искусственно синтезировать антитела ко всем видам инфекционных и онкологических агентов».*

Оценка

1. Напишите реферат о разработке и перспективах применения «волшебных пуль». Воспользуйтесь интернет-ресурсами.
2. Обсудите следующее высказывание: *«В основе взаимодействия антител и антигенов лежат механизмы, сходные с теми, что и в химических реакциях при взаимодействии ферментов и субстратов».*

§ 2. Механизм взаимодействия фермента и субстрата. Роль активного центра в ферментативном катализе

Цель изучения этой темы: объяснить механизм образования фермент-субстратного комплекса.

Что такое **ферменты**? К какому типу веществ они относятся? Какова связь между ферментами и катализаторами; ферментами и ДНК? Какое выражение будет более верным: «Все важнейшие белки – ферменты» или «Все важнейшие ферменты – белки»?



Что нужно повторить для успешного изучения темы? § 5 – учебник для 8 и 10 классов; § 10 – учебник для 9 класса.

Фермент и субстрат. Как вы помните, *каталитическая*, или *ферментативная*, функция важна для любых процессов жизнедеятельности, в любой живой клетке. Без молниеносных химических реакций, катализируемых ферментами, жизнь вообще невозможна.

подавляющее большинство химических реакций, происходящих в живых системах (в клетках или полостях органов), являются каталитическими. В качестве катализаторов выступают строго специфичные белки-ферменты.

Среди химиков, специализирующихся на изучении процессов катализа, бытует мнение, что велика вероятность того, что к любой химической реакции, даже не считающейся каталитической, можно подобрать катализатор и сделать реакцию более быстрой или энергетически более выгодной. И также существует мнение, что чуть ли не к любым двум, не способным вступить в химическую реакцию, веществам, можно подобрать некий гипотетический катализатор, что сделает реакцию между ними возможной.

Кроме гипотетических предположений, есть несколько фактов о работе ферментов, считающихся полностью доказанными (рис. 2). Рассмотрим их.

1. Без ферментов и катализируемых ими реакций не обходится ни одна живая система. Даже самые примитивные из бактерий не могут обеспечить свою жизнедеятельность без ферментов.

2. Ферменты четко взаимодействуют с *одним субстратом*, но иногда встречаются способные реагировать с *небольшим количеством* химических веществ. То есть существуют ферменты (как и неорганические катализаторы), способные взаимодействовать не только с одним субстратом. В этом случае в зависимости от *субстрата* может изменяться и *продукт* катализируемой реакции.

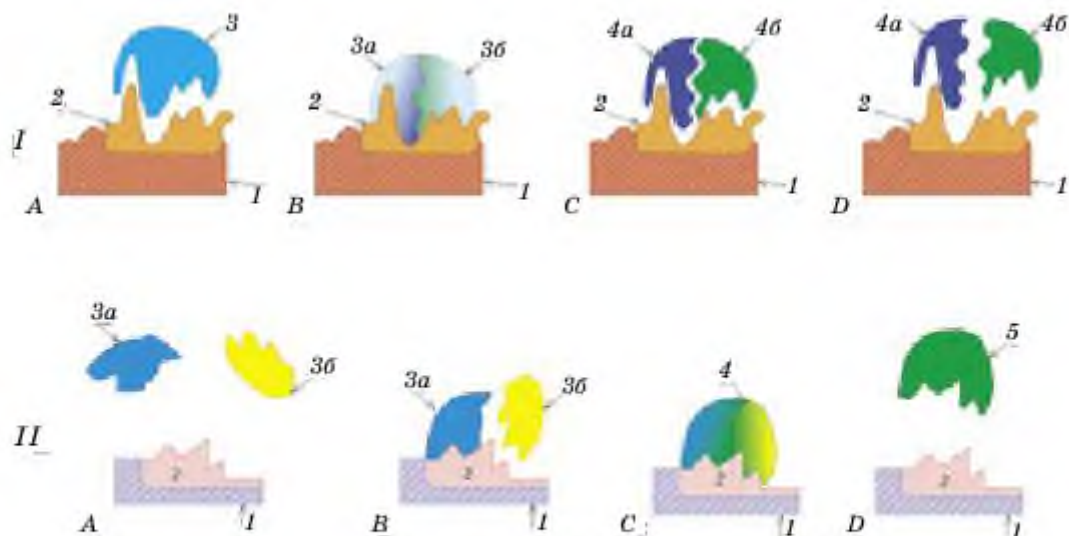


Рис. 2. Работа ферментов

I – ферментативный катализ реакции разложения (например, пищеварительный фермент).

1 – простетическая группа фермента; 2 – активный центр фермента; 3 – субстрат; 3a и 3б – компоненты субстрата, отделяющиеся друг от друга вследствие ферментативной реакции разложения; 4a и 4б – самостоятельные, вновь образовавшиеся вещества – *продукт* ферментативной реакции разложения.

A – фермент и субстрат еще не соединились; B – формирование фермент-субстратного взаимодействия и начало процесса реакции; C – завершение ферментативной реакции разложения – образование *продуктов реакции* – новых веществ 4a и 4б; D – полное освобождение фермента от продуктов реакции. Теперь он снова готов к взаимодействию с субстратом (A).

II – ферментативный катализ реакции соединения (например, ферменты темновых реакций фотосинтеза).

1 – простетическая группа фермента; 2 – активный центр фермента; 3a – первый субстрат и 3б – второй субстрат – участники реакции соединения; 4 – процесс соединения двух молекул субстратов под воздействием фермента в единое вещество; 5 – вновь образовавшееся вещество – *продукт* ферментативной реакции соединения.

A – фермент и субстраты еще не взаимодействуют; B – формирование фермент-субстратного комплекса с веществом 3a, соединение вещества 3б с фермент-субстратным комплексом, состоящим из фермента и вещества 3a. Следует помнить, что вещество 3б не способно отдельно взаимодействовать ни с веществом 3a, ни с ферментом; C – сам процесс ферментативной реакции соединения веществ 3a и 3б; D – завершение ферментативной реакции соединения – образование *продукта реакции* – новое вещество 5, полное освобождение фермента от продуктов реакции. Теперь он снова готов к взаимодействию с субстратами (A).

3. Для активного взаимодействия фермента и субстрата их молекулы должны соприкасаться. То есть вероятность их взаимодействия в растворах или в газообразном состоянии в несколько раз выше и эффективнее, чем в твердом состоянии. Многие ферментативные реакции в сухих веществах вообще не протекают.

4. Если некая химическая реакция может происходить и без фермента, она *не является каталитической*. В этом случае наличие фермента просто ускоряет реакцию в десятки, сотни и иногда даже тысячи раз. Если же присутствие фермента делает реакцию *вообще возможной*, тогда она называется *каталитической*. Иначе говоря, без фермента она вообще не будет протекать (ни при каких иных изменениях физических условий, таких как повышение температуры или увеличение концентрации веществ, поверхности их соприкосновения и т. д.).

5. Ферментативная реакция всегда энергетически более выгодна. За счет фермента растет скорость реакции и (или) падает ее энергоемкость.

Строение молекул фермента. Что же представляет собой молекула фермента? В подавляющем большинстве ферменты – это белки¹. Часто они представляют собой *сложные белки*, включающие в свой состав, кроме аминокислотных остатков, иные компоненты – *простетические группы*. Это могут быть ионы металлов, части молекул витаминов (или целые молекулы), иные вещества органической природы (липиды, углеводы, циклические структуры и т. д.). Большая часть молекулы фермента выполняет своего рода вспомогательную роль. Она является механической основой или структурой, на которой размещается его «главная часть». Вот эту самую «главную часть», способную «узнавать» субстрат, и называют *активным центром фермента*. Чаще всего именно в состав активного центра фермента входят простетические группы.

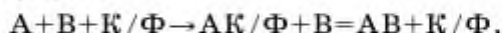
Роль активного центра в ферментативном катализе заключается в «узнавании» и непосредственном «*взаимодействии*» с субстратом. Значит, молекула субстрата вступает во взаимодействие не со всеми частями молекулы фермента, а только с ее строго определенной частью – *активным центром*.

Механизм взаимодействия фермента и субстрата достаточно сложен и изучен не до конца. Но в целом можно представить любой каталитический процесс на следующем гипотетическом примере. Предположим, что реакция соединения между веществами А и В является каталитической.

¹ Ферменты небелковой (и даже неорганической) природы обнаружены в живых системах. Как правило, их в сотни и тысячи раз меньше. Поэтому мы не будем рассматривать их в данном школьном курсе.

То есть без наличия некоего третьего вещества – катализатора – вещество А вообще не способно химически взаимодействовать с веществом В. Как, например, стекло не вступает в реакцию с водой, как бы мы ни изменяли физические условия.

Если обозначить катализатор (фермент) символом К/Ф, то процесс каталитической реакции соединения веществ А и В можно выразить в следующей схеме-формуле:



Продуктом, т. е. конечным результатом, данной реакции является вещество АВ. *Субстратом*, взаимодействующим с катализатором-ферментом, является вещество А. Анализируя схему, можно сделать вывод, что вещество А вступает во взаимодействие с катализатором и только после этого получает способность химически взаимодействовать с веществом В. То есть реакция происходит не между веществами А и В. Реакция соединения возможна **только (!)** между комплексом АК/Ф и веществом В. Результатом – *продуктом реакции* является новое вещество АВ. При этом по окончании химического процесса целостная молекула неповрежденного фермента К/Ф освобождается из реакции. Именно поэтому в самом упрощенном определении катализатора отмечается, что это «вещества, которые не расходуются в ходе реакций, но делают эти процессы возможными».

Катализатор, фермент, субстрат, продукт, простетическая группа, активный центр фермента, витамины.



Знание и понимание

1. Как вы понимаете, что такое *активный центр фермента*?
2. Опишите, какие вещества могут входить в простетические группы.

Применение

1. Сравните роль разных частей молекулы фермента.
2. Какие из перечисленных сведений о работе ферментов кажутся вам наиболее важными в практической деятельности? Покажите на конкретных жизненных примерах.

Анализ

1. Изобразите в виде цветной произвольной схемы реакцию разложения крахмала на глюкозу под действием фермента слюны амилазы. Как изменились ваши представления об этом процессе после знакомства с материалом параграфа?
2. Проанализируйте этапы фермент-субстратного взаимодействия.

Синтез

1. Порассуждайте, при химическом изменении каких частей фермента его каталитическая активность может сильно снизиться или вообще исчезнуть, даже если все другие части молекулы не повреждены.

2. Соотнесите свойства и характеристики особенностей функционирования ферментов с функционированием антител и антигенов. Какие сходство и различия вы обнаружили?

Оценка

1. Напишите реферат о применении различных ферментных комплексов при переработке органического сырья (растительного, животного, нефтехимического).

2. Обсудите следующие высказывания и ситуации:

1) *В ближайшем будущем ученые откроют катализаторы для химических реакций между всеми веществами на Земле.*

2) Что произойдет, если биологически активный фермент, например лизоцим слюны, довести до 60 градусов? Предположите, как это отразится на его активности. Произойдут ли изменения активности, если после нагревания его остудить?



Лабораторная работа № 1.

Исследование влияния иммобилизации ферментов на их активность.

Цель: убедиться в снижении и (или) прекращении каталитической активности ферментов под воздействием вещества-ингибитора.

Оборудование: дистиллированная вода, перекись водорода, стиральный порошок (раствор ПАВ – поверхностно-активных веществ) и (или) 1% -ные растворы солей, содержащие катионы меди CuSO_4 , сок капусты и (или) картофеля (если готовится непосредственно во время проведения лабораторной, то мелкая терка и фильтровальная бумага (или марля для отжима), водяная баня или тигель со спиртовкой, набор пробирок, пипетки, колбы или химические стаканы, пинцет.

Количество используемых пробирок зависит от количества применяемых реактивов. Если используются и раствор стирального порошка, и соли меди, то количество пробирок должно быть 12: т. е. 6 – для сока картофеля и 6 – для сока капусты соответственно. Если же применяется сок только одного растения, но используются оба неорганических реактива, то количество пробирок равно 6. Если же лабораторные эксперименты перепроверяются в 2–3 последовательностях, то и количество пробирок должно соответственно увеличиваться в 2–3 раза.

Ход работы

1. Приготовленный сок капусты, разбавленный дистиллированной водой в 10 раз, прилейте в 5 пробирок (примерно по 0,5–1,5 мл). В следующие 5 пробирок прилейте сок картофеля, разбавленный водой в 2–3 раза.

2. В две пробирки прилейте прокаленные на тигеле или прокипяченные на водяной бане растворы соков капусты и картофеля.

3. Прилейте в оставшиеся пробирки по одному из имеющихся реагентов (соли меди и раствор стирального порошка). Постарайтесь, чтобы количество прилитых соков было во всех пробирках одинаково, а количество реагентов не превышало 1/2 часть сока.

4. Добавьте в пробирки по 5 капель перекиси водорода. Содержимое всех пробирок перемешайте.

5. Наблюдайте за изменениями раствора (окраска, вспенивание) на протяжении 3–15 мин. Данные занесите в таблицу.

	Без воздействий	Кипячение	Порошок стиральный	CuSO_4
Сок капусты				
Сок картофеля				

6. Попробуйте ответить на следующие вопросы:

- 1) Считаете ли вы, что механизмы прекращения активности фермента после кипячения идентичны механизмам их инактивации (иммобилизации) после взаимодействия с ПАВ или солями тяжелых металлов?
- 2) Как соотносятся ваши представления о взаимодействии активного центра ферментов с иным веществом, чем привычный субстрат?
- 3) Могли ли химические компоненты солей тяжелых металлов встроиться в активный центр фермента?
- 4) Можно ли это точно установить, используя только данные экспериментов, полученные в ходе лабораторной работы?
- 5) Как будут себя вести соли тяжелых металлов при попадании в организм, если предположить, что их сродство с активным центром фермента выше, чем у кислорода?

§ 3. Транскрипция

Цель изучения этой темы: описать транскрипцию – первый этап процесса биосинтеза белка.

*Какова роль ДНК? В каких структурах и где в клетке находится ДНК? Что такое **репликация**? Каковы особенности строения и роль ДНК и РНК? Чем они различаются? Как образуются новые молекулы РНК? Верно ли говорить, что: «Наследственная информация – это запись порядка аминокислот всех белков организма»? Какие структуры клетки непосредственно синтезируют белок?*



Что нужно повторить для успешного изучения темы? § 7, 9, 10 и 12 – учебник для 10 класса.

Наследственная информация – запись порядка аминокислот, хранящаяся в ДНК. Как вы помните, у эукариот ДНК находится в хромосомах клетки (они состоят из *хроматина* – соединения ДНК и специальных белков). В свою очередь сами хромосомы находятся внутри ядра, отделенного от цитоплазмы двойной мембраной. У прокариот ДНК представлена одной главной² кольцевой молекулой – нуклеоидом, плавающим примерно в центре цитоплазмы клетки.

Именно в ДНК хранится наследственная информация – запись порядка аминокислот всех белков данной клетки и (или) организма. А непосредственно синтезируют белки, т. е. соединяют аминокислоты, *рибосомы*, находящиеся в цитоплазме или ЭПС.

В связи с этим возникает вопрос: «Как доставить информацию от ДНК к рибосомам?». Эту проблему решает один из видов РНК – *информационная*, или *матричная* – иРНК, или мРНК. *Матрица* – это типографский термин, обозначающий набранный из металлических букв текст, на который наносится краска. После чего к нему прикладываются и прижимаются листы бумаги, и так отпечатываются многочисленные копии. Следовательно, матрица – это какая-либо структура, с которой можно получить неограниченное число копий.

Транскрипция необходима для того, чтобы донести информацию, скопированную с ДНК, в цитоплазму к рибосомам. При этом нужно полностью исключить повреждение самой молекулы ДНК. Наследственная информация эукариот строго сохраняется под защитой двух ядерных мембран, как в сейфе. Именно устойчивая к негативному воздействию, стабильная, двуспиральная ДНК является надежным носителем, и в таком виде она переносит информацию из клетки в клетку (и из организма в организм) при размножении. Ведь если ДНК разрушится, клетка погибнет, поэтому хромосомы (молекулы ДНК) не покидают ядро. Чтобы осуществить процессы биосинтеза белка и реализовать находящуюся в ДНК наследственную информацию, нужен посредник, который будет переходить из ядра в цитоплазму к рибосомам. Роль посредника в этом случае выполняет иРНК (мРНК).

Транскрипция – процесс синтеза иРНК по матрице ДНК (рис. 3). Это *первый этап биосинтеза белка*. Процесс транскрипции похож на

² Плазмиды – неглавные мелкие кольцевые молекулы ДНК, иногда встречающиеся в клетках бактерий, грибов и некоторых растений.

процесс репликации. Он тоже начинается с того, что в определенном участке ДНК разрываются водородные связи и небольшая часть молекулы (всего несколько десятков нуклеотидов) временно становится одноцепочечной. К одной из этих свободных однонитевых цепей ДНК присоединяется фермент *РНК-полимераза*, или *транскриптаза*. Молекула фермента «навязывается» на одну цепь ДНК и начинает функционировать, а комплементарная цепь ДНК остается свободной.

Фермент катализирует присоединение новых нуклеотидов к растущей цепи иРНК. Нуклеотиды присоединяются по принципу комплементарности. То есть если в ДНК находится азотистое основание *цитозин*, то в РНК будет встраиваться комплементарный ему *гуанин*, и между ними будет возникать тройная водородная связь. Образующаяся таким образом иРНК будет полностью копировать *нетранскрибируемую* комплементарную цепь ДНК, только вместо *тимина* в ней будет находиться *урацил*.

Постепенно удлиняясь, цепь иРНК благодаря ферменту включает в себя всё новые и новые нуклеотиды. Когда мРНК достигает необходимой длины, водородные связи между ею и транскрибируемой цепью ДНК рвутся. Это происходит потому, что химическое сродство молекул ДНК–ДНК выше, чем ДНК–РНК. Таким образом, комплементарная

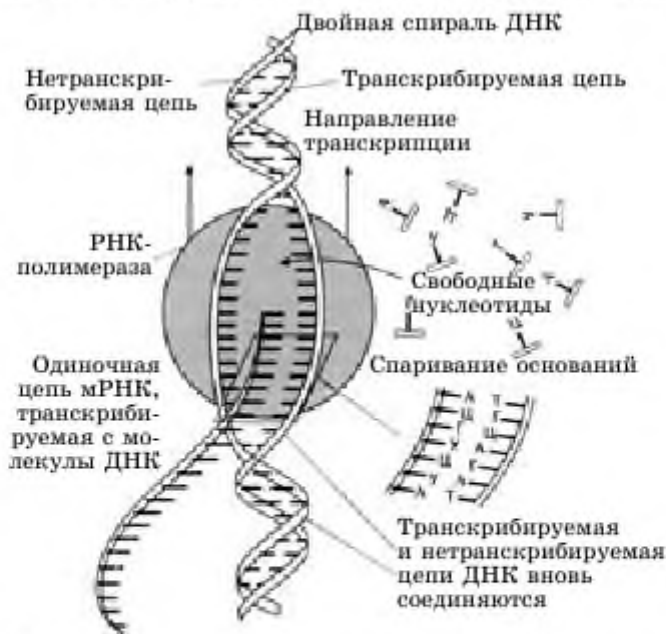


Рис. 3. Процесс транскрипции – синтез иРНК – происходит в ядре по матрице ДНК хромосом

нетранскрибируемая цепь ДНК вытесняет иРНК, восстанавливая водородные связи внутри двуцепочечной молекулы.

Бесспорно, что процесс транскрипции очень сложный. Он включает в себя множество ферментов, узнающих особые последовательности в ДНК, которые находятся перед определенными генами и активизируют транскрипцию. У прокариот иРНК может включать в себя сразу несколько функционально связанных генов³. У эукариот одна молекула иРНК всегда соответствует только одному гену, т. е. кодирует информацию только одного белка.

Транскрипция у прокариот может совпадать во времени и в пространстве с трансляцией, а у эукариот нет. То есть биосинтез белка рибосомой бактерий может идти по молекуле иРНК, синтез которой еще не окончен. И оба эти процесса будут происходить в цитоплазме клеток, так как бактерии не имеют ограниченного мембраной ядра.

Итоги транскрипции – это готовые молекулы иРНК, в которых записана информация с ДНК. Они играют роль копии «генерального плана – проекта» будущей постройки. Причем оригинал «генерального плана» – молекула ДНК – остается в надежном «сейфе» – ядре. А вот его «копия» – иРНК – доставляется на «строительную площадку» к рибосомам. Для чего клетке нужен такой сложный процесс? Если на стройплощадке «копия» повредилась, то всегда можно сделать новую.

Транскрипция, РНК-полимераза, или транскриптаза, матрица, комплементарность.



Знание и понимание

1. Объясните значение терминов: *наследственная информация, ген, хромосома, комплементарность.*
2. Как вы понимаете, что такое *матрица*?

Применение

1. Назовите причины, по которым происходит транскрипция.
2. Заполните таблицу. Определите связь между структурами и признаками.

Структуры	Признаки
ДНК	
РНК	

³ Структура в ДНК бактерий, состоящей из нескольких взаимосвязанных генов, транскрибируемых вместе на одну молекулу иРНК, называется *опероном*.

1) Находится в ядре; 2) находится в цитоплазме; 3) результат транскрипции; 4) результат репликации; 5) вещество хромосом; 6) необходима рибосомам; 7) переносит информацию из ядра в цитоплазму; 8) переносит информацию из клетки в клетку; 9) переносит информацию между поколениями клеток и организмов; 10) реализует наследственную информацию в ходе биосинтеза белков.

Анализ

1. Изобразите в виде схемы процесс транскрипции, указав разными цветами: иРНК, транскрибируемую цепь ДНК, нетранскрибируемую цепь ДНК, свободные нуклеотиды РНК, фермент транскриптазу, ядро (его мембраны и ядерный сок), цитоплазму, рибосомы.

2. Установите верную последовательность этапов транскрипции эукариот. Впишите номера процессов в верной последовательности.

№	Этап транскрипции – происходящие процессы
1	Продвижение фермента РНК-полимеразы, или транскриптазы, вдоль транскрибируемой цепи ДНК и присоединение нуклеотидов иРНК друг к другу по принципу комплементарности с нуклеотидами ДНК
2	Присоединение последнего нуклеотида РНК к цепочке иРНК
3	Поиск молекулой иРНК пор в кариолеме
4	Выход иРНК из кариоплазмы в цитоплазму
5	Расплетание небольшого фрагмента двойной спирали ДНК под действием ферментов транскрипции (снятие сверхспирализации витков)
6	Посттранскрипционная модификация молекулы иРНК в ядре клетки, ее «созревание» (удаление «молчащих участков» – интронов)
7	Поиск ферментами ДНК-зависимыми РНК-транскриптазами места начала транскрипции гена белка, нуждающегося в биосинтезе
8	Формирование водородных связей между цепями молекулы ДНК, полное восстановление двуспиральной молекулы
9	Встраивание первого нуклеотида РНК, комплементарного первому нуклеотиду ДНК.
10	Разрушение водородных связей между цепочками двойной спирали ДНК на небольшом участке молекулы
11	Образование водородных связей между последним нуклеотидом РНК и ДНК
12	Вытеснение одноцепочной молекулы иРНК цепью ДНК, комплементарной транскрибируемой цепи

→ → → → → → → → → → →

Синтез

1. Порассуждайте, почему возникли различия процесса транскрипции у прокариот и эукариот.

2. Определите нуклеотидную последовательность в иРНК и нетранскрибируемой цепи ДНК, если транскрибируемая цепь нуклеотидов ДНК имеет следующую последовательность расположения нуклеотидов:

- а) ГАА ЦГЦ ТТТ ААГ;
- б) ЦЦЦ ГТА АТГ ТЦТ;
- в) ТГТ ААГ АГА ЦГА.

Оценка

1. Напишите реферат о деятельности М. А. Айтхожина – основателя молекулярной биологии в Казахстане, специализировавшегося на изучении процесса транскрипции (информосом).

2. Оцените возможность и вероятность возникновения в эволюции клеток, в которых не происходил бы процесс транскрипции. Какие плюсы и минусы имели бы такие системы? Почему их не существует в реальной действительности?

§ 4. Этапы трансляции

Цель изучения этой темы: описать трансляцию – второй этап процесса биосинтеза белка.

Как должны попасть к рибосомам аминокислоты, необходимые для синтеза белка? Все ли виды молекул РНК одинаковы по строению и выполняемым функциям?



Что нужно повторить для успешного изучения темы? § 7, 9, 10 и 12 – учебник для 10 класса.

Этапы биосинтеза белка. Биосинтез белка включает в себя два этапа. Это трансляция, которую мы будем изучать в этом параграфе, и уже изученная нами транскрипция – процесс синтеза иРНК по матрице ДНК (рис. 4). Как и многие процессы, связанные с наследственностью, биосинтез белка – матричный процесс. В каждом биологическом матричном процессе матрицей является определенное вещество:

- при репликации матрицей являются исходные «старые», или «материнские», молекулы ДНК;
- при транскрипции матрицей является какой-либо участок молекулы ДНК, по которому идет синтез иРНК;
- при трансляции – процессе синтеза белка на рибосоме – матрицей являются молекулы иРНК (мРНК).

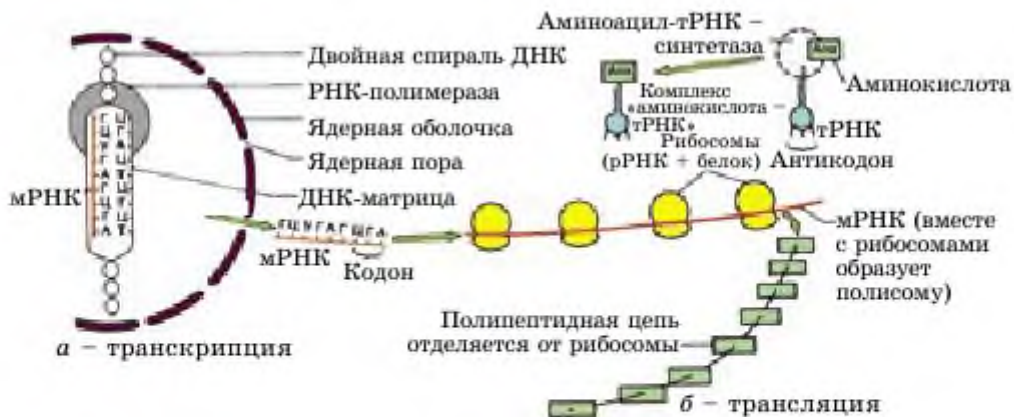


Рис. 4. Взаимосвязь процессов транскрипции и трансляции, происходящих в ядре (а) и цитоплазме (б) эукариот

Таким образом, благодаря матричному принципу удается почти полностью⁴ избежать возможных «ошибок», случайно возникающих изменений наследственного материала.

Трансляция – процесс биосинтеза белка на рибосоме (рис. 5). Начинается с того, что на иРНК, которая попала в цитоплазму или к шероховатой ЭПС, «нанизывается» рибосома.

Большая и малая субъединицы рибосом образуются в ядре. Они состоят из особого вида РНК, которую называют *рибосомальной* и обозначают как рРНК. В составе рибосом, как и в хромосомах, кроме нуклеиновой кислоты, содержатся также белки.

Субъединицы рибосомы покидают ядро порознь. Но они легко соединяются на информационной РНК. «План», как делать белок, – это и есть иРНК. Есть тот, «кто будет делать белок» (соединять аминокислоты) – это рибосома или рРНК. Остается только «подать» рибосоме «строительные блоки» – аминокислоты.

Нужно помнить, что в отличие от обычных «кирпичей» аминокислоты не одинаковые. Их существует 20 видов. Генетическая информация – это не что иное, как правильный порядок аминокислот в белке. Для переноса и встраивания аминокислот существуют специальные молекулы – *транспортные РНК* – тРНК. По форме тРНК напоминают лист клевера.

⁴ Ошибки репликации – это мутации, точнее, одна их группа. Чаще всего мутации вредны и даже смертельно опасны для организма. Крайне редко (не чаще 1 мутации на 1000) они могут приводить к появлению положительных изменений (см. § 25).

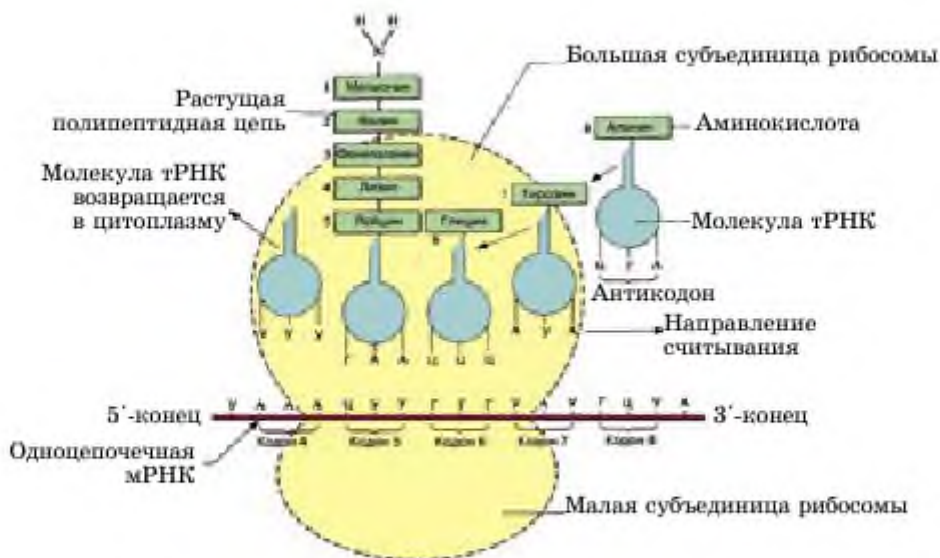


Рис. 5. Схема строения и работы рибосомы.

Все виды РНК и рибосома, состоящая из рРНК, синтезируют белок

Специальный фермент катализирует присоединение аминокислот к тРНК. К определенной молекуле тРНК присоединяется только строго определенная аминокислота. У тРНК есть важная структура, опознающая «свое» место в иРНК. Она называется *антикодон* и представляет собой три нуклеотида, которые расположены на «верхушке» листка клевера. Они комплементарны *кодону* – трем нуклеотидам иРНК. Кодон и антикодон соединяются водородными связями по принципу комплементарности. Так, если в кодоне будут основания ГУЦ, то антикодон будет содержать ЦАГ (с двойной водородной связью между средними нуклеотидами и тройными связями у обоих крайних). Попав к информационной молекуле и оказавшись внутри рибосомы, тРНК образует водородные связи в системе «кодон – антикодон». Причем *функциональный центр рибосомы* удерживает в себе только шесть нуклеотидов иРНК, чтобы рядом оказались две тРНК и две аминокислоты соответственно.

Теперь рибосома соединяет аминокислоты, катализируя реакцию полимеризации. Соединение происходит между карбоксильной группой одной аминокислоты и аминогруппой другой, с выпадением молекулы воды. Между каждыми двумя аминокислотами образуется одна пептидная связь. После этого рибосома «делает шаг», т. е. перемещается еще на три нуклеотида по иРНК. Освободившаяся тРНК отсоединяется от иРНК

и следует за новой аминокислотой. А к очередному кодону иРНК присоединяется антикодон тРНК, принесший следующую аминокислоту для встраивания в белок.

Так повторяется до тех пор, пока рибосома не дойдет до конца иРНК у эукариот или до окончания гена у прокариот (если их иРНК содержит несколько генов). К последней аминокислоте присоединяется молекула воды, и рибосома «отпускает» синтезированный пептид.

Неважно, в клетках какого типа происходит процесс биосинтеза белка – *трансляция*. Это синтез полипептидной цепи на рибосоме, т. е. соединение различных аминокислот в том порядке, который записан в ДНК и скопирован в виде иРНК.

Трансляция, кодон, антикодон, функциональный центр рибосомы, тРНК, рРНК.



Знание и понимание

1. Объясните, почему в системе «кодон – антикодон» возникновение ошибок минимально.
2. Чем различаются функции тРНК и рРНК?

Применение

1. Как и почему в функциональный центр рибосомы входит именно 6 нуклеотидов, а не 5 или 7?
2. Определите связь между первым этапом биосинтеза – транскрипцией и вторым – трансляцией. Как они взаимосвязаны?

Анализ

Изобразите в виде схемы весь процесс биосинтеза белка, указав всех участников. Расположите их под номерами: 1) иРНК; 2) тРНК; 3) малая субъединица рибосомы; 4) большая субъединица рибосомы; 5) стоп-кодон; 6) аминокислота № 1 и аминокислота № 2; 7) кодон; 8) антикодон; 9) растущий пептид; 10) молекулы воды.

Синтез

1. Систематизируйте сходство и различия в процессе трансляции бактерий и эукариот.
2. Порассуждайте, мог ли протекать процесс трансляции в пробирке, если бы там присутствовали все необходимые компоненты.

Оценка

1. Известно, что некоторые антибактериальные лекарственные препараты препятствуют работе прокариотических рибосом, но не действуют на рибосомы эукариот.
2. Оцените и обсудите плюсы и минусы возможности регуляции процесса биосинтеза белка на уровне трансляции.

§ 5. Свойства генетического кода

Цель изучения этой темы: объяснить свойства генетического кода.

Что является мономером ДНК, а что мономером белков? У какого из этих веществ большее разнообразие в количестве типов мономеров? Сколько типов нуклеотидов в ДНК? Сколько разных типов аминокислот встречается в составе белков?



Что нужно повторить для успешного изучения темы? § 41 – учебник для 9 класса.

Генетический код – это система записи порядка аминокислот с помощью нуклеотидов ДНК. Ученые долгое время считали, что материальными носителями наследственности являются именно белки, а не нуклеиновые кислоты, так как они более разнообразны. И белки, и нуклеиновые кислоты – полимеры. Но мономерами белков являются 20 видов аминокислот, а у ДНК всего 4 типа мономеров-нуклеотидов. Представьте себе разные по длине нити бус, состоящие из бусинок 4 цветов. А теперь представьте бусы, состоящие из бусинок 20 разных цветов. Очевидно, что бусы (полимерные цепи), состоящие из 20 разных цветов (видов мономеров), будут более разнообразны. Но веществом наследственности являются все-таки нуклеиновые кислоты, а не белки. И это не случайно. Во-первых, ДНК, как двуцепочечная молекула, химически более стабильна, чем, например, белки или РНК. Ее структуру гораздо труднее разрушить. Во-вторых, она способна к самокопированию – репликации, которая благодаря принципу комплементарности протекает с высокой точностью. Кроме того, ДНК не выполняет никаких побочных функций, кроме хранения наследственной информации, в то время как функции белков так же разнообразны, как их свойства.

Свойства генетического кода. Триплетность – важнейшее свойство генетического кода. Оно означает, что 3 нуклеотида ДНК кодируют одну аминокислоту. Это свойство позволяет кодировать 20 видов аминокислот, используя всего 4 типа нуклеотидов ДНК. Почему генетический код именно триплетен? Если бы 2 нуклеотида ДНК кодировали 1 аминокислоту, этого было бы недостаточно, чтобы записать все 20 видов аминокислот. Диплетного генетического кода хватило бы только на 16 видов аминокислот, ведь $4^2=16$. Если же кодировать с помощью 3 нуклеотидов ДНК, этого будет более чем достаточно. Ведь $4^3=64$.

Вырожденность. Вы, наверное, заметили, что число значимых триплетов (61) более чем в три раза превосходит число аминокислот (20). Но с этим ничего не поделаешь. Если бы генетический код не был триплетным

(а был бы диплетным), то на 20 аминокислот не хватило бы комбинаций (16). Действительно, большинство аминокислот кодируются более чем 1 триплетом (табл. 1). Всего 2 аминокислоты – метионин и триптофан – имеют только 1 триплет. Это свойство генетического кода называется **вырожденностью**.

Понятию «вырожденность» генетического кода противоположна его *однозначность*.

Согласно математической логике каждую аминокислоту должны были бы кодировать по 3 триплета ($64/20=3,2$). Но в реальности это совсем не так. Всего 1 аминокислота – изолейцин – кодируется 3 триплетами. 2 аминокислоты – метионин и триптофан – кодируются только 1 триплетом. Большинство же аминокислот кодируются 4 триплетами. 5 триплетами не кодируется ни одна аминокислота. 6 триплетами кодируются серин, лейцин и аргинин.

Универсальность генетического кода состоит в том, что одни и те же триплеты кодируют одни и те же аминокислоты у всех живых орга-

Таблица 1

Вырожденность генетического кода

Кол-во триплетов	Аминокислота	Кодирующие триплеты (в ДНК)
1	Мет – метионин Три – триптофан	ТАЦ АЦЦ
2	Фен – фенилаланин Цис – цистеин Лиз – лизин Гли – глутамин Глу – глутаминовая кислота Асп – аспарагин Асп – аспарагиновая кислота Гис – гистидин Тир – тирозин	ААА ААГ АЦА АЦГ ТТТ ТТЦ ГТТ ГТЦ ЦТТ ЦТЦ ТТА ТТГ ЦТА ЦТГ ГТА ГТГ АТА АТГ
3	Иле – изолейцин	ТАА ТАГ ТАТ
4	Ала – аланин Вал – валин Гли – глицин Про – пролин Тре – треонин	ЦГА ЦГГ ЦГТ ЦГЦ ЦАА ЦАГ ЦАТ ЦАЦ ЦЦА ЦЦГ ЦЦТ ЦЦЦ ГГА ГГГ ГГТ ГГЦ ТГА ТТГ ТГТ ТГЦ
6	Сер – серин Лей – лейцин Арг – аргинин	АГА АГГ АГТ АГЦ ТЦА ТЦГ ГАА ГАГ ГАТ ГАЦ ААТ ААЦ ГЦА ГЦГ ГЦТ ГЦЦ ТЦТ ТЦЦ

низмов. Жизненные процессы (гликолиз, механизмы репликации, работа ферментов и т. д.), обязательные для всего живого, сформировавшись однажды на заре зарождения жизни, мало изменяются. Поэтому и генетический код универсален.

Ученые полностью дорасшифровали его в 1965 г. Даже если исследователи получают клетки неизвестных ранее живых организмов, например, обитающих на больших глубинах или в неизведанных ранее пещерах, используя генетический код, они смогут расшифровать ДНК и определить, из какой последовательности аминокислот состоят белки этих организмов.

Неперекрываемость генетического кода – это свойство генов находиться в хромосоме последовательно один за другим и не перекрывать друг друга. Иначе говоря, каждый из нуклеотидов входит в состав только одного триплета и не может одновременно входить в состав двух соседних триплетов. Если, например, в гене закодировано 10 аминокислот, в его составе будут использованы 30 значимых нуклеотидов. Если же количество нуклеотидов в гене изменится, то поменяется и вся последовательность триплетов (см. § 25).

Напомним, что *ген* – это участок хромосомы (молекулы ДНК), в котором закодирован один белок. Гены разделяются стоп-кодонами – триплетными, не кодирующими аминокислоты, а указывающими на окончание одного гена и начало следующего. Чтобы клетка не соединила между собой последнюю аминокислоту одного белка с первой аминокислотой другого, необходимы стоп-кодона. Из 64 комбинаций триплетов генетического кода 61 кодируют аминокислоты. Эти триплеты называются *значимыми*. А 3 триплета кодируют окончание «записи» белка и называются «знаками препинания», «точками», «запятыми» или просто стоп-кодонами. Назовем эти триплеты: АТТ, АТЦ, АЦТ в ДНК или УАА, УАГ, УГА в иРНК (табл. 2).

Триплет, кодон, антикодон. Итак, 3 нуклеотида в ДНК называются *триплетом*; комплементарные им 3 нуклеотида в иРНК называются *кодоном*, а 3 нуклеотида в тРНК, комплементарные кодону иРНК, называются *антикодоном* (рис. 6). Поэтому соответствие терминов логично представить в виде схемы:

ДНК → иРНК → тРНК → белок
Триплет → кодон → антикодон → аминокислота

Упрощая схему и опуская названия трех нуклеотидов, кодирующих аминокислоту, эта схема будет выглядеть как схема центральной догмы молекулярной биологии:

ДНК → РНК → белок.

Генетический код

		Второй нуклеотид кодона									
		УА		ЦГ		АТ		ГЦ			
Первый нуклеотид кодона	У	УУУ	Фен	УЦУ	Сер	УАУ	Тир	УГУ	Цис	У	Третий нуклеотид кодона
		УУЦ		УЦЦ		УАЦ		УГЦ		Ц	
	А	УУА	Лей	УЦА	УАА	Терм	УГА	Терм	А		
	УУГ	УЦГ		УАГ	УГГ		Трп	Г			
Ц	Ц	ЦУУ	Лей	ЦЦУ	Про	ЦАУ	Гис	ЦГУ	Арг	АУ	
		ЦУЦ		ЦЦЦ		ЦАЦ		ЦГЦ		ГЦ	
	Г	ЦУА	Иле	ЦЦА	ЦАА	Гли	ЦГА	ЦГГ	ТА		
	ЦУГ	ЦЦГ		ЦАГ	ТА						
А	А	АУУ	Иле	АЦУ	Тре	ААУ	Асп	АГУ	Сер	АУ	
		АУЦ		АЦЦ		ААЦ		АГЦ		ГЦ	
	Т	АУА	Мет-Иниц	АЦА	ААА	Лиз	АГА	Арг	ТА		
	АУГ	АЦГ		ААГ	АГГ		ЦГ				
Г	Г	ГУУ	Вал	ГЦУ	Ала	ГАУ	Асп	ГГУ	Гли	АУ	
		ГУЦ		ГЦЦ		ГАЦ		ГГЦ		ГЦ	
	Ц	ГУА	+Иниц	ГЦА	ГАА	Глу	ГГА	ГГГ	ТА		
	ГУГ	ГЦГ		ГАГ	ТА						

Красным даны нуклеотиды ДНК, черным – нуклеотиды иРНК.

Внутри таблицы красным цветом обозначены стоп-кодоны и инициаторный кодон метионина.



Рис. 6. Биосинтез белка

Генетический код, стоп-кодон, значимые триплеты, триплетность, кодон, антикодон, универсальность, вырожденность, непрерываемость генетического кода.



Знание и понимание

1. Объясните, почему генетический код именно триплетен, а не диплетен или не тетраплетен.
2. Охарактеризуйте свойства генетического кода «вырожденность» и «неперекрываемость».

Применение

1. Сравните понятия *кодон*, *триплет*, *антикодон* и соотнесите их с различными типами нуклеиновых кислот в клетке.
2. Рассчитайте, сколько нуклеотидов в ДНК, если по ней синтезировался белок из 300 аминокислот. Учитывали ли вы стоп-кодоны? Как изменится ответ в зависимости от этого?

Анализ

Проанализируйте имеющиеся данные расшифровки генетического кода, представленные в таблицах параграфа. На их основе определите:

- 1) последовательность нуклеотидов ДНК, если белок состоит из:
 - а) Гли + Асп + Цис;
 - б) Иле + Фен + Лей;

- в) Гли + Тре + Сер;
- г) Вал + Глу + Тре;
- д) Про + Фен + Арг.

2) последовательность аминокислот, если в ДНК расположены нуклеотиды:

- а) ГАА ТТТ;
- б) ААГ ТЦТ;
- в) ЦЦЦ ГТА;
- г) ГГТ АГА;
- д) ТГТ ААГ.

Синтез

1. Смоделируйте ситуацию: «На планете X в состав нуклеиновых кислот входит 5 типов нуклеотидов».

Как выглядит генетический код этой планеты при условии, что в состав их белков тоже входит 20 типов аминокислот? Какое максимальное число стоп-кодонов можно было бы предположить у этих инопланетян и почему?

2. Порассуждайте, если биосинтез белка проходил по мРНК (иРНК), содержащей 144 нуклеотида, то каков номер верного варианта. Учтены ли стоп-кодоны?

Вариант	Аминокислоты	Пептидные связи	Молекулы воды (выделились)
№ 1	144	143	143
№ 2	46	47	47
№ 4	48	47	50
№ 5	47	46	46
№ 6	47	47	47

Оценка

Обсудите следующие факты:

1) *Генетический код универсален у всех организмов – от слонов и баобабов до вирусов.*

2) *У некоторых вирусов наблюдается нарушение неперекрываемости генетического кода. То есть копирование определенных генов может происходить с середины одного до середины другого.*

Заключение по разделу «Молекулярная биология и биохимия»

Антигены – синтезированные в чужих организмах вещества (белки, нуклеиновые кислоты), целые клетки или их части, ткани или даже органы (донорские). Для защиты организм вырабатывает специальные иммунные белки – антитела. Антитела строго специфичны и действуют обычно только против какого-то определенного антигена. Антитела, вырабатываемые особыми клетками крови В-лимфоцитами, которые также называют клетками иммунной памяти, способны биохимически

«узнавать» антигены. Специфическая биохимическая реакция «склеивания» антител и антигенов в результате обезвреживания или разрушения последних называется *реакцией антиген – антитело*. Антиген и антитело подходят друг к другу как ключ к замку, т. е. большинство антител не взаимодействуют с иными агентами, кроме их антигена. Взаимодействие проходит по принципу совпадения «ключ – замок».

Важно понимать, что без антигена антитела активно не вырабатываются. Способность организма реагировать на появление антигенов выработкой антител составляет основу тканевого иммунитета, аллергических реакций и отторжения донорских тканей и органов.

В живых системах ферменты работают по тому же принципу биохимического взаимодействия «ключ – замок». Иначе говоря, ферменты – биологические катализаторы – «узнают» свой субстрат так же, как и антитела «узнают» свой антиген. Почти все химические реакции в клетках и организмах происходят с участием ферментов. То есть без катализаторов они либо вообще не происходят, либо происходят настолько медленно, что жизнь как процесс становится невозможной.

Ферменты – зачастую сложные белки, состоящие не только из аминокислот, но и иных компонентов. Деятельная часть молекулы-фермента – активный центр – может включать в себя витамины, металлы или иные вещества. Именно активный центр фермента взаимодействует с субстратом, узнает его и делает реакцию возможной.

Механизм ферментативной реакции состоит из нескольких стадий. Вначале фермент связывается с одним из двух веществ – участников химического взаимодействия. Затем образовавшийся фермент-субстратный комплекс вступает в реакцию с другим веществом, после чего фермент выходит из реакции, не израсходовав ни одной своей молекулы. Вещества, вовлеченные им в процесс, теперь уже взаимодействуют между собой. Сохранившийся в неизменном виде неизрасходованный *фермент*, образовавшийся *продукт реакции* и полное исчезновение молекул *субстратов* (исходных веществ) полностью подтверждают определение: «Катализаторы – это вещества, которые не расходуются в ходе реакции, но значительно ее ускоряют или вообще делают возможной».

Как правило, один фермент катализирует – контролирует только одну реакцию. Однако бывают и исключения (иногда возникающие в ходе изменения условий окружающей среды в процессе эволюции).⁵

⁵ Так важнейший фермент – *рибулоза 1,5 бифосфаткарбоксилаза*, катализирующий присоединение CO₂ атмосферы в ходе первой реакции цикла Кальвина (темновая фаза фотосинтеза), как оказалось, может взаимодействовать

Ферменты – белки, контролирующие направление всех биохимических процессов в клетке. Именно через синтез белков молекулы ДНК, из которых состоят хромосомы, реализуют наследственную информацию.

Наследственная информация – запись порядка аминокислот в белках организма – сохраняется в ДНК хромосом. *Генетический код* – это способ записи порядка аминокислот белков с помощью нуклеотидов ДНК.

4 типа нуклеотидов ДНК кодируют порядок 20 типов аминокислот. Каждую аминокислоту кодируют 3 нуклеотида. Участок ДНК с одним закодированным белком – *ген*. Гены разделяются *стоп-кодонами*.

Генетический код имеет следующие свойства:

- *триплетность* (3 нуклеотида кодируют одну аминокислоту);
- *неперекрываемость* (нуклеотиды в гене, как и гены в хромосоме, следуют поочередно и не перекрывают друг друга);
- *вырожденность* (1 аминокислота может кодироваться более чем одним триплетом);
- *однозначность*⁶;
- *универсальность* (определенный триплет обозначает конкретную аминокислоту у любого организма).

Наследственную информацию, записанную в ДНК, реализуют разные виды РНК. Информационная, или матричная, РНК переписывает (копирует) информацию с ДНК и переносит ее в цитоплазму к рибосомам. Триплету ДНК комплементарен кодон иРНК.

Транспортная РНК приносит аминокислоты к иРНК и выстраивает их в нужной последовательности. Кодону иРНК комплементарен антикодон тРНК. Рибосомальная РНК (рРНК) в составе рибосомы соединяет аминокислоты в белок.

Процесс биосинтеза белка проходит в два этапа.

1. *Транскрипция* – процесс переписывания наследственной информации с ДНК на иРНК, т. е. синтез иРНК по матрице ДНК в ядре.

2. *Трансляция* – синтез полипептидной цепи на рибосоме, т. е. соединение различных аминокислот в том порядке, который записан в ДНК и скопирован в виде иРНК в цитоплазме.

не только с CO_2 , но и с O_2 . Это произошло, вероятно, потому, что, когда процесс фотосинтеза и его ферменты формировались в ходе эволюции, атмосфера почти не содержала кислорода. Сейчас же кислород, содержащийся в атмосфере в количестве 21%, способен вытеснить CO_2 из активного центра фермента. Это создает очень энергетически затратный и вредный процесс – *фотодыхание*. Но некоторые растения научились с этим бороться – это группы САМ-метаболитов и C_4 -фотосинтетиков.

⁶ Свойство генетического кода, выражающееся в том, что 1 триплет кодирует только одну аминокислоту.

ПИТАНИЕ



§ 6. Структурные компоненты хлоропласта и их функции

Цель изучения этой темы: установить взаимосвязь между структурой и функцией хлоропласта.

*Какие особенности строения характерны для хлоропластов? Что такое **граны хлоропластов**? Что общего в строении пластид и митохондрий? Какие еще пластиды, кроме хлоропластов, существуют? Какой важнейший процесс протекает в хлоропластах?*



Что нужно повторить для успешного изучения темы? § 5 – учебник для 7 класса, § 1 – учебник для 9 класса, § 12 – учебник для 10 класса.

Хлоропласты (пластиды) – двумембранные органоиды. Органоиды, состоящие из двух мембран, называются **двумембранными**. К ним относятся митохондрии и пластиды. Важнейшая часть эукариотической клетки – ядро, которое также отделено от цитоплазмы двойной мембраной.

Митохондрии и пластиды – это **полуавтономные органоиды**, способные реализовать собственную генетическую информацию. Они содержат свою внехромосомную ДНК, все необходимые виды РНК и рибосомы, могут синтезировать собственные белки.

Как показали исследования, митохондрии и пластиды содержат кольцевую **внеядерную ДНК**. Ее принято называть **цитоплазматической ДНК**, или **цитоплазматической наследственностью**, противопоставляя это понятие ядерной наследственности, или ДНК хромосом.

Молекула ДНК полуавтономных органоидов сходна с ДНК бактерий. В отличие от хромосом ядра ДНК митохондрий и пластид имеет форму кольца и не связана с белками (гистонами).

В ДНК митохондрий и пластид закодировано большинство белков и РНК, необходимых для обеспечения жизнедеятельности этого органоида. Но для нормального образования и функционирования собственных рибосом пластидам нужны несколько молекул рРНК, закодированных в ядерных хромосомах. То есть совершенно обойтись без клетки полуавтономные органоиды не могут. Они способны жить в питательной среде, по химическому составу аналогичной цитоплазме, но не способны размножаться. Интересен и тот факт, что рибосомы полуавтономных органоидов более мелкие, чем в самой клетке, и похожи на бактериальные.

Виды пластид. Как вы помните, существуют три вида пластид. Бесцветные **лейкопласты** накапливают крахмал или иные вещества. Они часто содержатся в клубнях, семенах, сердцевине стеблей. **Хромопласты**

бывают разных ярких цветов: желтого, красного, оранжевого. Они содержат пигмент – *каротин* (морковь, персики, томаты, тыква). Также этот вид пластид привлекает насекомых, окрашивая в соответствующие цвета лепестки роз, подсолнечника, тюльпанов и т. д. Еще в них могут накапливаться вредные вещества (красные и желтые опадающие осенние листья).

Хлоропласты – самые известные и распространенные пластиды. Их основная функция – осуществление процесса *фотосинтеза*. По общему плану строения все пластиды сходны между собой, но мы остановимся на особенностях строения хлоропластов именно в связи с выполняемыми ими функциями.

Итак, они имеют две мембраны. *Наружная мембрана* хлоропласта гладкая. Она ограничивает хлоропласт от окружающей его цитоплазмы. Именно непроницаемость наружной мембраны для электронов хлорофилла делает фотосинтез возможным. Кроме того, как и любая наружная мембрана, она осуществляет избирательную проницаемость и обмен веществ между хлоропластом и «окружающей средой» (цитоплазмой).

Внутренняя мембрана – важнейшая часть хлоропласта, в которой протекают реакции взаимодействия света с *хлорофиллом*. Именно тут *энергия света переходит в химическую энергию АТФ*. То есть молекулы хлорофилла и других вспомогательных пигментов закрепляются на внутренней мембране хлоропласта. Внутренняя мембрана уже не гладкая, она образует впячивающиеся внутрь складки, называемые *тилакоидами*. Тилакоиды образуют «стопочки» из мембраны, погруженные внутрь хлоропласта (рис. 7), которые называют *тилакоидами гран*, или просто



Рис. 7. Схема строения хлоропласта.

Это полуавтономный органоид, обеспечивающий энергией организм растений и синтезирующий глюкозу

гранами. Между этими «стопочками» есть одиночные мембранные пере­тяжки, переходы – *тилакоиды стромы*, или *ламеллы*.

Строма – это жидкость внутри хлоропласта. В ней плавают кольце­вая ДНК, разные виды РНК и рибосомы. Именно они синтезируют все ферменты, осуществляющие жизненные процессы самого хлоропласта и химические реакции фотосинтеза. Так, например, в строме происходит образование органических веществ – синтез углеводов (глюкозы, сахара, крахмала). Также именно в строме разлагается вода, из которой выделя­ется свободный кислород. Ведь газ, которым мы все дышим, образуется именно в ходе одного из этапов фотосинтеза. Чтобы эти реакции успешно происходили, в строме синтезируются все необходимые ферменты.

Пигменты фотосинтеза. Для того чтобы свет мог оказывать влия­ние на растительный организм и, в частности, использоваться в про­цессе фотосинтеза, необходимо его поглощение фоторецепторами- пигментами. **Пигменты** – это окрашенные вещества, которые поглоща­ют свет определенной длины волны. Непоглощенные участки солнечно­го спектра отражаются, что и обуславливает окраску пигментов. Так, зеленый пигмент хлорофилл поглощает красные и синие лучи, тогда как зеленые лучи в основном отражаются. И поэтому листья кажутся зелеными.

Состав пигментов зависит от систематического положения группы организмов. У фотосинтезирующих бактерий и водорослей пигментный состав очень разнообразен (хлорофиллы, бактериохлорофиллы, бактерио­родопсин, каротиноиды, фикобилины). Их набор и соотношение специ­фичны для различных групп и во многом зависят от среды обитания ор­ганизмов. Пигменты фотосинтеза у высших растений значительно менее разнообразны. Пигменты, сконцентрированные в пластидах, можно раз­делить на три группы: *хлорофиллы, каротиноиды, фикобилины*⁷.

Фотосинтез, хлоропласты, хлорофилл, тилакоиды, граны, строма, ламеллы, цитоплазматическая ДНК (цитоплазматиче­ская наследственность), полуавтономные органоиды, пластиды, лейкопласты, хромопласты.



Знание и понимание

1. Как вы понимаете, что такое *двумембранные* и *полуавтономные ор­ганоиды*? Одинаковы ли эти понятия?

⁷ Фикобилины – специфические пигменты красного и синего цвета, содержа­щиеся у цианобактерий и некоторых водорослей.

2. Назовите иные пигменты, кроме хлорофилла.

Применение

1. Сравните виды пластид и установите связь между их цветом (пигментами и не пигментными веществами) и видами пластид.

2. Назовите причины, по которым хлоропласты относятся к полуавтономным органоидам.

Анализ/Синтез

1. Изобразите в виде схемы компоненты хлоропласта и укажите их роль.

2. Проанализируйте характерные признаки и определите связь между ними и структурами хлоропласта, заполнив таблицу.

Структура хлоропласта		Функция хлоропласта
Наружная мембрана		
Внутренняя мембрана		
Строма	Генетический аппарат	
	Жидкость и вещества в ней	

1) содержит хлорофилл; 2) кольцевая ДНК; 3) складки; 4) содержит ферменты; 5) образуется АТФ; 6) образуется глюкоза, сахар и крахмал; 7) мелкие рибосомы; 8) грани; 9) образуется кислород; 10) РНК; 11) ламеллы; 12) гладкая; 13) имеет складки; 14) не выпускает электроны хлорофилла в цитоплазму; 15) синтезируются органические вещества – углеводы; 16) обеспечивает обмен веществ между стромой и цитоплазмой; 17) является цитоплазматической, или внеядерной, наследственностью; 18) взаимодействие света с хлорофиллом.

Оценка

Оцените реальные ситуации и подумайте, какие выводы можно из них сделать.

1) *Амеба может фагоцитировать одноклеточные водоросли и не переваривать их по несколько дней. При этом она получает от водоросли кислород и глюкозу (результат фотосинтеза). А водоросль получает из цитоплазмы амебы углекислый газ, воду, минеральные вещества. Кроме того, в цитоплазме более комфортные условия – постоянный химический состав, более постоянные давление и температура, отсутствие хищников и паразитов.*

2) *Можно поставить следующий эксперимент: сочный мясистый зеленый лист перетереть в мелкую кашу с толченым стеклом. Поместить эту кашу в чистую пробирку. В абсолютно темной комнате (полностью исключая попадание света) осветить кашу ярким лучом, близким по спектру к дневному свету в течение 1–1,5 с. Вы увидите, что после выключения луча содержимое пробирки будет короткое время светиться. При повторном освещении свечения не наблюдается, даже если увеличить мощность.*

Важно! Из-за опасности испарений ацетона, бензина и спирта работа проводится учителем демонстрационно. Количество использованных реактивов не должно превышать 1 мл для каждого реактива. При проведении работы необходимо обеспечить проветриваемость помещения.



Лабораторная работа № 2.

Исследование содержания пигментов фотосинтеза в клетках различных растений.

Цель: выявить наличие пигментов фотосинтеза в различных клетках растений.

Материалы и оборудование: 1) листья 2–3 растений (элодеи, амариллиса, традесканции, пеларгонии или других имеющихся в кабинете биологии); 2) ножницы и керамическая ступка (желательно также порошок толченого стекла); 3) реактивы: этиловый спирт, бензин (бесцветный), ацетон 80%; 4) лабораторные пробирки, чашки Петри (2 шт. разного диаметра), воронка; 5) фильтровальная бумага.

Ход работы

Измельчить листья исследуемых растений (отдельно, не смешивая их) сначала с помощью ножниц, а затем в ступке с толченым стеклом или без него.

Образовавшуюся кашицу от каждого растения перелить в отдельную колбу или пробирку и добавить спирт (или смесь спирта с ацетоном). Хорошо перемешать и процедить в чистую пробирку через фильтровальную бумагу, уложенную в воронку.

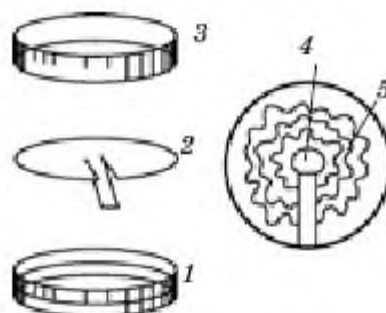
Примечание. Не забывайте менять фильтр для кашицы из каждого нового растения и использовать отдельную емкость – пробирку. Вместо фильтровальной бумаги можно использовать салфетку или бумажное полотенце.

Из фильтровальной бумаги вырезать круг (количество кругов должно соответствовать количеству исследуемых растений), который можно было бы легко поместить на бортики меньшей из чашек Петри. Сделать на круге из фильтровальной бумаги по радиусу два надреза, не доходя до центра, и полученный «язычок» немного отогнуть вниз (см. как на рисунке).

В центр бумажного круга с помощью пипетки нанести пятно пигментной кашицы, предварительно хорошо ее взболтав. Необходимо следить, чтобы пятно не расплывалось, но при этом имело интенсивный зеленый цвет. Для этого нужно капнуть не один, а два-три раза. Прodelать это отдельно для каждого исследуемого растения, на отдельном бумажном круге.

Просушить бумажный круг (круги, если исследованы несколько растений) с нанесенными пигментами и положить его на края чашки Петри, в которую предварительно нужно налить слой бензина (примерно 0,5 см), так, чтобы удалось опустить в него бумажный «язычок», но сам бумажный круг не намок. Закрыть чашку Петри крышкой, т. е. чашкой большего диаметра.

Пронаблюдать за разделенными пигментами. Пигменты, обладая неодинаковой растворимостью в бензине и разной способностью к адсорбции фильтровальной бумагой, передвигаются с различной скоростью. Соответственно, они будут располагаться на бумажном круге отдельными круговыми зонами.



Слабо-зеленая зона, которая иногда наблюдается на месте стартовой точки, представляет собой хлорофилл определенной группы, не растворимый в бензине. Непосредственно над стартовой точкой находится хлорофилл желтовато-зеленого цвета, за ним – хлорофилл голубовато-зеленого цвета. Далее следуют *ксантофиллы* (по цвету сходны с каротиноидами, от бледно-желтого до коричневого), а затем – *каротины* (от желтого до оранжевого и красного).

Сравните результаты, полученные от разных растений. Сделайте выводы о преобладании тех или иных пигментов у разных растений либо их сходстве.

§ 7. Световая фаза фотосинтеза. Фотофосфорилирование

Цель изучения этой темы: объяснить процессы, протекающие при световой фазе фотосинтеза.

Что такое фотосинтез? В каких клетках, тканях и организмах он протекает? Какие условия необходимы для фотосинтеза? Кто относится к продуцентам? Откуда экосистемы получают энергию? Что такое АТФ, АДФ и АМФ? Как эти вещества превращаются друг в друга?



Что нужно повторить для успешного изучения темы? § 23 – учебник для 7 класса; § 54 – учебник для 8 класса.

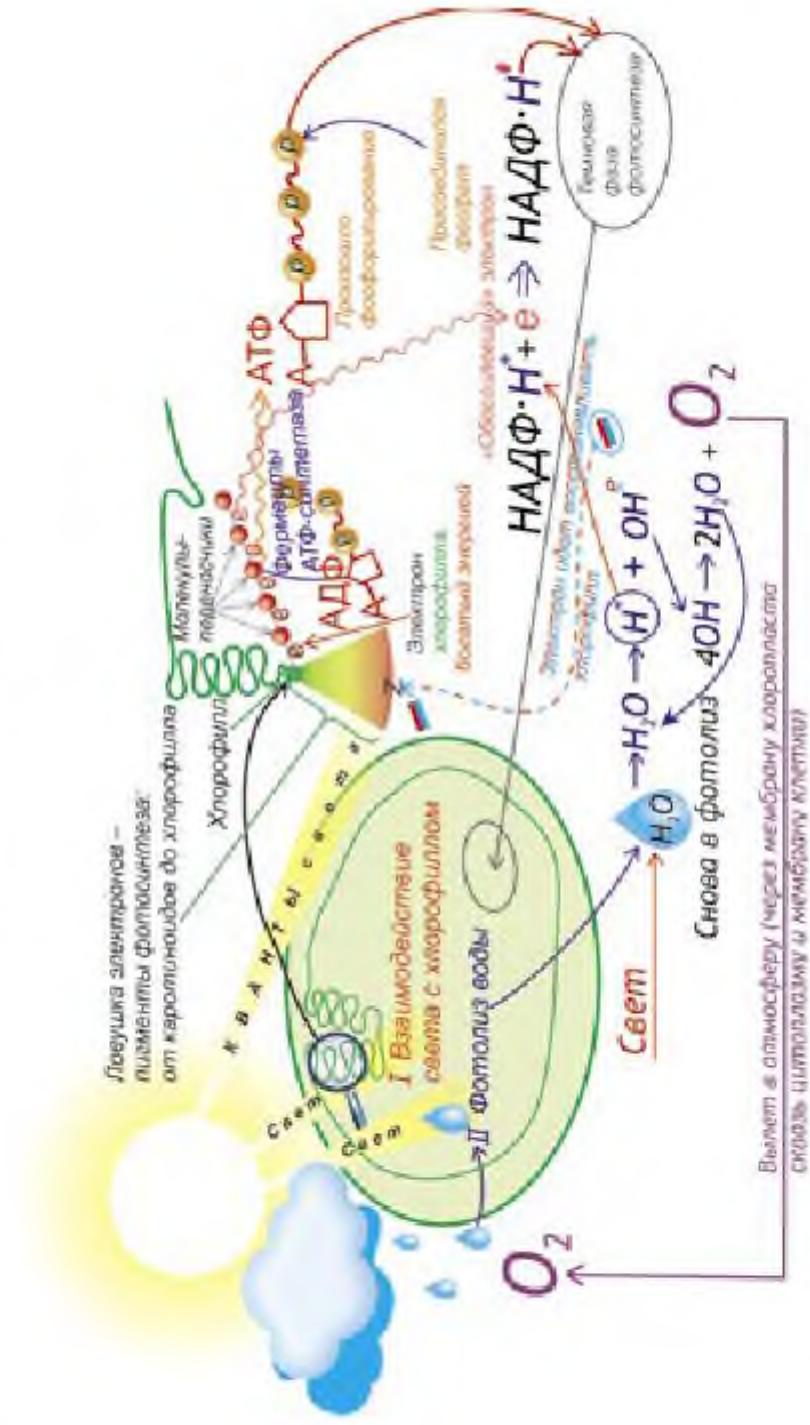
Световая фаза проходит на свету в «стопочках» внутренней мембраны хлоропластов – *тилакоидах гран* (схема 1). Именно здесь и сосредоточены молекулы хлорофилла. Эта фаза складывается из двух взаимодействующих друг друга процессов: 1) взаимодействия света с хлорофиллом (фотофосфорилирование) и 2) фотолиза.

Фотофосфорилирование – это процесс синтеза АТФ за счет энергии света. Такое название данный процесс получил потому, что синтез молекул АТФ – «аккумуляторов энергии» – это присоединение фосфата к АДФ. Следовательно, идет процесс *фосфорилирования*. Также фосфорилированием является присоединение фосфата к АМФ и ее превращение в АДФ. А поскольку в ходе фотосинтеза это происходит за счет энергии *фотонов* света, то к названию химизма процесса добавляется обозначение источника энергии. В результате взаимодействия света и хлорофилла энергия фотонов переходит в химическую энергию молекул **АТФ**.

Взаимодействие света с хлорофиллом – это не просто одна химическая реакция. Рассмотрим этот сложный биофизический процесс немного подробнее. Солнце светит на зеленые растения, и его фотоны попадают на молекулы хлорофилла. Хлорофилл – это такое уникальное вещество, которое от попадания в него квантов света может терять электроны⁸. Зна-

⁸ Кроме хлорофилла этим свойством обладают многие другие вспомогательные растительные пигменты. Например, желтые, красные, оранжевые каротиноиды.

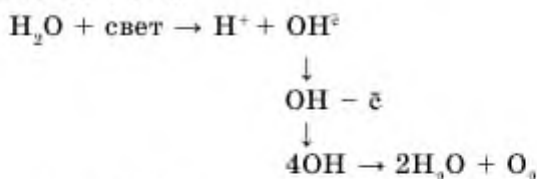
Световая фаза фотосинтеза



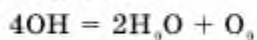
чит, молекула хлорофилла содержит электрон, готовый при получении энергии легко оторваться от нее. Энергия света переходит в энергию покинувшего хлорофилл электрона.

Далее возбужденный, богатый энергией электрон попадает на цепь молекул-переносчиков, которые встроены в мембрану тилакоида гран. Молекулы-переносчики – это специфические соединения. Чаще это белки, содержащие металлы, соединенные с другими веществами (циклическими, липидными и др.). Они «отбирают» у электрона энергию, которую тот получил от кванта света, и используют ее на синтез АТФ. Тут работают и ферменты, катализирующие процесс присоединения фосфата к АДФ. Следовательно, идет процесс *фотофосфорилирования*, **результатом которого являются молекулы АТФ**. После электрон, отдавший энергию, присоединяется к протону водорода H^+ . Протон водорода – это результат фотолиза.

Фотолиз – процесс разложения воды под действием света. Он происходит в строме хлоропласта, рядом с тилакоидами. Дело в том, что каждая молекула хлорофилла может потерять только один электрон. Второй электрон никогда не вылетит из молекулы хлорофилла, сколько бы на нее ни светили. Поэтому растению необходимо вернуть электрон в хлорофилл. Если бы хлорофилл только терял электроны, процесс прекратился бы очень быстро. Все молекулы хлорофилла потеряли бы по одному электрону, и фотофосфорилирование бы остановилось. За счет процесса фотолиза происходит восстановление потерянного хлорофиллом электрона. Сама реакция фотолиза выглядит как классическая электролитическая диссоциация воды. Вот ее схема:



При этом электрон группы OH^- используется для восстановления хлорофилла, после чего группа OH^- остается без отрицательного заряда. Получается, что молекула воды разлагается на три компонента: протон водорода H^+ , отнятый у него электрон e и незаряженные группы OH^- . Группы OH^- объединяются по четыре и образуют воду и свободный кислород, который выделяется в атмосферу:



Разные пигменты улавливают свет с разной длиной волны. Однако все они передают свои заряженные энергией электроны на молекулы хлорофилла. Значит, хлорофилл является главным «центром», куда устремляется поток электронов со всех вспомогательных пигментов.

Электрон воды встраивается в молекулу хлорофилла, чтобы та смогла вновь взаимодействовать со светом для выработки АТФ. Каждый восстановленный электрон, встроившийся в молекулу хлорофилла, снова заряжается солнечной энергией и вылетает в цепь молекул-переносчиков.

Протон водорода H^+ соединяется с молекулой-переносчиком НАДФ и электроном хлорофилла, отдавшим энергию. Образуется НАДФ·Н.

Итак, результатами фотоллиза являются:

- восстановление молекулы хлорофилла (за счет электронов водорода из молекулы воды);
- выделение кислорода в атмосферу.

Общий итог световой фазы фотосинтеза:

1. АТФ, синтезированная из энергии света, перешедшей в электрон хлорофилла.

2. Формирование молекулы НАДФ·Н в результате соединения электрона хлорофилла и протона водорода, оставшегося от фотоллиза, с НАДФ.

3. Выделение кислорода в атмосферу (как побочного продукта реакций фотоллиза).

АТФ и атомарный водород с молекулой-переносчиком НАДФ будут использоваться растением в дальнейшем в *темновой фазе*.

Напомним, что для световой фазы необходимы фотоны света. Следовательно, она может происходить только днем, на свету. Именно поэтому происходящие в ней реакции называют *световой фазой фотосинтеза*. На этой стадии энергия солнечного света преобразуется в энергию химических связей АТФ, накапливается НАДФ·Н, и, как побочный продукт фотоллиза, выделяется кислород.

Фотосинтез, световая фаза, фотофосфорилирование, фотоллиз, тилакоиды гран, хлорофилл, НАДФ.



Знание и понимание

1. Перечислите результаты световой фазы.
2. Назовите условия, необходимые для световой фазы фотосинтеза.

Применение

1. Сравните фотоллиз и фотофосфорилирование. Как связаны эти процессы?
2. Назовите причины, по которым растения выделяют кислород в атмосферу.

Анализ

1. Изобразите в виде схемы процесс фотоллиза.
2. Проанализируйте этапы фотофосфорилирования. Изобразите их в виде произвольной схемы или рисунка.

Синтез

1. Порассуждайте, как могли бы измениться условия жизни на нашей планете, если бы процессы световой фазы так и не возникли в ходе эволюции.

2. Оцените версию ученых-эволюционистов.

Первые фотосинтезирующие организмы – бактерии – совсем не хотели получать энергию от Солнца. Они страдали от мощного ультрафиолета, разрушающего их ДНК, прятались в водах первичного океана. В бескислородной атмосфере без озонового экрана солнечное излучение вызывало огромное количество мутаций. Любой пигмент вокруг кольцевой ДНК бактерий уменьшал вредное воздействие Солнца. Но случайно возникший (в ходе мутаций) хлорофилл стал терять богатые энергией электроны, которые грех было не использовать.

Оценка

1. Напишите эссе «Путешествия компонентов молекулы воды в растении (хлоропласте)», начиная с ее попадания в организм через корневой волосок.

2. Подготовьте сообщение о последствиях применения водородных или водных двигателей. Оцените экономические и экологические последствия успеха этих технологий. Какова связь этих изобретений с процессами фотоллиза?

§ 8. Темновая фаза фотосинтеза. Цикл Кальвина

Цель изучения этой темы: объяснить процессы, протекающие при темновой фазе фотосинтеза.

Каковы конечные продукты – итоги фотосинтеза?



Что нужно повторить для успешного изучения темы? § 23 – учебник для 7 класса; § 54 – учебник для 8 класса.

Темновая фаза происходит в строме хлоропласта при участии соответствующих ферментов. Для нее необходимы продукты химических реакций, образовавшиеся в световой стадии. Однако сам свет не нужен. Поэтому темновая фаза происходит как в темноте, так и на свету, лишь бы были необходимые химические компоненты.

В темновой фазе используются два из трех результатов световой фазы, а именно:

- 1) АТФ;
- 2) НАДФ·Н.

В самом общем виде можно сказать, что темновая фаза – это соединение CO_2 из атмосферы и водорода от НАДФ·Н (поступившего из световой фазы) до образования молекулы глюкозы. На этот процесс тратится энергия АТФ (которая была получена от Солнца в ходе световых реакций). То есть главный результат всего процесса фотосинтеза – синтез глюкозы – органического вещества. Далее клетки растения могут преобразовать глюкозу во фруктозу, сахарозу, крахмал, целлюлозу или другую органику в зависимости от своих потребностей.

Цикл Кальвина назван по фамилии открывшего его ученого. В реальности синтез глюкозы не идет в одну химическую реакцию. Он представляет собой циклический процесс. Напомним, что *циклические реакции* – это замкнутая в кольцо биохимическая последовательность, в которой продукт последней реакции является исходным веществом для первой реакции. Другое название цикла Кальвина – *C_3 -фотосинтез*, поскольку первым продуктом реакции являются трехуглеродные сахара, которые затем объединяются, превращаясь в молекулу глюкозы (рис. 8).

Чтобы определить всех участников цикла, американский биохимик **Мелвин Кальвин** (Нобелевская премия, 1961 г.) провел интересные эксперименты. В качестве объекта он использовал одноклеточную водоросль – хлореллу. Ученый помещал культуру этих водорослей в специальную изолированную колбу, в которой был только особый изотоп углерода ^{14}C . Через разные промежутки времени Кальвин опускал



Рис. 8. Темновая фаза

водоросли в кипящий ядовитый спирт – метанол. Затем, используя хроматографию, анализировал, в каких соединениях оказался изотоп углерода. При данном исследовании используется специальная чувствительная бумага (или пластина), на которой высвечиваются соединения, содержащие ^{14}C .

Кальвин начал с периода в полминуты, но оказалось, что за 30 секунд растение уже успело синтезировать не только глюкозу, но и приступило к образованию полисахаров. Постепенно уменьшая время до 5 секунд Кальвин смог идентифицировать все соединения, которые образуются с участием углерода, поглощенного растениями из CO_2 атмосферы. Первым веществом, которое образуется из CO_2 , оказались две молекулы C_3 -соединения – триозы. Поэтому цикл Кальвина еще называют C_3 -путем фотосинтеза. Две молекулы C_3 образуются из пятиуглеродного сахара C_5 (похожего на рибозу), когда к нему присоединяется CO_2 .

Далее в последовательных реакциях цикла из двух трехуглеродных соединений образуется молекула глюкозы и восстанавливается исходная C_5 -молекула, чтобы снова присоединять углерод. Напомним, что на каждую реакцию тратится энергия в виде АТФ, образовавшаяся в световой фазе. Причем АТФ не только отдает энергию, но и присоединяет к углеводам свою фосфатную группу. Так что углеводы – участники цикла Кальвина – содержат в своем составе фосфор и называются фосфатами. Например, C_5 -соединение – рибулозомонофосфат или рибулозодифосфат. Также в реакции вступает и молекула НАДФ·Н, отдавая углеводам водород. Таким образом, для создания глюкозы в темновой фазе используются АТФ и НАДФ·Н, перешедшие сюда из световой фазы, и CO_2 атмосферы. Все реакции цикла Кальвина (как и других циклов в клетке) контролируются специальными ферментами⁹.

Комплекс реакций цикла Кальвина называется *путем фиксации углерода*, или *фотокарбоксилированием*. Под *фиксацией углерода* понимают присоединение «летающего» в составе CO_2 углерода атмосферы в «приземленный», нелетающий – *фиксированный* продукт, а именно в глюкозу, целлюлозу, сахарозу, крахмал или другую органику. Название «фотокарбоксилирование» процесс получил за то, что к исходным веществам цикла присоединяется *карбо* – углерод за счет *фото* – энергии света.

⁹ Цикл Кальвина не единственный способ осуществления темновых реакций фотосинтеза. В зависимости от того, какие ферменты используются определенными растениями, встречается еще и цикл Хетча-Слека, или C_4 -фотосинтез, и так называемый САМ-метаболизм по типу толстянковых.



Знание и понимание

1. Объясните, почему темновая фаза не может происходить без световой фазы.
2. Как вы понимаете, что такое *циклические реакции*?

Применение

1. Почему цикл Кальвина получил такое название? Почему его также можно называть C_3 -фотосинтезом?
2. Назовите необходимые условия и результаты темновой фазы.

Анализ

1. Проанализируйте этапы цикла Кальвина.
2. Изобразите световые и темновые реакции в виде единой схемы, указав компоненты хлоропласта, участвующие в этих процессах.

Синтез

Порассуждайте, для исследования каких процессов в живых организмах также можно применить метод хроматографии, если:

- 1) изотопы используемых элементов будут для них безопасны;
- 2) изотопы используемых элементов нарушат процессы в организме.

Оценка

Напишите эссе «Путешествие атома углерода», начиная с его включения в молекулу глюкозы в строме хлоропласта и заканчивая потреблением его бактерией гниения в составе белка остатков отмершего организма. Укажите органоиды и организмы, участвующие в этом процессе.

§ 9–10. Факторы, влияющие на скорость фотосинтеза

Цель изучения этой темы: объяснить лимитирующие факторы фотосинтеза.

Каковы конечные продукты – итоги фотосинтеза?



Что нужно повторить для успешного изучения темы? § 23 – учебник для 7 класса; § 54 – учебник для 8 класса.

Факторы, влияющие на фотосинтез. Как вы помните, на физиологические процессы в живых организмах оказывают влияние различные факторы, как внешние, так и внутренние. К внутренним факторам, влияющим на фотосинтез, будут относиться особенности строения хлоропластов, тип хлорофилла, особенности других пигментов и биохимическая конструкция всех ферментов и молекул-переносчиков, задействованных в этом процессе. К внешним факторам будут относиться условия окружающей среды, которые необходимы для фотосинтеза, либо те, что

могут отрицательно повлиять на растение, даже не участвуя в фотосинтезе непосредственно.

Лимитирующие факторы фотосинтеза – это те условия, при увеличении (улучшении) которых скорость и эффективность процесса фотосинтеза будут возрастать. Какие же внешние факторы необходимы для осуществления процесса фотосинтеза? Прежде всего, это *свет, вода и углекислый газ*. Так как почти все биохимические процессы в живой клетке контролируются ферментами, следовательно, для фотосинтеза будет иметь значение и *температура* окружающей среды. *Главным лимитирующим фактором* является тот, который в данный момент времени более всего затрудняет фотосинтез. Так, если света совсем мало, лимитирующим фактором становится свет. При улучшении освещения до нормальных значений свет уже перестает ограничивать фотосинтез, и лимитирующим фактором становится какой-то иной. Например, количество углекислого газа в воздухе, увеличение его концентрации вызовет повышение уровня фотосинтеза. Впервые ввел понятие и описал роль *лимитирующих факторов* английский биохимик **Фредерик Блэкман** (1866–1947) в 1905 г.

Во времена Блэкмана ученые не знали того, что знаете вы сейчас. Не были еще изучены биохимические механизмы цикла Кальвина и взаимодействие света с хлорофиллом, не было понятия о процессе фотолиза воды. Было известно только то, что углекислый газ, свет и вода исчезают в листе. Вместо них образуются кислород, глюкоза или крахмал (молекулы которого получаются из молекул глюкозы путем полимеризации – однотипного последовательного соединения). Суть работы Блэкмана заключалась в том, что он изменял два условия в жизни растения – количество света и углекислого газа в воздухе. Именно после этих опытов он предположил, что фотосинтез состоит из двух фаз: быстрой – *световой* и медленной – *темновой*.

Значения лимитирующих факторов сегодня изучены достаточно хорошо (рис. 9). Так *температура* окружающей среды, после повышения которой интенсивность фотосинтеза перестает расти, составляет 25°C. В организмах животных эффективность работы ферментов продолжает расти при повышении температуры примерно до 40°C. Но у растений при повышении температуры выше 25°C эффективность фотосинтеза перестает возрастать. При дальнейшем повышении температуры даже снижается. Видимо, происходит закрывание устьиц, и организм растения начинает экономить воду. Зеленым клеткам мякоти листа начинает не хватать углекислого газа, так как через закрытые устьица он не может попасть в растение. Лимитирующим фактором в данном случае становится не столько слишком высокая температура, сколько недостаток CO₂.

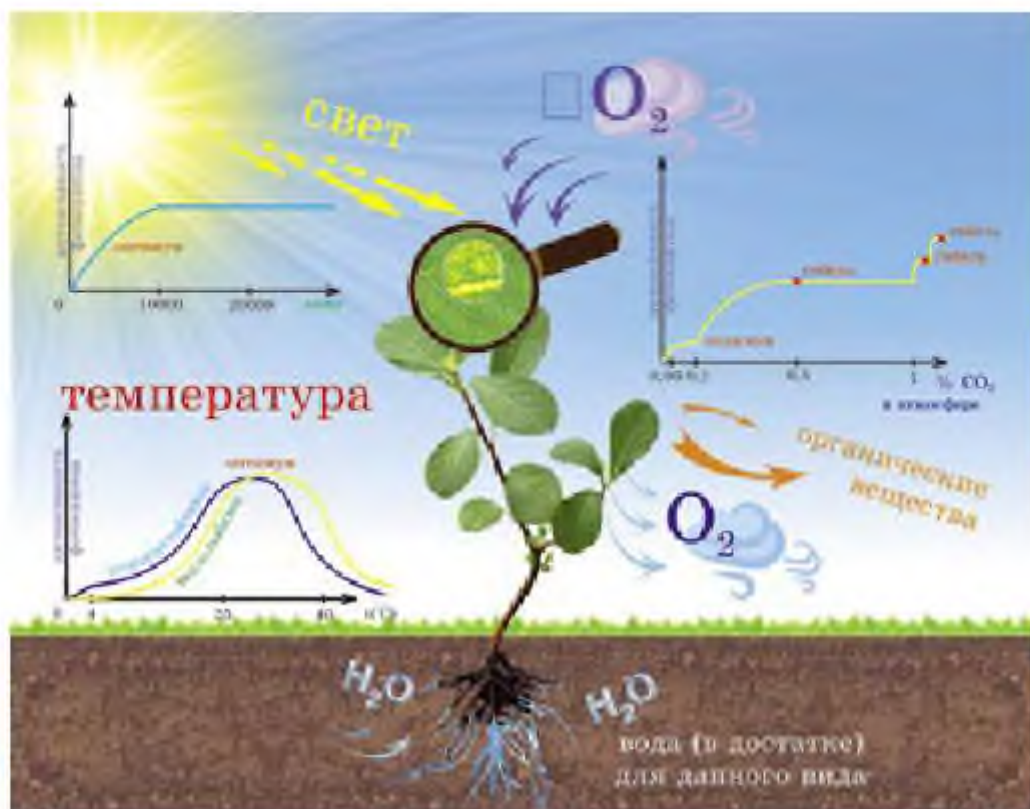


Рис. 9. Факторы окружающей среды (внешние), влияющие на скорость и интенсивность процесса фотосинтеза

Вода – одно из условий жизнедеятельности организма растений вообще и фотосинтеза в частности. Кроме того, что вода используется в реакциях фотолиза, она влияет и на все другие жизненные процессы, определяет вязкость цитоплазмы, состав клеточного сока, тургорное давление (см. § 14, 15), транспорт веществ по растению, эффективность работы ферментов и т. д. Ученые выявили, что даже если растения испытывают незначительный, временный недостаток влаги, приводящий к увяданию, их урожайность заметно снижается.

Свет – важнейший фактор фотосинтеза. Сколько света нужно растениям, чтобы эффективность фотосинтеза была максимальной? Ученые называют цифру – 10 000 люкс. Для сравнения: освещение в яркий (непасмурный), летний, солнечный день соответствует 100 000 люкс. Следовательно, в естественных природных условиях освещать растение сильнее не имеет смысла, ведь интенсивность фотосинтеза не будет при этом возрастать.

Углекислый газ в современной атмосфере имеет концентрацию 0,03%. Точно установлено, что эффективность фотосинтеза у всех видов растений будет возрастать с повышением концентрации CO_2 от 0,3 до 0,5%. Большинство видов растений отрицательно реагирует на длительное воздействие CO_2 концентрацией выше 0,5%. Так тропические виды, экспериментально содержащиеся в условиях с концентрацией 0,5% CO_2 , интенсивно развивались, но очень быстро старели и погибали. Дальнейшая эффективность повышения CO_2 под вопросом, но в искусственно созданной атмосфере даже с такой высокой концентрацией CO_2 , как 2,5–5%, мгновенной гибели растений не наступало. Принято считать, что даже если оптимальная концентрация CO_2 зависит от вида растений, среднее ее значение составляет 0,1%.

Лимитирующими факторами могут быть загрязняющие или ядовитые агенты, находящиеся в окружающей среде. Так пыль, оседающая на листья, препятствует проникновению солнечного света, осаждаясь на поверхности листа. Забивая устьица, препятствует газообмену с воздухом. Нарушают функционирование листьев и подавляют фотосинтез различные промышленные загрязнители, такие как диоксид серы, сажа, соединения меди и других металлов. Действие некоторых гербицидов, направленное против сорняков, тоже основано на веществах, подавляющих фотосинтез.

Практическое значение изучения лимитирующих факторов велико, так как эффективность фотосинтеза у культурных растений непосредственно влияет на их урожайность. Чтобы добиться максимальной урожайности, важно знать оптимальные условия фотосинтеза. Ученые совершенствуют методы повышения эффективности синтеза органических веществ, отдельные для каждого сорта культурных растений. Одним из ученых, уделявших большое внимание изучению роли света и хлорофилла в процессе фотосинтеза, был Климент Аркадьевич Тимирязев.

Лимитирующие факторы: внешние (свет, температура, влажность количество CO_2) и внутренние; главный лимитирующий фактор.



Знание и понимание

1. Как вы понимаете, что такое факторы, влияющие на фотосинтез?
2. Определите связь между понятием «лимитирующий фактор» и другими факторами фотосинтеза.

Применение

1. Сравните роль температуры и влаги в процессе фотосинтеза. Как эти два фактора связаны в реальных экосистемах?

2. Каково практическое значение изучения лимитирующих факторов фотосинтеза? Как вы можете улучшить фотосинтез растений в помещении (в классе, дома); на огороде (даче, приусадебном участке); на улицах городов и сел?

Анализ

1. Проанализируйте, какой из факторов и на каком этапе будет лимитирующим, если растения помещены в условия эксперимента.

t	+4°C	+4°C	+10°C	+15°C	+20°C	+25°C	+25°C	+25°C	+25°C	+25°C	+25°C	+25°C	+25°C
CO ₂	0,03%	0,03%	0,03%	0,03%	0,03%	0,03%	0,04%	0,05%	0,07%	0,09%	0,1%	0,1%	0,1%
свет	0	100	10 000	10 000	10 000	10 000	10 000	10 000	10 000	10 000	10 000	1000	100 000

2. Изобразите данные эксперимента, представленные в таблице, в виде графика или диаграммы. Сделайте самостоятельный выбор, будет ли это три разных графика (диаграммы) или один.

Синтез

1. Порассуждайте, почему К. А. Тимирязев назвал фотосинтез «космическим процессом».

2. Оцените реальную ситуацию: «В качестве эксперимента в некоторые теплицы по трубам подается воздух из промышленных предприятий по выплавке металлов, сжиганию топлива».

Какие позитивные и негативные последствия могут быть от такого воздействия для процесса фотосинтеза и в целом на организмы растений?

Оценка

1. Оцените возможности применения оптимальных условий фотосинтеза в тепличных хозяйствах. Возможно ли реализовать подобные мероприятия при выращивании сельскохозяйственных растений в открытом грунте?

2. Обсудите высказывание некоторых ученых-экологов: «Парниковый эффект не опасен. При повышении концентрации CO₂ в атмосфере возрастает и интенсивность процесса фотосинтеза. В результате большая часть углекислоты из атмосферы будет поглощена, и, как следствие, увеличится количество кислорода».

Как вы считаете, учитывает ли эта теория увеличение количества животных (консументов) в экосистеме вслед за увеличением количества растений (продуцентов)? Отразится ли это обстоятельство на концентрации O₂ и CO₂ в атмосфере?



Лабораторная работа № 3.

Влияние лимитирующих факторов на интенсивность фотосинтеза.

Цель: исследовать лимитирующие факторы фотосинтеза.

Поскольку в условиях школьной лаборатории одинаково сложно точно установить и оценить изменения в количестве CO₂ в концентрации десятых и сотых долей процента, а также зафиксировать разницу в количестве образовавшегося

в листьях крахмала, рекомендуем проводить данную лабораторную работу не в виде реального эксперимента, а как урок-моделирование по оценке результатов подобных исследований, проведенных в разное время учеными, специалистами разных профилей: биохимиками, физиологами растений и агротехниками. Для реализации целей лабораторной работы предлагаем следующие виды заданий.

Задание 1. Оцените зависимость, изображенную на графике 1, сделайте выводы, ответив на предложенные вопросы.

Скорость фотосинтеза



График 1

1. Какова была интенсивность освещения в начале эксперимента?

2. Как изменяется интенсивность фотосинтеза в ходе исследования?

3. Отражает ли данный график линейную зависимость эффективности фотосинтеза от эффективности освещения?

4. Отражает ли данный график влияние иных факторов, кроме интенсивности освещения, на скорость фотосинтеза?

5. Какова интенсивность освещения в люксах в конце эксперимента?

6. Как изменится график при разных ответах на вопрос 5?

Скорость фотосинтеза

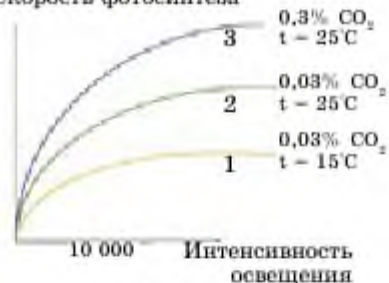


График 2

Задание 2. Оцените зависимость, изображенную на графике 2. Сделайте выводы, ответив на предложенные вопросы.

1. Какой(-ие) лимитирующий(-е) фактор(-ы) изображен(-ы) на графике?

2. На каком из графиков (1, 2 или 3) лимитирующим фактором является температура?

3. Какая температура (следя из графика) является оптимальной для процесса фотосинтеза?

4. Совпадает ли оптимальная температура на графике с теоретически ожидаемой (описанной в тексте параграфа)?

5. На каком из графиков (1, 2 или 3) лимитирующим фактором является содержание CO_2 ?

6. Можно ли точно определить, какой из факторов является лимитирующим на графике 3? Как нужно изменить условия эксперимента, чтобы получить на этот вопрос однозначный ответ?

Задание 3. На графике 3 изображены кривые зависимости скорости фотосинтеза от интенсивности освещения для двух видов растений – светолюбивого бамбука и теневыносливого ландыша. Исходя из имеющихся данных, оцените зависимость,

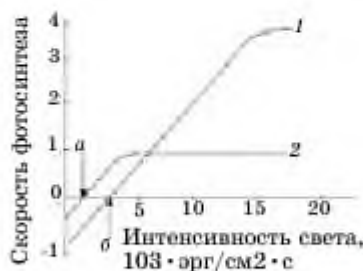


График 3

изображенную на графике, сделайте выводы, ответив на предложенные вопросы.

1. Какому растению соответствует кривая 1 и кривая 2?
2. При какой освещенности фотосинтез вообще не происходит?
3. Что обозначает точка *a*?
4. Что обозначает точка *b*?
5. Какова оптимальная освещенность для ландыша?
6. Какова оптимальная освещенность для бамбука?

Задание 4. В таблице приведены данные зависимости скорости фотосинтеза от температуры (при прочих равных условиях) для трех видов растений: ель обыкновенная, пшеница яровая и сахарный тростник.

Виды растений	Температура атмосферы в градусах по Цельсию (°C)										
	-4	-2	0	+5	+10	+15	+25	+30	+40	+50	+55
	Интенсивность (скорость) процесса фотосинтеза										
Ель	0,5	0,8	1,2	2,5	3,8	4	3,6	0,9	0	0	0
Пшеница	0	0	0	0,5	1,5	3	4,5	3,5	0,5	0	0
Сахарный тростник	0	0	0	0	0,5	1,5	3	5	5,5	0,9	0

Постройте графики по предложенным данным и ответьте на вопросы.

1. К какой экологической группе (холодостойкие, теплолюбивые) относятся эти виды? Как это связано с ареалом их обитания?
2. У какого вида наблюдается максимальная продуктивность фотосинтеза, а у какого – наименьшая?
3. Какова оптимальная температура для каждого из видов?
4. При какой температуре способна фотосинтезировать только ель, а при какой только сахарный тростник?
5. Какую температуру вы бы поддерживали, если бы вашей целью было вырастить все виды в одной теплице? Какая температура является наиболее оптимальной для всех трех видов?

*** Задание для желающих, успешно выполнивших предыдущие задания (творческое задание). Оцените предложенный текст. Ответьте на вопросы после текста.

Попробуем изменять интенсивность освещения листа. Когда свет очень слабый, продуктивность фотосинтеза, о которой судят по количеству образовавшегося крахмала, целиком зависит от освещения и растет вместе с ним. Но лишь до некоторого предела.

Как объяснить этот экспериментальный факт? В листе процесс фотосинтеза распадается, по крайней мере, на две стадии: есть реакции световые, целиком определяемые качеством и количеством света, и темновые, от света не зависящие, идущие даже в темноте.

Именно к этим выводам пришел Блэкман, ничего не зная о биохимии этих процессов, а просто изменяя освещенность растения и температуру воздуха. Он установил, что происходят два процесса: один из них в значительной степени зависит от уровня освещения, но не от температуры, тогда как второй сильно определяется температурой независимо от уровня света. Эта гипотеза легла в основу современных представлений

о фотосинтезе. Два процесса иногда называют «световой» и «темновой» реакцией, что не вполне корректно, поскольку оказалось, что, хотя реакции «темновой» фазы идут и в отсутствие света, для них необходимы продукты «световой» фазы.

Итак, в фотосинтезе яркий свет несет миллионы фотонов, но в растении есть какие-то идущие в темноте, темновые (их прежде называли «блэкмановскими») реакции, на которые свет уже никак не может повлиять.

Однако, кроме силы света и температуры, есть еще концентрация в воздухе углекислого газа...

Что лучше? Яркое солнце над головой, щедро и без устали изливающее свои лучи, или же такая (фантастическая для землян) картина: ночная мгла, которая через каждые несколько секунд прерывается короткими солнечными вспышками?

Солнце-прожектор или солнце-маяк?

Странные, казалось бы, вопросы, но именно их, по сути, и поставили в 1932 г. два американских биохимика – Р. Эмерсон и В. Арнольд.

Исследователи освещали растительные клеточки короткими вспышками света, импульсами, за которыми следовали периоды темноты.

Выяснилось, что темновая стадия должна быть во много раз длительнее световой. Этого требовали сами растения – показателем была их продуктивность.

Так светлая и темная стороны жизни растений проявили себя совершенно отчетливо и недвусмысленно.

Эмерсон и Арнольд истолковали свои данные следующим образом: во время световой вспышки растение запасает энергию, она необходима для успешного хода каких-то темновых процессов, видимо, связанных с фиксацией в растении углекислого газа. Процесс фиксации углекислого газа в отличие от светового этапа идет медленно, и пока он не завершится, бесполезно вводить в растение новые порции световой энергии.

Эти давние, сугубо научные изыскания имели в наши дни неожиданное продолжение.

Растения – наши кормильцы. Да, они довольно капризны; хорошо плодоносят не в любых условиях, требуют внимания и заботы. И тут, если мы заинтересованы в урожае, необходимо уважить любую их прихоть.

И если им так уж необходимо солнце-маяк, что ж, надо пойти им навстречу, – так решили биологи, работающие в Ленинградском сельскохозяйственном институте (ныне Санкт-Петербургский государственный аграрный университет).

Мигающее солнце? Да пожалуйста!

В институте была сооружена специальная теплица. В ней длящиеся мгновения «дни» сменяли долгие (в течение нескольких секунд) «ночи».

Словно огни маяка, все искусственные светила теплицы по команде расторопной автоматики дружно мигали, создавая необычные даже для космонавтов условия жизни.

Но то, что не понравилось бы космонавтам, пришлось явно по вкусу зеленым питомцам, разместившимся на грядках этого фантастического мирка.

Опыт ленинградцев повторили овощеводы Мурманска, Гомеля и других городов. И не пожалели об этом: урожаи значительно возросли, а вот расход электроэнергии резко сократился. А ведь при выращивании в теплицах огурцов и помидоров львиную долю расходов составляет именно оплата электроэнергии. (При умелом регулировании света, утверждают ученые, нужды на электроэнергию в теплицах можно сократить в 400 раз.)

Светлое и темное – здесь много загадок, исследователям еще придется поломать над ними голову.

Ну вот хотя бы понятие «урожайный год». Что это такое: только ли обилие влаги, тепла, «африканского» солнца? Конечно, нет.

Оказывается, у растений бывают дни, когда они растут, словно на дрожжах. И это случается, как выяснили работники того же института, если по небу чередой бегут облака, то закрывая, то приоткрывая солнышко...

Так возник еще один вариант, сулящий растениям в теплицах небывалый комфорт. Теперь под стеклянной крышей ученые держали постоянный невысокий световой фон (имитация пасмурных дней). Но время от времени давали еще и сильные световые удары-вспышки (солнце из-за туч). И эта схема освещения оказалась для зелени также поистине чудотворной.

1. Какие выводы из приведенного текста вы сделали?
2. Как бы вы рекомендовали освещать растения в теплицах в условиях Казахстана?
3. Рекомендовали ли бы вы разный режим освещения растений на юге и севере нашей страны?
4. Какой, на ваш взгляд, режим освещения был бы наиболее выгоден?

§ 11. Хемосинтез

Цель изучения этой темы: объяснить процесс хемосинтеза.

Каковы конечные продукты – итоги фотосинтеза?



Что нужно повторить для успешного изучения темы? § 23 – учебник для 7 класса; § 4, 5 – учебник для 8 класса.

Как вы помните, **автотрофы** – организмы, способные самостоятельно синтезировать белки, жиры и углеводы из простых неорганических веществ (CO_2 , H_2O и др.). Кроме фототрофов, к автотрофам относятся и хемосинтезирующие бактерии, или хемотрофы. **Хемосинтез** – это процесс получения энергии из неорганических веществ в ходе химических реакций. Организмами, способными к хемосинтезу, являются только (!) хемотрофные бактерии.

Чаще всего под **хемосинтезом** понимают процесс окисления неорганических веществ с помощью ферментов, образованных в клетках бактерий-хемосинтетиков, которые при этом извлекают энергию (рис. 10). За счет полученной энергии они синтезируют собственную органику, используя в качестве источника углерода углекислый газ атмосферы. Иными словами, «пищей» для хемотрофных бактерий служат неорганические вещества, извлекаемые из земной коры. За это некоторые ученые называют хемотрофов **литотрофами**.

Процесс хемосинтеза был открыт в 1887 г. микробиологом **Сергеем Николаевичем Виноградским** (1856–1953). Позднее им была открыта азотфиксация у бактерий – способность усваивать азот воздуха и переводить его в химически доступную для растений форму. Это очень важно, так как

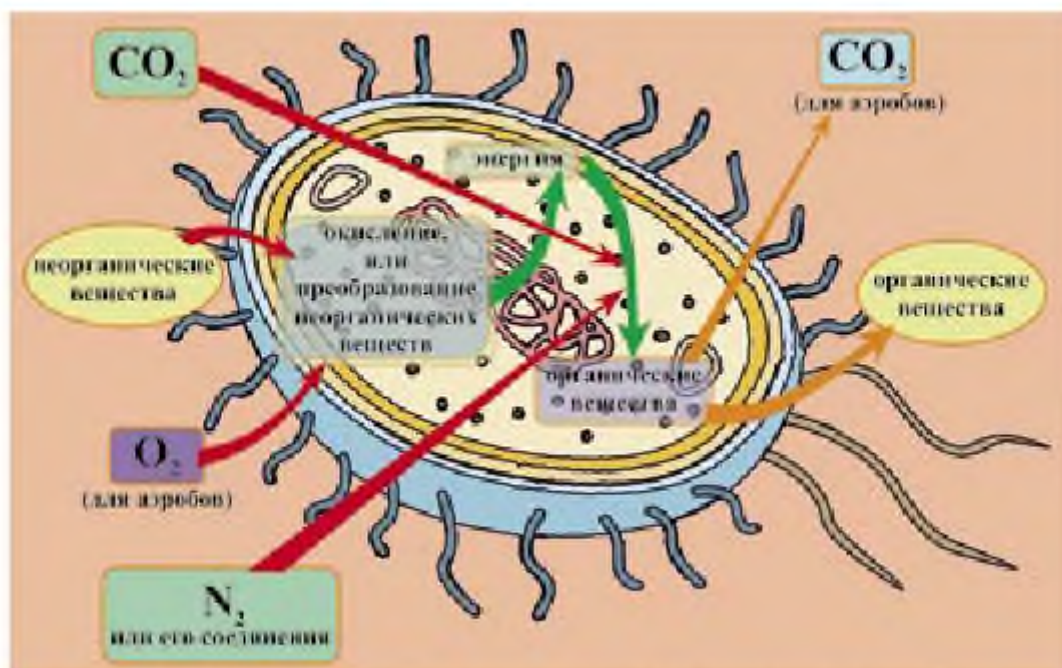


Рис. 10. Схема процесса хемосинтеза в бактериальной клетке

без азота невозможно строительство белков и нуклеиновых кислот, являющихся обязательными компонентами живого. Организм человека, как и всех гетеротрофов, синтезирует свои белки из компонентов белков пищи. Поэтому одним из важнейших показателей питательной ценности служит обилие в ней незаменимых аминокислот. Растения получают азот из азотсодержащих веществ почвы. Стремясь повысить урожайность, люди стали обогащать почву азотными удобрениями. Но без азотфиксирующих бактерий эукариотам пришлось бы искать другие источники азота. Сегодня не известна ни одна группа эукариот, способная усваивать азот из воздуха.

Бактерий, способных к азотфиксации, С. Н. Виноградский назвал *азотобактериями* (азотобактер). С тех пор в названиях хемобактерий часто используют название их пищевых субстратов: *серобактерии*, *железобактерии*, *нитрифицирующие бактерии* и др.

В одну такую группу могут входить совершенно не похожие штаммы бактерий. Так, к железобактериям относятся и вредные, и полезные виды с разной биохимией и разным систематическим положением. Есть нитчатые железобактерии, которые в качестве побочного продукта разложения перекиси водорода образуют болотные руды. Они засоряют водоемы, промышленные и природные водотоки. К железобактериям, кроме

того, относятся бактерии, способные разлагать сульфидные минералы. Их штаммы специально выращивают, чтобы они участвовали в процессе выщелачивания руды в ходе ее обогащения.

В Казахстане, как и в Германии, Франции и других странах, ведется селекция подобных микроорганизмов. С их помощью обогащают не только руды железа, но и марганца. Результаты исследований – новые высокопродуктивные штаммы – применяются на металлургических предприятиях Костанайской области.

Хемотрофные организмы очень важны в круговороте веществ. Многие из них делают возможным усвоение ряда элементов, особенно азота, другими живыми организмами. К тому же хемотрофы вместе с сапрофитами участвуют в сложной процедуре возврата элементов в неживую природу.

Эволюционно хемотрофы сформировались в глубокой древности. Для многих из них нужен кислород, поэтому логично предположить, что они возникли позже фотосинтетиков. Однако есть особая группа метанообразующих бактерий, которая из CO_2 атмосферы образует метан (CH_4). Они никогда не встречаются в кислородной среде. Их местообитание – дно водоемов (болот), очистных сооружений, затопляемые почвы и желудки жвачных животных. Метанобактерии используются как эффективные производители при получении биогаза из отходов сельскохозяйственного производства (навоз и другая гниющая органика). Вероятно, хемосинтетики – одна из древнейших групп организмов, хорошо адаптировавшаяся к современным условиям.

Большинство экосистем нашей планеты получает энергию за счет фотосинтеза. Хемосинтез не самый эффективный способ ее получения, зато довольно надежный и независимый. Хемосинтетикам не нужно ничего, кроме неорганических веществ. Совершенно особыми природными сообществами, основанными только на потреблении энергии с помощью хемосинтеза, являются недавно открытые *рифтовые системы*. Они изолированы от всей остальной биосферы и находятся на дне океанов, в районах срединно-океанических хребтов. На этой глубине света уже нет, да и разлагающихся остатков, опускающихся из верхних слоев, недостаточно. В процессе излияния лавы там формируются высокие концентрации химических веществ, пригодных для питания нескольких классов хемотрофных бактерий.

Именно эти бактерии и служат источниками пищи для других организмов, живущих в этих сообществах, так же как фотосинтетики (растения и цианобактерии) – для всех остальных природных сообществ суши и океанов. Эволюция организмов рифтовых сообществ шла достаточно обособленно от эволюции организмов, обитавших в верхних слоях океа-

на, а тем более – на суше. Жизнь в этих экосистемах достигла уровня членистоногих (ракообразных), но до позвоночных не развилась. Все-таки хемосинтез не дает такого количества энергии, как фотосинтез.

Хемотробы, рифтовые системы, азотфиксация, азотобактерии, серобактерии, железобактерии, нитрифицирующие бактерии.



Знание и понимание

1. Что такое *хемосинтез*?
2. Перечислите организмы-хемосинтеттики.

Применение

1. Изобразите в виде схемы положительное и отрицательное значение организмов-хемосинтетиков.
2. Для чего применяют и секционируют хемосинтеттики?

Анализ

1. Заполните таблицу. Проанализируйте связь между хемосинтезом и фотосинтезом.

№	Признак	Фотосинтез	Хемосинтез
1	Источник энергии		
2	Способность к синтезу собственных БЖУ из неорганики		
3	Какие систематические группы организмов к ним относятся		
4	Эволюционная древность		
5	Энергетическое значение (эффективность) для биосферы		
6	Значение для биосферы в процессе круговорота элементов: углерода, азота и микроэлементов		
7	Что используют в качестве источника углерода		
8	Что используют в качестве источника азота		

2. Докажите на примерах (мира или Казахстана), что для жизни на планете Земля необходимы хемосинтезирующие бактерии.

Синтез

1. Порассуждайте, почему при хемосинтезе энергетическая эффективность ниже, чем при других биологических способах получения энергии.
2. Порассуждайте, как, когда и при каких эволюционных условиях на нашей планете могли возникнуть различные хемосинтезирующие организмы.

Оценка

Обсудите следующие высказывания:

1) Если бы хемосинтезирующих организмов не существовало, биосфера развилась бы примерно до 1–10% от нынешней биомассы, так как постоянно испытывала бы недостаток азота, используя только ту его часть, которая извлекалась из отмерших тел первых живых организмов.

2) Есть ли шансы уцелеть у хемотрофов, если из биосферы исчезнут и фототрофы, и гетеротрофы?

§ 12. Сравнение процессов фотосинтеза и хемосинтеза

Цель изучения этой темы: сравнить особенности процессов фотосинтеза и хемосинтеза.

Какие способы получения энергии существуют в нашей биосфере? Какие условия для них необходимы? Для каких организмов они характерны? Какие продукты выделяются и поглощаются организмами в ходе этих процессов? Как взаимосвязаны в биосфере процессы дыхания и фотосинтеза?



Что нужно повторить для успешного изучения темы? § 23 – учебник для 7 класса; § 54 – учебник для 8 класса.

Энергетические процессы в биосфере и круговорот элементов. Как вы помните, в биосфере нашей планеты сосуществуют разные группы живых организмов. Они отличаются друг от друга строением, происхождением, условиями обитания и, как следствие, разными способами получения энергии. Выделяют всего три способа извлечения энергии: 1) извлечение энергии из света – фотосинтез; 2) извлечение энергии в ходе химических реакций неорганических веществ – хемосинтез; 3) извлечение энергии при разложении (окислении) органики – гетеротрофность (дыхание, как кислородное, так и бескислородное).

Все эти процессы, присущие для различных организмов, взаимосвязаны. Если вы вспомните уравнения дыхания и фотосинтеза, то поймете, что эти процессы дополняют друг друга. При фотосинтезе выделяется кислород и образуется глюкоза, при дыхании они поглощаются. При фотосинтезе поглощаются углекислый газ и вода, а при дыхании они выделяются. В целом в биосфере эти процессы уравнивают друг друга. Это дает возможность сосуществовать фотосинтетикам (растениям и цианобактериям) и гетеротрофам (животным, грибам, паразитическим и сапрофитным бактериям). Если на планете исчезнут либо животные, либо растения, другая группа организмов непременно погибнет с той лишь

разницей, что без кислорода гибель животных и других аэробов наступит гораздо быстрее. Вместе с тем неизбежность гибели не вызывает сомнений.

Главным поставщиком энергии в биосферу являются фотосинтетики. При этом хемосинтетики играют главную роль в процессе круговорота некоторых важнейших химических элементов между живой и неживой природой. Как вы помните, белки и нуклеиновые кислоты не могут синтезироваться без азота. Животные получают азот из растительной пищи или травоядных животных. Однако если бы не существовало различных видов бактерий, азот был бы недоступен и для организмов растений. Вначале в процессе разложения белков, жиров и углеводов отмерших организмов с помощью сапрофитов (как бактерий, так и грибов и животных) азот становится частью неорганических соединений. Затем он поступает в атмосферу и благодаря различным группам хемосинтетиков становится доступным для растений.

Очевидно, что без фотосинтетиков биосфера не развивалась бы из-за постоянного недостатка энергии, а без хемосинтетиков – из-за постоянного недостатка доступных химических элементов.

Сходство хемосинтеза и фотосинтеза заключается в первую очередь в *автотрофности*. И хемотрофы, и фототрофы способны самостоятельно создавать органические вещества из неорганики. Именно поэтому они являются *продуцентами*. Все фотосинтезирующие организмы будут продуцентами, поскольку процесс фотосинтеза более однообразен, чем хемосинтез. Какие бы различия ни существовали между фотосинтетиками (прокариоты и эукариоты; растения тайги и пустыни; C_3 и C_4 -фотосинтетики), химические результаты фотосинтеза практически не отличаются. Все фотосинтетики поглощают световую энергию, воду и углерод в виде углекислого газа, а синтезируют органику – глюкозу.

Различия между хемосинтезом и фотосинтезом. Хемосинтез включает в себя очень разные группы бактерий, химические процессы в которых будут иметь значительные различия. Потребляемые и выделяемые всевозможными видами хемосинтетиков вещества будут совершенно разными. Именно поэтому многие хемосинтетики не столь «популярны» в качестве продуцентов. Ведь есть хемобактерии, обитающие на дне водоемов (болот) в бескислородной среде, а есть обитатели горячих источников. Там просто не живут консументы, готовые питаться такими продуцентами.

Еще одно отличие состоит в том, что хемосинтетики не бывают эукариотами, все они 100% прокариоты. А основная масса фотосинтетиков это именно растения – эукариотические организмы. Хотя первыми фотосинтетиками все же были цианобактерии, существующие в биосфере и сейчас, они не играют столь существенной роли, как растения.

Третье важнейшее отличие очевидно из названия процессов. Фотосинтезики используют в качестве источника энергии свет, а хемосинтезики – химические реакции. С этих позиций они ближе к гетеротрофам, которые получают энергию при окислении органики, а хемотрофы – неорганики. Поэтому некоторые ученые вводят термин *хемогетеротрофы*, называя так всех животных, грибы и неавтотрофные бактерии. Противоположный термин *хемоавтотрофы* обозначает именно хемотрофные бактерии.

Биосфера, саморегуляция, хемогетеротрофы, хемоавтотрофы.



Знание и понимание

1. Как вы понимаете, в чем сходство получения энергии фототрофами и хемотрофами?
2. Перечислите сходные черты получения пластического материала у фототрофов и хемотрофов.

Применение

Заполните таблицу. Сравните хемосинтез, фотосинтез и дыхание как основной способ получения энергии гетеротрофами. Поставьте в соответствующих графах таблицы знаки «+» или «-», пренебрегая, если небольшая часть организмов заявленной группы не отвечает пунктам 1–16 (укажите, какая часть).

№ п/п	Признак	Гетеротрофность (дыхание)	Фотосинтез	Хемосинтез
1	2	3	4	5
1	CO ₂ поглощается из атмосферы			
2	CO ₂ выделяется в атмосферу			
3	Способны усваивать азот атмосферы			
4	Способны усваивать азот из неорганических соединений почвы			
5	Способны усваивать азот только (!) из органических соединений			
6	Энергия запасается в виде органики			
7	Энергия извлекается из органики			
8	Необходим O ₂			

1	2	3	4	5
9	Выделяется O_2			
10	Необходимы солнечный свет и хлорофилл			
11	Основа энергообеспечения биосферы			
12	Характерно для животных			
13	Характерно для растений			
14	Характерно для грибов			
15	Характерно только (!) для прокариот			
16	Характерно для гнилостных и болезнетворных бактерий			
17	Характерно для цианобактерий			
18	Характерно для хемобактерий			

Анализ

1. Изобразите в виде схемы биосферную взаимосвязь хемосинтеза и фотосинтеза.

2. Выскажите ваше мнение о причинах формирования сходства и различий хемосинтеза и фотосинтеза в ходе эволюции.

Синтез

1. Порассуждайте, почему в результате гибели всех фототрофов на нашей планете погибнут все гетеротрофы (что произошло бы с хемотрофами).

2. Порассуждайте, как могли бы развиваться эволюционные события, если бы: 1) хемосинтез не возник в эволюции; 2) фотосинтез не возник в эволюции.

Оценка

1. Напишите реферат о практическом применении хемосинтетиков.

2. Оцените экологические последствия появления новых гипотетических путей извлечения энергии для биосферы. Можно ли предположить иные реальные пути получения элементов и энергии, необходимые для белковой жизни?

Заключение по разделу «Питание»

Для обеспечения своей жизнедеятельности все живые организмы извлекают из окружающей среды необходимые химические вещества и энергию.

Все организмы, нуждающиеся в готовых органических веществах, не способные самостоятельно синтезировать их из неорганических

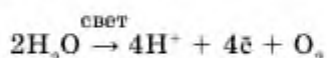
веществ, называются *гетеротрофами*. Они питаются автотрофами (растениями) или другими гетеротрофами (хищники, паразиты).

Автотрофы – организмы, способные самостоятельно синтезировать белки, жиры и углеводы из простых неорганических веществ.

Все автотрофы получают энергию из солнечного света за счет *фотосинтеза* либо из неорганических веществ за счет *хемосинтеза*. К *фототрофам*, или *фотосинтетикам*, относятся все зеленые растения и цианобактерии. Органоидами фотосинтеза является один из видов пластид – хлоропласты. *Пластиды клеток растений* бывают трех типов: зеленые *хлоропласты* осуществляют фотосинтез; белые *лейкопласты* запасают крахмал; красные (желтые) *хромпласты* накапливают пигменты не зеленого цвета (красные, желтые и оранжевые *каротиноиды*). У покрытосеменных растений именно они окрашивают плоды и цветки, а также осенние листья. Для низших – водорослей – характерен и ряд других пигментов.

Пластиды (как и митохондрии) являются *полуавтономными органоидами*. Они содержат собственную ДНК, РНК, рибосомы; способны синтезировать белки внутри органоида. Пластиды и митохондрии самоудваиваются после размножения клеток. Вероятно, когда-то на заре эволюции они были самостоятельными прокариотическими клетками и сохранили с ними много общих черт.

Функционально важными являются стопочки или складки внутренней мембраны хлоропластов – *граны* (тилакоиды гран). Именно на гранах солнечная энергия преобразуется в энергию химических связей АТФ, благодаря хлорофиллу. Фотосинтез идет в две фазы: световую и темновую. В *световой фазе* к АДФ присоединяется фосфат и синтезируется АТФ. Этот процесс называется *фотофосфорилированием*. За счет энергии, которую получает электрон хлорофилла, взаимодействуя со светом, он покидает пигмент и попадает на цепь молекул-переносчиков, которые, забрав у электрона энергию, используют ее на синтез АТФ. Кроме того, в световой фазе происходит *фотолиз* – разложение воды под действием света:



В результате молекула воды распадается на три компонента: 1) протон водорода – H^+ , 2) свободный электрон – восстанавливающий хлорофилл и 3) кислород, который выделяется в атмосферу как побочный продукт. После соединения H^+ с молекулой НАДФ и уже отдавшим энергию электроном образуется НАДФ·Н. Световая фаза возможна только на свету.

В *темновой фазе* происходят реакции присоединения (фиксации) углерода из CO_2 атмосферы к водороду из НАДФ·Н до образования глюкозы. Для этого используются АТФ и НАДФ·Н, поступившие из световой фазы. Соединение CO_2 с водородом из НАДФ·Н до $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ не может проходить в одну химическую реакцию. Поэтому процесс протекает циклически через присоединение CO_2 к фосфорилированным C_3 -веществам. Первым продуктом реакции является C_3 -соединение. В результате фиксации 6 молекул углерода из цикла «выходит» 1 молекула глюкозы. Темновые реакции фотосинтеза иначе называются *фотокарбоксилирование*, *цикл Кальвина* (по фамилии открывшего его ученого), или *C_3 -фотосинтезом* (по продукту первой реакции¹⁰). При наличии всех необходимых условий темновая фаза идет постоянно и днем и ночью. Глюкоза, образовавшаяся в ходе темновых реакций, используется клетками растений для синтеза других органических веществ – углеводов (крахмал, целлюлоза, сахароза и т. д.), жиров и белков.

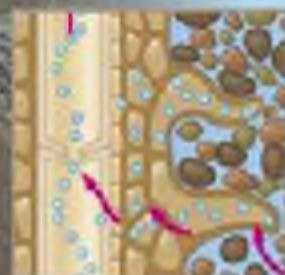
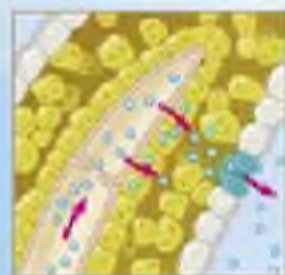
На скорость и эффективность процесса фотосинтеза влияют различные факторы. Внешними факторами являются свет, количество углекислого газа, температура окружающей среды, наличие доступной для растения воды. Фактор, изменив количество которого удается увеличить интенсивность фотосинтеза в данный момент, называется *лимитирующим*. Другими словами, именно этот фактор является ограничивающим.

К *хемотрофам*, или *хемосинтетикам*, относятся только хемотрофные бактерии. Хемосинтетики извлекают энергию из реакций преобразования, чаще всего окисления неорганических веществ. В их названии часто упоминается неорганический субстрат. Так, азотобактерии используют атмосферный азот. Без хемосинтетиков существование биосферы было бы затруднено. Именно хемосинтетики обеспечивают круговорот химических элементов между живой и неживой природой. Напомним, что для синтеза белков и нуклеиновых кислот необходим азот. Ни грибы, ни растения, ни животные не способны усваивать азот из воздуха. Только благодаря различным группам хемотрофов растения получают азот в доступной форме – в виде минеральных веществ почвы. Хемосинтез как процесс открыл С. Н. Виноградский.

¹⁰ C_3 не единственный биохимический путь фиксации углерода. Некоторые растения приспособились запасать углерод по иным «обходным» путям – это так называемые C_4 -фотосинтетики и САМ-метаболиты. Так растения уменьшают потери от фотодыхания и экономят влагу в условиях жаркого климата.



ТРАНСПОРТ ВЕЩЕСТВ



§ 13. Механизм активного транспорта на примере натрий-калиевого насоса

Цель изучения этой темы: объяснить механизм активного транспорта на примере натрий-калиевого насоса.

В чем разница между активным и пассивным клеточным транспортом? Из чего состоит клеточная мембрана? Как заряжена мембрана клетки со стороны цитоплазмы и окружающей среды? Какие структуры обеспечивают заряд мембраны клеток?



Что нужно повторить для успешного изучения темы? § 13 – учебник для 9 класса; § 15 – учебник для 10 класса.

Оболочка клетки. Как вы помните, обязательными компонентами любой клетки являются оболочка и цитоплазма. В цитоплазме протекает весь комплекс процессов, обеспечивающих жизнь. Оболочка отграничивает клетку от окружающей среды.

Само понятие «оболочка клетки» – это не один неделимый объект. Она может состоять из трех или двух совершенно разных самостоятельных структур, каждая из которых может считаться частью оболочки клетки или называться оболочкой клетки. Речь идет о клеточной стенке, наружной мембране клетки (плазматическая мембрана, или плазмолемма) и слизистой капсуле, характерной для многих прокариот.

Клеточная стенка – твердая структура. Клетки, покрытые ею, не способны менять свою форму и, соответственно, сокращаться. Она есть у растений, грибов и бактерий. Клетки животных не имеют клеточной стенки. Это одна из причин, по которой многоклеточные животные способны передвигаться (за счет сокращения мышечных клеток), а многоклеточные грибы и растения – нет. При этом одноклеточные растения и некоторые животные, как и бактерии, могут двигаться в жидкой среде с помощью органоидов движения – жгутиков, а, например, инфузории – с помощью ресничек. Клеточная стенка у растений состоит в основном из целлюлозы, у грибов – из хитина, у большинства бактерий – из муреина.

Плазматическая мембрана есть у всех клеток, и ее строение однородно. Существует определенная общность в составе, строении и функциях наружных клеточных мембран у разных групп организмов. Также сходно и строение мембран различных эукариотических органоидов, имеющих одну или две мембраны.

О появлении клетки можно говорить с того момента, как только у нее образовалась *наружная клеточная мембрана* (НКМ), которую часто называют *цитоплазматической мембраной*, *плазматической мембраной*, или *плазмолеммой*.

Толщина НКМ и большинства внутриклеточных мембран составляет 8 нм (редко варьирует от 7 до 10 нм). В многоклеточных организмах мембраны соседних клеток могут прерываться порами, через которые происходит соединение цитоплазмы.

Доказано, что мембрана состоит из *двумолекулярного слоя фосфолипидов* (рис. 11) с включениями молекул белка. По мнению одних (более ранних) исследователей, слой белков сплошной, возможно, их два, лежащих снаружи и изнутри фосфолипидов. По другой, более современной версии, белки не составляют два «сплошных» слоя. Они представлены погруженными и полупогруженными молекулами, будто дрейфующими в слое липидов. Другими словами, белковые комплексы пронизывают фосфолипидный слой насквозь – *белки-каналы* (рис. 12). Именно через них транспортируются различные ионы путем *активного транспорта*.

Работа Na^+/K^+ -насоса изучена. Белок-канал включает в себя три обязательных компонента:

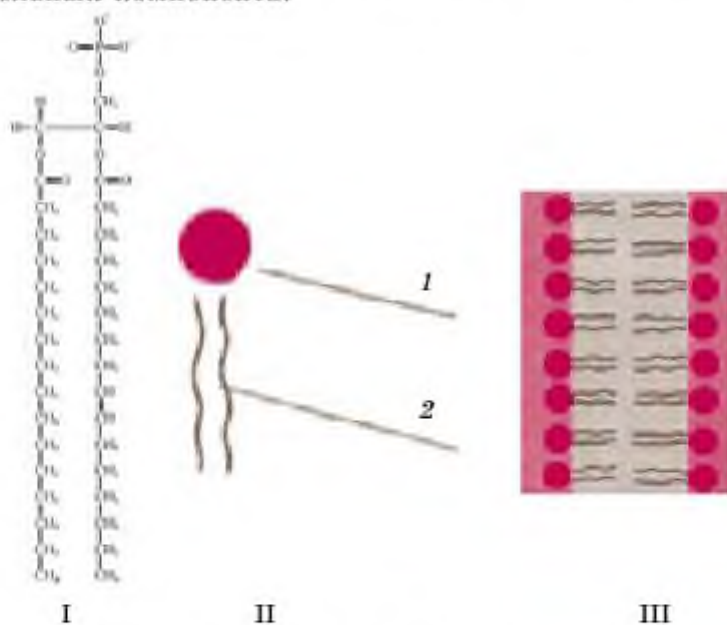


Рис. 11. Схема фосфолипида:

I – химическая формула; II – молекула с полярной «головкой» (1) и гидрофобными «хвостами» (2); III – фосфолипиды в воде

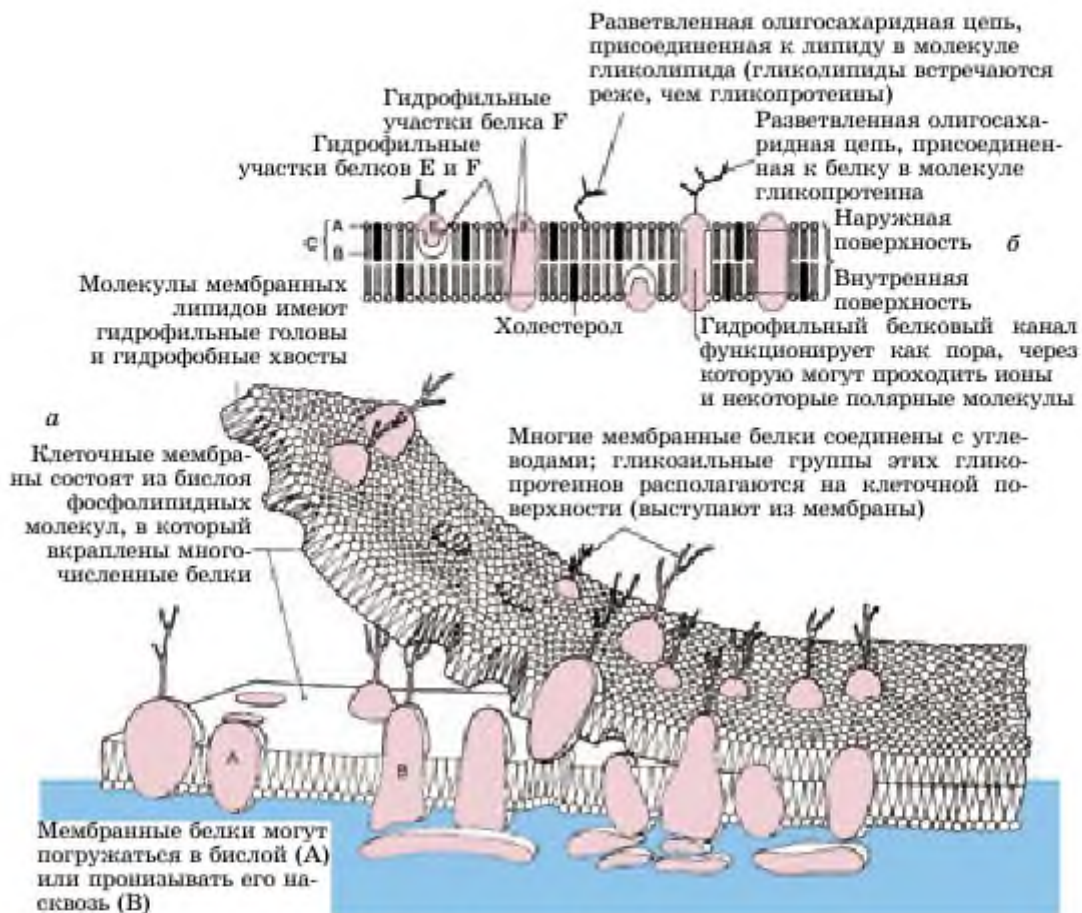


Рис. 12. Строение мембраны:

- а** – трехмерное изображение жидкостно-мозаичной модели мембраны;
- б** – плоскостное ее изображение. Гликопротеины и гликолипиды связаны только с наружной поверхностью мембраны

1) *Ферментный центр.* Его главный участник – это Na^+/K^+ -АТФаза – фермент, обеспечивающий гидролиз (распад) молекул АТФ с выделением энергии. В результате в цитоплазму вкачиваются 2 иона K^+ , а выкачиваются 3 иона Na^+ . По другим сведениям, на 1 ион K^+ приходится 2 иона Na^+ . Нужно понимать, что технически сложно точно подсчитать каждый ион, пересекающий мембрану живой клетки. Поэтому сведения о количестве ионов несколько варьируют. Однако это не отменяет факта, что мембрана живых клеток всегда заряжена снаружи положительно, а внутри отрицательно благодаря работе Na^+/K^+ -насоса.

2) *Ионный канал* – структура, непосредственно обеспечивающая проход ионов сквозь фосфолипидный слой мембраны. Вероятно, это не какая-то отдельная структура, а сам белок-фермент *АТФаза*, который способен менять свою пространственную структуру, присоединяя ионы, «переворачиваясь» и отпуская эти ионы с другой стороны мембраны.

3) Некие структуры, препятствующие обратному перетеканию ионов (по градиенту концентрации, т. е. пассивному транспорту). Какие-либо биохимические компоненты, выполняющие роль клапанов, делающие обратный поток ионов невозможным.

Причем следует помнить, что, кроме насосов, осуществляющих *активный транспорт*, в мембране есть также структуры (поры), через которые происходит *пассивный транспорт* по типу *диффузии*. Иначе говоря, часть ионов калия покидает клетку просто потому, что их концентрация в цитоплазме примерно в 20 раз **выше (!)**, чем в окружающем клетку пространстве. Но процесс диффузии идет постоянно, пассивно, без затрат энергии. Он будет продолжаться и после гибели клетки, пока количество ионов внутри и снаружи мембраны не уравнивается. Поэтому надежным признаком жизни для клеток является *мембранный потенциал*. Если заряд на поверхности мембраны равен 0, следовательно, клетка потеряла способность вырабатывать АТФ. А система, оставшаяся без энергии, не может поддерживать свое постоянство. Такая клетка перестала быть живой, хотя пока еще не разрушилась.



Знание и понимание

1. Как вы понимаете, что такое *активный* и *пассивный транспорт*?
2. Определите связь между работой Na^+/K^+ -насоса и понятием «активный транспорт».

Применение

1. Сравните активный и пассивный транспорт как в клетке, так и в организме.
2. Назовите причины, по которым все живое нуждается в энергии.

Анализ

1. Изобразите в виде схемы работу Na^+/K^+ -насоса.
2. Проанализируйте роль каждого из трех компонентов Na^+/K^+ -насоса.

Синтез

1. Порассуждайте, почему при работе Na^+/K^+ -насоса главным компонентом является белок-фермент Na^+/K^+ -АТФаза, а не какая-либо иная структура.
2. Систематизируйте свойства, которыми должен обладать белок-фермент Na^+/K^+ -АТФаза.

Оценка

1. Основываясь на знаниях, полученных в разных курсах биологии (9–11 классы), обсудите следующее высказывание ученых: «Кроме белка-фер-

мента Na^+/K^+ -АТФазы, в мембраны органоидов различных клеток входят иные белки-каналы. Так, в митохондриях присутствует H^+ -АТФаза, а в мембранах ЭПС мышечных клеток – Ca^+ -АТФаза».

2. Оцените последствия применения химических веществ, блокирующих активность белка-фермента Na^+/K^+ -АТФазы.

§ 14. Симпластный, апопластный, вакуолярный пути транспорта веществ и их значение

Цель изучения этой темы: объяснить сущность симпластного, апопластного, вакуолярного путей транспорта веществ.

*Какова роль вакуолей в растительных клетках? Как осуществляется транспорт органических и неорганических веществ в телах высших растений? Что такое **транспирация**? Для чего она нужна и от чего зависит? Какие структуры ее осуществляют, где они расположены?*



Что нужно повторить для успешного изучения темы? § 12, 20 – учебник для 7 класса; § 14 – учебник для 9 класса.

Транспорт в телах растений, как и в телах всех многоклеточных организмов, – обязательное условие обеспечения жизни. Как вы помните, вода и растворенные в ней вещества поглощаются корнем. За процесс транспорта воды по организму растений «отвечают» две силы – корневое давление и транспирация. **Корневое давление** – сила, с которой клетки корня и нижней части стебля проталкивают вверх воду, тратя энергию АТФ. Из корня по специальным проводящим структурам – сосудам ксилемы – растворы минеральных веществ поднимаются по стеблям к листьям, откуда впоследствии и испаряются. Сам процесс испарения – **транспирация** – осуществляется через *устьица* листьев. Он необходим и для «подтягивания» воды вверх, и для охлаждения растений. Транспирацию также называют «верхним двигателем», противопоставляя ее корневому давлению, которое физиологи растений называют «нижним двигателем». Все эти процессы вы уже детально изучали в предыдущих курсах биологии.

От ксилемы до устьиц. В общих чертах механизмы транспирации и продвижение воды по сосудам ксилемы считаются сходными. Напомним, что сосуды древесины (ксилемы) – это мертвые клетки. Они образуют длинные полости, после того как разрушилось их живое содержимое (цитоплазма), и поперечные перегородки. Вода по ним движется пассивно, по законам когезии, поверхностного натяжения и подтягивания

в направлении листа благодаря постоянному испарению. Но главное отличие транспирации от продвижения воды по мертвым сосудам древесины в том, что клетки устьиц живые. Находясь в прозрачной коже, они непосредственно соприкасаются с живыми клетками мякоти листа. Ведь каждый, даже самый мелкий сосуд жилки не заканчивается устьищем. Так на пути от сосудов ксилемы до устьиц транспорт воды осуществляется тремя различными способами.

Апопластный, симпластный и вакуолярный транспорт (рис. 13). *Апопласт* – это свободное пространство между клеточными стенками растений. По сути, это межклеточное пространство, не заполненное *межклеточным веществом*, или *межклеточной жидкостью*, как в животных тканях.

Такая система соприкасающихся клеточных стенок образует что-то вроде непрерывной сети в телах растений. Она особенно хорошо развита у многолетних древесных форм, у которых значительная часть клеток имеет толстые клеточные оболочки. Так как клеточные стенки не плотно прижаты друг к другу, пространство между ними может быть заполнено

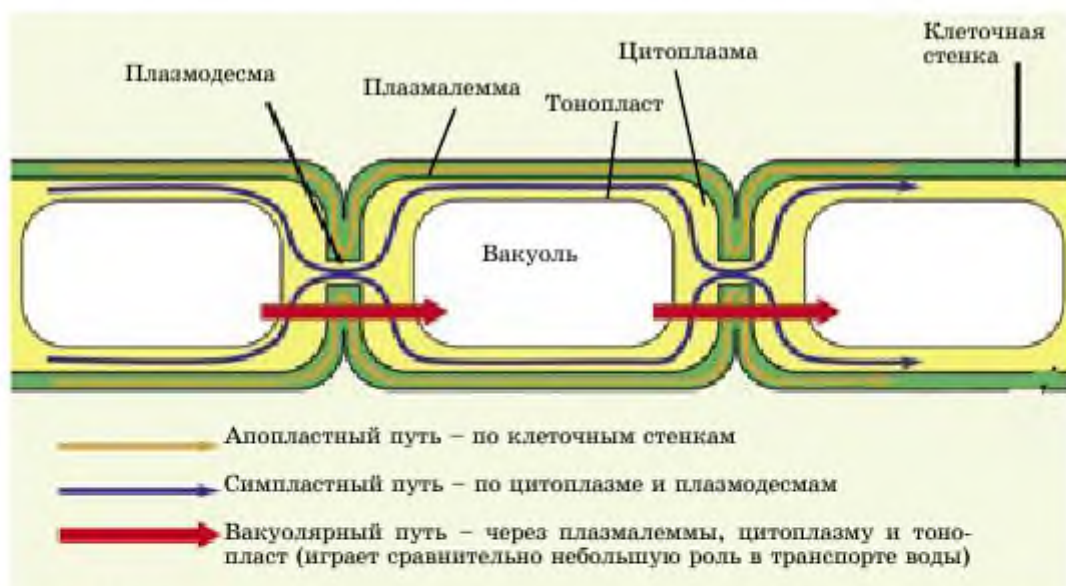


Рис. 13. Схематическое изображение группы растительных клеток, на котором суммированы все возможные пути передвижения воды. Одновременно могут использоваться сразу несколько путей. Такие пути могут функционировать и в листе, и в коре корня. Вакуолярная переброска ионов обязательно включает активный транспорт. Важнейшую роль играет апопластный путь, минимальную – вакуолярный.

водой и использоваться для продвижения по законам диффузии. При испарении воды через устьица возникает поверхностное натяжение водных молекул, а жидкость продолжает поступать к листьям.

Симпластом у растений называют совокупность цитоплазм клеток, без клеточных стенок и оболочек. Это будто единое содержимое разных клеток, их цитоплазма рассматривается как целое. *Симпластный транспорт* – это перетекание веществ из цитоплазмы одних клеток в другие через *поры*, *плазмодесмы* или *цитоплазматические тяжи*. Любые растворенные вещества могут перетекать из цитоплазмы одной клетки в другую, так как клетки связаны через проницаемые межклеточные контакты. Иногда ученые отмечают упорядоченный ток цитоплазмы, обеспечивающий целенаправленное поступление веществ из одних клеток тканей и органов растений в другие.

Вакуолярный транспорт – это поступление жидкости из вакуоли одной клетки в вакуоль, находящуюся в другой клетке. Вы помните, что вакуоль – это пузырь с жидкостью, находящийся в цитоплазме клетки, и никак не соединенный с аналогичным пузырем другой клетки. Для того чтобы произошло перетекание жидкости (воды или ее растворов) *вакуолярным транспортом*, ей нужно будет пройти через несколько структур. В первую очередь надо преодолеть оболочку (мембрану) самой вакуоли – *тонопласт*. Затем эта жидкость окажется в цитоплазме своей клетки (*симпласт*), потом преодолет оболочку этой клетки через плазмодесмы или через пространство между клеточными стенками (*апопласт*). И только после попадания в цитоплазму соседней клетки может оказаться в ее вакуоли.

Эффективность транспортных путей и путей транспирации. Как вы уже, наверное, догадались, самым неэффективным будет *вакуолярный транспорт*. Для его осуществления жидкости приходится преодолевать различные структуры. По разным оценкам физиологов растений, вакуолярный транспорт составляет примерно 5% от общего количества испаряемой влаги. Почему же ему уделяется отдельное внимание? Дело в том, что вакуоль играет важную роль в перераспределении воды между *клеточным соком* (жидкостью вакуоли) и цитоплазмой. А именно роль вакуоли важна в поддержании *водного потенциала* и *тургорного давления* в клетке.

На втором месте по эффективности – *симпластный транспорт*. Он более эффективен, чем вакуолярный, но менее эффективен, чем апопластный транспорт.

Считается, что апопластный транспорт более эффективен, чем симпластный и вакуолярный транспорт вместе взятые, т. е. на его долю приходится более 50% транспорта всей испаряемой влаги.

Следует отметить, что транспирация осуществляется не только через устьица. Конечно, наибольшая часть воды покидает организм растения именно через устьица листа. Так же работают и устьица молодых зеленых побегов (стеблей) травянистых, особенно однолетних растений. Еще небольшой процент воды испаряется прямо с поверхности листа, т. е. с кутикулы. И третьим способом испарения, кроме устьиц и кутикулы, являются *чечевички*. Как вы помните, это микроскопические «тоннели» в коре многолетних древесных растений, проходящие сквозь слой мертвых клеток пробковой ткани. Чечевички – структуры, через которые деревья и кустарники дышат зимой, когда листья сброшены. Транспирация через них происходит и зимой и летом. Но зимой менее эффективно, чем летом. Летом чечевички работают в несколько раз менее эффективно, чем устьица. Необходимости испарять много воды в зимний период у деревьев нет. Это время покоя или «растительного анабиоза», когда приостанавливаются процессы роста, размножения и фотосинтеза, да и другие жизненные функции замедляются. Но все же жизнь не прекращается полностью. И раз идет процесс дыхания, происходит транспирация, хотя и в небольшом количестве.

Апопластный, симпластный и вакуолярный транспорт.



Знание и понимание

1. Что такое *апопласт*?
2. Объясните, почему вакуолярный транспорт имеет наименьшее значение.

Применение

1. Дайте определение терминам *апопласт* и *симпласт*.
2. Заполните таблицу. Сравните апопластный и симпластный транспорт.

Признак	Апопластный транспорт	Симпластный транспорт
1. Какие структуры участвуют		
2. Эффективность		
3. Основные причины продвижения воды (физические или биологические)		
4. Какой легче будет блокироваться негативным химическим воздействием		
5. Участие цитоплазмы в процессе		

Анализ

1. Изобразите в виде схемы движение воды разными путями.

2. Проанализируйте структуру продвижения воды от корневого волоска до устьица, через какие структуры пройдут молекулы воды.

Синтез

1. Порассуждайте, какое практическое значение может иметь изучение процесса транспирации и разных путей водного транспорта в растительном организме.

2. Смоделируйте ситуацию.

Что произойдет с основной фотосинтезирующей тканью, если удастся поставить воду через ксилему к клеткам мезофилла, но при этом 1) прекратить транспирацию или, напротив, 2) усилить транспирацию? Отметьте знаком «+» изменения, которые, на ваш взгляд, будут иметь место в столбцах 2 и 3. В столбце 4 укажите, какие пункты описывают определенный тип транспорта. Обозначьте их соответственно А – апопласт, В – вакуолярный и С – симпласт.

Признаки изменений в клетках и тканях	Транспирацию		А, В, С.
	прекратить	усилить	
Вакуоли набухшие, полные			
Вакуоли не поддерживают тургор, так как постоянно отдают воду			
Пространство между клетками максимально заполнено водой			
Пространство между клетками не успевает заполняться водой			
Вода застаивается в межклеточном пространстве			
Вода быстро заменяется в межклеточном пространстве			
Цитоплазма вязкая			
Цитоплазма жидкая			
Тонoplast испытывает давление клеточного сока			
Тонoplast не испытывает давление клеточного сока			
Через поры наружной мембраны идет интенсивный межклеточный обмен			
Через поры наружной мембраны обмен веществ сильно замедлен			

Оценка

Напишите реферат о транспорте и транспирации (при ее наличии) в организмах споровых растений.

§ 15. Водный потенциал

Цель изучения этой темы: объяснить понятие «водный потенциал».

Что такое осмос, диффузия, концентрация веществ в растворах?



Что нужно повторить для успешного изучения темы? Предыдущий параграф.

Причины изучения водных показателей состояния растительных объектов обусловлены не только научным интересом, но и практической пользой. Из курса физики вам известно, что по законам диффузии молекулы жидкостей и газов всегда будут пассивно перемещаться из области большей концентрации в область меньшей. Вода является важнейшим веществом для всех живых организмов, а ее перемещение в телах растений по законам диффузии является одним из фундаментальных физиологических показателей. Вспомните, что ни белки, ни молекулы ДНК, ни даже растворы сахарозы, не двигаются в организме растений на такие расстояния (от корня до листа, цветка, плодов и т. д.), как вода (ее солевые растворы). Причем, как правило, движение более крупных органических молекул (даже в виде растворов) происходит путем активного транспорта, а не путем диффузии. В то же время вода, составляющая значительный процент от массы живых клеток, постоянно курсирует по организмам многоклеточных растений. По примерным оценкам физиологов растений, около 99% воды, поглощенной корнем, испаряется в ходе транспирации. И только 1% поглощенной растениями воды включается в состав их собственных клеток. Но при этом нужно понимать, что даже если молекула воды попала в цитоплазму или клеточный сок вакуоли, она не останется там «навечно». Вероятно, в течение какого-то времени (для молодых зеленых клеток мезофилла листа быстрее, чем для иных живых клеток) она может тоже выйти в межклеточное пространство (апопласт) и испариться в ходе транспирации. Следовательно, молекулы воды и неорганические растворы постоянно перемещаются в организме растений по физическим законам: диффузии, осмоса, поверхностного натяжения, когезии. Для описания состояния воды в организме растений используются определенные физиологические показатели.

Водный потенциал – это сила, вызывающая *осмос* в биологических системах, т. е. преодоление водными молекулами (или молекулами водных растворов) определенного полупроницаемого барьера, например кле-

точной мембраны. Под влиянием водного потенциала молекулы стремятся проникнуть через границу, разделяющую растворы разной концентрации.

Водный потенциал обозначается символом ψ или ψ_w . Это относительно новый биологический термин, введенный в конце XX в. В современной литературе физиологи растений пользуются термином «водный потенциал», когда хотят описать тенденцию молекул воды к перемещению из одного места в другое.

Чем больше концентрация воды в системе, тем быстрее и легче ее молекулы будут двигаться в направлении, где их меньше. Соответственно, самым *высоким водным потенциалом* обладает чистая вода. Принято считать, что водный потенциал чистой воды при нормальных условиях ($t=25^\circ\text{C}$ и нормальном атмосферном давлении) *максимальный* и равен 0. Все системы, в которых вода составляет не 100%, а меньше, имеют *меньший водный потенциал*, который обозначается отрицательными значениями – меньше 0 (табл. 3).

Характеристика состояния воды в живой системе

Таблица 3

Потенциал в килопаскалях, кПа	Дистиллированная H_2O	0,2% -ный раствор сахарозы	2% -ный раствор сахарозы
Водный потенциал	0	Несколько ниже 0	Значительно ниже 0

Чаще всего водный потенциал измеряют в тех же единицах, что и любое давление – в паскалях, ньютонах, барах, атмосферах и т. д.

Любой водный раствор солей, сахаров или иных веществ будет обладать меньшим водным потенциалом, чем дистиллированная вода. Соответственно, вода всегда будет переходить из системы с более высоким водным потенциалом в область с более низким. Проще говоря, оттуда, где вода есть, она будет перетекать или испаряться (движение молекул газообразных веществ) туда, где воды нет или ее мало. Именно так почва постоянно испаряет воду в атмосферу. Политая почва делает это более интенсивно, чем сухая, но озеро испаряет воду более активно, чем даже политая почва.

Термин «водный потенциал» удобный, но не единственный, используемый для характеристики состояния воды в живой системе.

О растительных клетках, напитавшихся водой, говорят, что они находятся в состоянии тургора. Существует также понятие осмотического и гидростатического потенциалов. *Тургор* – напряженное состояние клеточной оболочки, создаваемое в растительных клетках гидростатическим

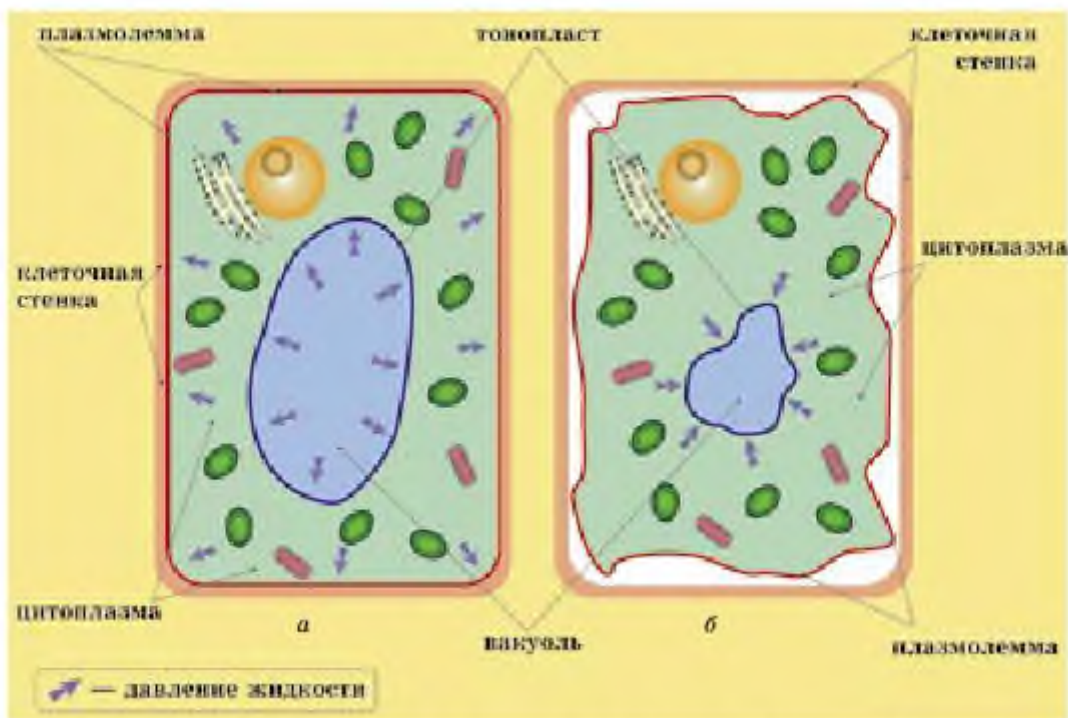


Рис. 14. Зависимость состояния растительных клеток от разницы в значениях водного потенциала клеточного сока, цитоплазмы и окружающей среды:
а – клетка в состоянии тургора;
б – клетка увядающего растения, испытывающего недостаток влаги.

давлением цитоплазмы (рис. 14). Клетки, лишённые тургора, характерны для увядающих, обезвоженных растительных тканей и организмов.

Водный, осмотический, гидростатический потенциал, осмос, диффузия, тургор.



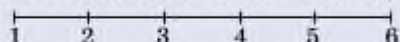
Знание и понимание

1. Что такое *осмос*, *диффузия*, *тургор*?
2. Объясните, почему водный потенциал дистиллированной воды равен 0.

Применение

1. Назовите причины, по которым важно поливать растения. Что произойдет с транспортом воды в организме растения, если клетки его корня будут обладать меньшим водным потенциалом, чем клетки листа? Возможно ли это?

2. Сравните водный потенциал различных систем, отметив их условные, гипотетические значения по следующей шкале:



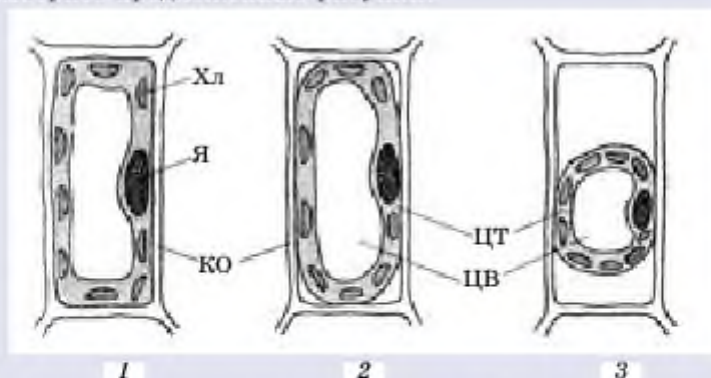
- 1) 0 – максимальное;
 - 2) ближе к максимальному;
 - 3) выше среднего;
 - 4) среднее;
 - 5) близко к минимальному;
 - 6) самое минимальное.
- а) Емкость (открытая) с физиологическим раствором.
 - б) Песок, увлажненный 2 дня назад.
 - в) Емкость (открытая) с дистиллированной водой.
 - г) Политая почва.
 - д) Емкость (открытая) с дождевой водой.
 - е) Пакет соли с весом, соответствующим НЕТТО на упаковке.
 - ж) Атмосферный воздух безоблачного летнего дня пустыни.
 - з) Герметически закрытая емкость (запаянная ампула) с дистиллированной водой.

Анализ

1. Проанализируйте взаимосвязь понятий «водный потенциал» и «тургорное давление». Докажите их взаимозависимость.
2. Докажите на примерах, что продвижение воды в тканях и клетках растений зависит от показателей водного потенциала.

Синтез

1. Рассмотрите предложенные рисунки.



2. Порассуждайте, на каком из рисунков клетки находятся в состоянии максимального тургора.
3. Предположите, как будут выглядеть показатели, характерные для всех трех рисунков. Заполните таблицу, используя только обозначения «минимальный», «максимальный» и «средний».

Водный потенциал	Изображения клеток на рисунке		
	1	2	3

Оценка

1. Обсудите, можно ли сравнить роль водного потенциала для организмов многоклеточных растений и животных, для отдельных клеток.

2. Используя дополнительные источники информации, сделайте сообщение о гидростатическом и осмотическом потенциалах.



Лабораторная работа № 4.

Определение водного потенциала клеток в растворах с различной концентрацией солей.

Цель: исследовать водный потенциал клеток в растворах с различной концентрацией солей.

Оборудование: микропрепараты с кожицей лука, дистиллированная вода, физиологический раствор и концентрированный раствор поваренной соли или сахарозы.

Ход работы

1. В разные пробирки поместить дистиллированную воду (№ 1), физиологический раствор (№ 2) и концентрированный раствор поваренной соли или сахарозы (№ 3).

2. На предметное стекло поместить препарат живой кожицы лука. Прилить дистиллированной воды, закрыть покровным стеклом. Рассмотреть препарат, сделать рисунок 1.

3. Продолжая наблюдения и не снимая покровного стекла, уголком салфетки или фильтровальной бумаги постарайтесь удалить дистиллированную воду и пипеткой ввести концентрированный раствор (сахарозу или NaCl). Рассмотреть препарат, сделать рисунок 2.

4. Удалить концентрированный раствор, поменяв его на физиологический раствор. Рассмотреть препарат, сделать рисунок 3.

5. Сделать выводы об изменениях в клетках, убедившись в зависимости явления плазмолиза и деплазмолиза от водного потенциала. Выявить зависимость этих процессов от осмотического давления и концентрации веществ в окружающей среде.

Заключение по разделу «Транспорт веществ»

Любая клетка обязательно имеет в своем составе *цитоплазму* и *оболочку*. Оболочка клетки состоит из наружной мембраны у всех организмов. Но у клеток животных есть только мембрана, а у растений, грибов и многих бактерий снаружи мембраны есть и клеточная стенка.

Все мембраны клеток имеют жидкостно-мозаичную структуру и состоят из одного двумолекулярного слоя фосфолипидов и белковых молекул (погруженных и полупогруженных). Мембрана также включает в себя углеводы (гликопротеиды) и погруженные белки.

Через мембрану осуществляется транспорт веществ: активный с затратами энергии (фагоцитоз, пиноцитоз, Na^+/K^+ -насосы) и пассивный без затрат энергии (осмос и диффузия). Специфические структуры – Na^+/K^+ -насосы – обеспечивают постоянный заряд мембран, характерный для живых клеток. Если мембрана клетки не заряжена снаружи положительно, а со стороны цитоплазмы отрицательно, значит, клетка прекратила жизнедеятельность (погибла). Хотя механизм работы Na^+/K^+ -насоса изучен не до конца, достоверно известно следующее:

1. Ионы Na^+ выкачиваются наружу, а ионы K^+ вкачиваются внутрь против градиента концентрации. Причем по одним данным на 2 иона калия приходится 3 иона натрия, а по другим – соотношение составляет 1:2. В любом случае натрия выкачивается больше, и, соответственно, заряд снаружи более положительный.

2. Na^+/K^+ -насос представляет собой специфический белковый комплекс, состоящий из трех компонентов и обладающий АТФ-азной активностью – способностью разлагать молекулы АТФ и за счет извлеченной из этого процесса энергии прокачивать ионы против градиента концентрации.

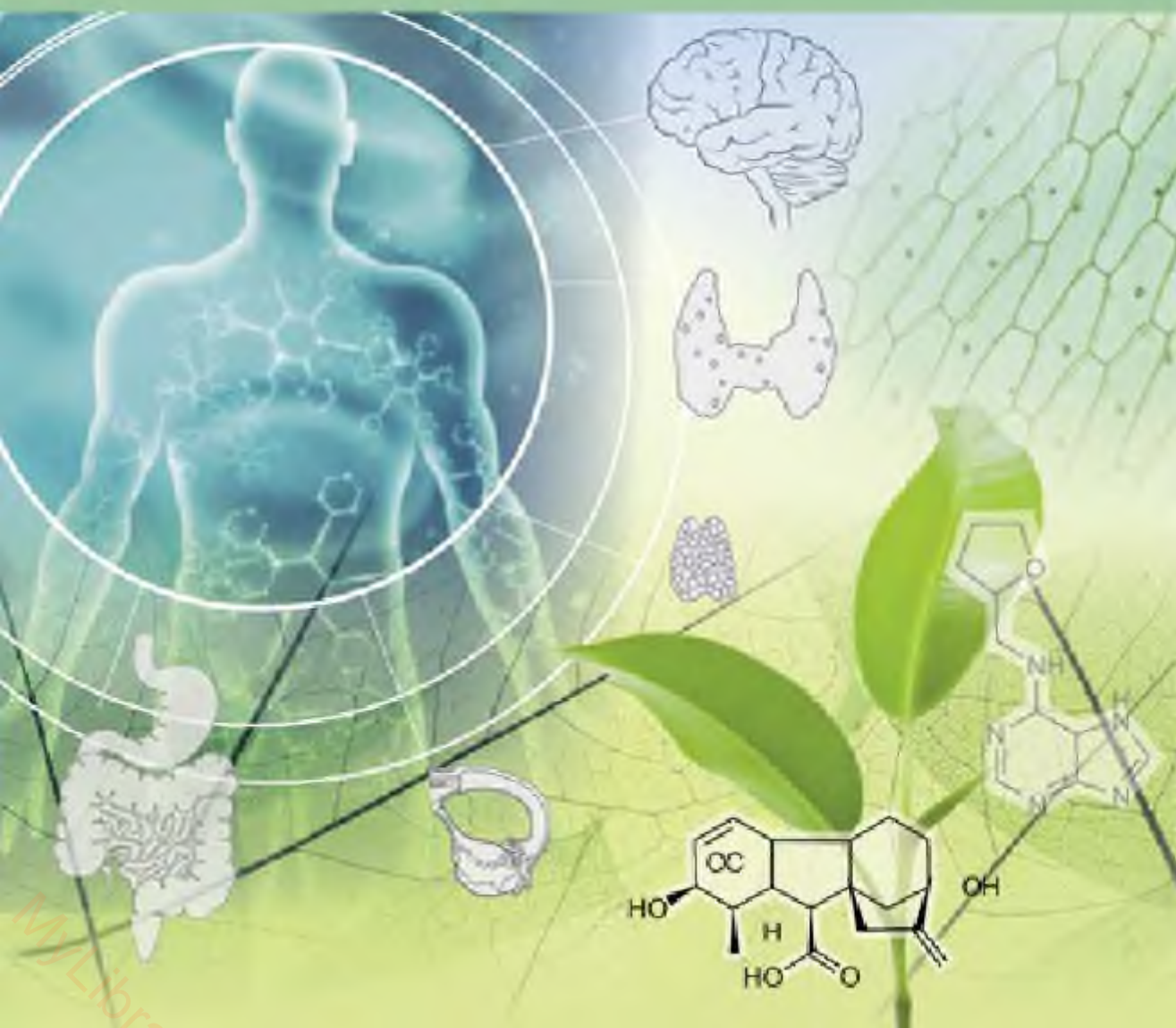
3. Три обязательные части Na^+/K^+ -насоса – это: 1) ферментный центр (обеспечивающий распад АТФ), 2) ионный канал (обеспечивающий проход ионов сквозь фосфолипидный слой мембраны) и 3) некий «клапан» (препятствующий обратному перетеканию ионов по градиенту концентрации).

В высших растениях вода и водные растворы передвигаются не только по специализированным проводящим тканям и элементам. Значительная доля транспорта осуществляется живыми клетками, не относящимися к проводящим тканям. Принято выделять апопластный, симпластный и вакуолярный пути транспорта через слои живых клеток.

Важным показателем физиологического состояния растительных клеток является их обеспеченность водой. Для более детального рассмотрения этого вопроса физиологи растений используют понятие *водный потенциал*.

Водный потенциал – это сила, с которой молекулы воды преодолевают любой полупроницаемый барьер (мембрану живых клеток), чтобы стремиться из области большей концентрации в область меньшей концентрации.

КООРДИНАЦИЯ И РЕГУЛЯЦИЯ



§ 16. Системы управления в биологии. Понятие «система управления» в биологии

Цель изучения этой темы: описать системы управления в биологии.

Какие системы органов в организме человека занимаются «управлением»? Может ли организм существовать без окружающей среды? Без других живых организмов? По каким признакам живые существа объединяются в один вид, популяцию?



Что нужно повторить для успешного изучения темы? § 13 – учебник для 9 класса; § 5 – учебник для 10 класса.

Понятие о системе. Управление системами, или система управления. В переводе с греческого языка слово *система* означает «целое, составленное из частей». Приведем одно из распространенных определений понятию *система* – это множество элементов, находящихся в связи друг с другом, образующих определенное целостное единство.

Что же мы понимаем под словом *система*? Вероятно, некую сущность, состоящую из более мелких частей, структур, находящихся в упорядоченной взаимосвязи, способную сохранять себя и достигать определенную цель, т. е. быть результативной.

Как вы понимаете, каждый биологический объект, начиная от клеток или даже субклеточных структур, представляет собой сложно организованную систему.

Можно утверждать, что не каждая система будет иметь собственную систему управления. А что же такое *система управления*? Это совокупность управляемого объекта и того устройства управления, которые и будут руководить объектом, с целью улучшения его работы, повышения эффективности и т. д. В идеале в систему управления обязательно входят как минимум три компонента:

- 1) средство для сбора данных;
- 2) средства обработки (данных) и передачи информации (команд);
- 3) структура, формирующая управляющие сигналы или команды (при нормальной работе на основе полученных данных).

Биологические объекты как сложные системы. В качестве примера самых микроскопических биологических систем можно рассмотреть функционирование субклеточных объектов. Например, двумембранных органоидов: митохондрий или хлоропластов.

Как и любая система, пластиды и митохондрии включают в себя системы более мелкого порядка. Их структура представлена двумя мембрана-

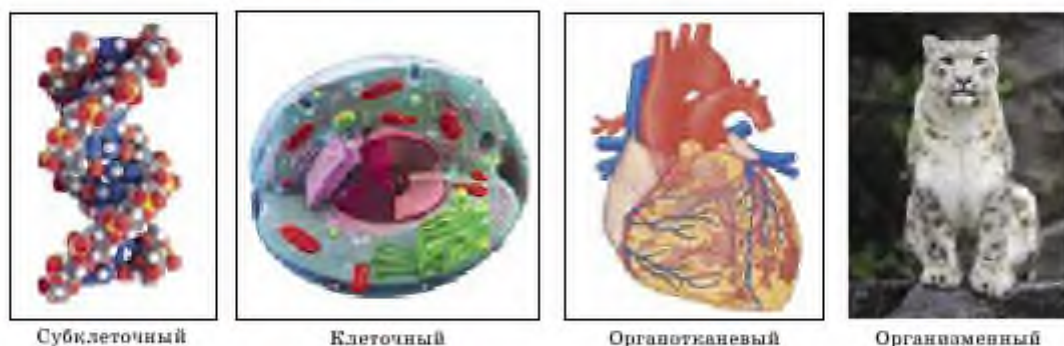
ми, у каждой из них есть особенности строения (крысты, грани и ламеллы) и биохимические особенности (наличие белков-каналов, встроенные ферменты и пигменты). При этом функционирование органоидов только с участием мембран невозможно. Обязательный компонент этой системы – их внутренняя среда – строма хлоропластов или матрикс митохондрий. Причем в этой жидкости плавают не просто ферменты и другие необходимые вещества, но и собственный генетический аппарат с кольцевой ДНК, всеми видами РНК и мелкими рибосомами. Далее можно рассматривать генетический аппарат (как самостоятельную систему более мелкого порядка) и т. д.

Иначе говоря, практически каждый биологический объект представляет собой сложно организованную систему, включающую в себя множество систем более мелкого порядка.

Наименьшей структурной и функциональной единицей всего живого является клетка (рис. 15). Именно клетка – это система, которая способна проявлять все свойства живого: метаболизм, рост, размножение, наследственность и изменчивость, саморегуляцию и гомеостаз. Системой, управляющей жизнью эукариотической клетки, является ядро, а точнее, наследственная информация, заключенная в нем.

Надклеточными системами являются ткани и органы, которые являются системами более высокого порядка, чем клетка. Они появляются у высших растений и большинства многоклеточных животных. Как вы помните, по выполняемым функциям органы объединяются в системы органов. Например, сердечно-сосудистая, дыхательная, выделительная и другие системы органов у животных или вегетативная и генеративная системы органов у растений. Для человека и высших животных управляющими системами органов являются нервная и эндокринная системы.

Следующей по уровню организации биологической системой является целостный организм, или особь, т. е. одно живое существо. И только



Субклеточный

Клеточный

Органотканевый

Организменный

Рис. 15. Уровни

у одноклеточных (бактерий, простейших, дрожжей, хлореллы и т. д.) клеточный и организменный уровни совпадают.

Надорганизменная биологическая система – *популяция*. Она возникает тогда, когда организмы одного и того же *вида* в течение длительного времени обитают на одной территории. Организмы одной популяции свободно скрещиваются между собой. Популяция, почти как и всё живое, является *саморегулирующейся системой*. Саморегуляция обеспечивает постоянство (численность, половой и возрастной состав, ареал обитания) или развитие популяции (расселение или формирование нового вида). Если в популяции непропорционально изменяется количество особей разного пола и (или) возраста, популяция погибает, мигрирует или объединяется с другой популяцией.

Возможно также скрещивание между особями разных популяций, *относящихся к одному виду* организмов. Например, между особями популяций волков, обитающих на соседних территориях. На популяционном уровне протекают элементарные эволюционные процессы, накопление изменений и появление новых видов.

Виды и популяции различных организмов, обитающих на определенной территории, в определенных условиях, образуют *экосистемы* или *биогеоценозы*. В эту надвидовую систему входят популяции разных видов растений, животных, грибов и микроорганизмов, образуя *сообщества* – *фитоценозы* и *зооценозы*, а также компоненты литосферы, гидросферы и атмосферы данной местности. Надо помнить, что все живые организмы находятся во взаимосвязи с окружающей средой, так как потребляют вещества и энергию, необходимые для жизнедеятельности, и выделяют в окружающую среду продукты обмена. Поэтому основным показателем функционирования экосистемы являются процессы перераспределения



Популяционно-видовой



Биогеоценотический



Биосферный

организации жизни

веществ и энергии между живой и неживой природой. Саморегуляция как основа «управления» обеспечивает также постоянство экосистем. Если в экосистеме меняется соотношение хищников и травоядных, травоядных и растений, живых компонентов и абиотических ресурсов, экосистема должна будет «переприспособиться» (превратившись в какую-то иную экосистему) или погибнуть.

Биологической системой наивысшего порядка является *биосфера* – *живая оболочка*, совокупность всех живых организмов и всех биогеоценозов планеты, или оболочка Земли, заселенная живыми организмами. Для нее характерны круговорот веществ и превращение энергии, связанные с жизнедеятельностью всего живого.

Открытость и саморегуляция биологических систем. Понятно, что компоненты любой биологической системы взаимодействуют между собой и с неживой природой. Без метаболизма живое не смогло бы расти, размножаться и поддерживать свою организацию на высоком уровне. Ведь сохранять жизнь без энергии и веществ, необходимых для обновления (регенерации) и размножения, невозможно. Поэтому любая биологическая система является открытой.

В то же время, чтобы сохраниться, организмы должны постоянно приспосабливаться к изменениям условий окружающей среды, разнообразным воздействиям живой и неживой природы. Если жизнь сохраняется, значит, она способна к *саморегуляции*. А для того чтобы это осуществлять в биологических системах, должны функционировать *системы управления*. Конкретные примеры, их работу в организме человека мы рассмотрим в следующем параграфе.

Система и системы управления, вид, популяция, биогеоценоз, сообщество, фитоценозы, зооценозы, экосистема, биосфера.



Знание и понимание

1. Как вы понимаете, что такое *система* и *система управления*? Определите связь между этими понятиями.
2. Перечислите биологические системы, в которых сложно выделить отдельную систему управления. Объясните, почему.

Применение

1. Сравните системы управления клеткой и организмом. Содержат ли они три обязательных компонента?
2. Назовите причины, по которым все биологические системы являются открытыми.

Анализ

1. Проанализируйте системы управления организменными, клеточными и надорганизменными биологическими системами. Можно ли выделить отдельные структуры системы управления надорганизменных биологических систем?

2. Докажите на примерах (мира или Казахстана), что популяции и виды являются *открытыми* и *саморегулирующимися* биологическими системами.

Синтез

1. Порассуждайте, какие системы управления можно предположить и выделить у представителей царства грибов и растений.

2. Порассуждайте, смогла ли бы в природе сохраниться надорганизменная биологическая система, не способная к самореализации. Приведите альтернативные аргументы к противоположному мнению или смоделируйте гипотетические условия, делающие ситуацию возможной.

Оценка

1. Оцените, почему биологический объект можно назвать системой. Обсудите, правомочно ли утверждать, что абсолютно любой биологический объект является системой.

2. Каждая ли биологическая система имеет собственную систему управления? Приведите доводы «ЗА» и «ПРОТИВ», аргументируя и доказывая противоположные суждения на примерах.

§ 17. Принцип обратной связи на примере регулирования физиологических процессов в организме человека

Цель изучения этой темы: описывать системы управления в биологии.

Как регулируется температура тела человека? Что происходит в организме при повышении, а что – при понижении температуры окружающей среды? Как регулируется количество глюкозы и углекислого газа в крови?



Что нужно повторить для успешного изучения темы? § 26 и 44 – учебник для 8 класса; § 25 – учебник для 9 класса.

Системы управления не только в биологии, но и в целом, имеют определенную постоянную конструкцию и состоят из ряда обязательных компонентов (схема 2). Как правило, в систему управления должны входить следующие инструменты:

1) «командный центр» системы управления, который генерирует, отдает команды, анализирует их эффективность для достижения поставленных целей;

2) собственно инструменты управления – способы проведения команд к управляемому объекту, т. е. средств воздействия на его поведение;

3) инструменты для сбора сведений об управляемом (контролируемом) объекте.

Кроме системы управления и объекта, которым она управляет, обязательно нужно учитывать различные внешние воздействия. Это может быть влияние окружающей среды или, например, вмешательство «альтернативных» систем управления и их воздействие на объект, если вдруг таковые возникнут. Кроме вышесказанного, важно учитывать и *цель*, ради достижения которой работает система управления. В целом все вышесказанное можно представить в виде гипотетической схемы:

Схема 2



Принцип обратной связи – один из обязательных принципов, характерных для работы систем управления в биологии (и не только). Он предполагает, что после некоего воздействия системой управления на объект «командный центр» должен получить и проанализировать информацию о степени успешности отданных команд. Дальнейшие решения о продолжении или прекращении воздействия, или изменения механизмов воздействия «командный центр» должен принимать на основании анализа полученных сведений. Такое взаимодействие и взаимообусловленность «управления» от его результативности и называется *системой обратной связи*.

Регуляция температуры тела, уровня углекислого газа и количества глюкозы как пример функционирования принципа обратной связи.

Температура тела. Как вы помните, млекопитающие и птицы – теплокровные животные, у которых развиты физиологические механизмы поддержания температуры тела. Вы уже знакомы с тем, как этот процесс осуществляется у человека. Центры терморегуляции находятся в промежуточном отделе головного мозга. В эти центры поступает информация от терморецепторов, находящихся как в коже, так и во внутренних органах. Сюда же приходит информация от барорецепторов кровеносных сосудов. Они сигнализируют, сужены сосуды или расширены, высокое в них давление или низкое. Приказы, уходящие из «температурного центра», идут и к сосудам, и к мышцам, и к гипофизарно-гипоталамической системе как к «общему штабу» нервной и гуморальной регуляции, и к другим органам. При понижении температуры кожа собирается в «гусиную», уменьшая площадь соприкосновения с холодным воздухом, закрываются поры, потоотделение почти прекращается. Параллельно мышцы тела начинают спонтанно сокращаться, выделяя тепло (дрожь), капилляры кожи сужаются, замедляя остывание, а в целом резко повышается обмен веществ – увеличивается выработка внутреннего тепла. Как только организм согрелся, эти эффекты прекращаются. Если согревание не наступило, эффекты будут усиливаться.

При перегреве сосуды кожи напротив сильно расширяются (кожа краснеет), поры открываются, выделяется большое количество пота, а выработка тепла в клетках организма максимально замедляется.

Уровень углекислого газа в организме контролируется дыхательным центром, расположенным в продолговатом мозге. Именно сюда поступает информация от хеморецепторов, находящихся в аорте, крупных артериях и других кровеносных сосудах. Как только количество углекислого газа в крови повышается, «центр вдоха» дает команду межреберным мышцам и диафрагме к сокращению и происходит вдох. Вдох не будет происходить до тех пор, пока количество углекислого газа в крови не возрастет до определенного уровня. Если же вдоха не происходит, следовательно, количество углекислоты в крови не превысило своих значений. Так человек после интенсивного искусственного наполнения крови кислородом долго не вдыхает (или дышит гораздо реже).

После вдоха следует закономерный выдох, регулируемый «центром выдоха», который находится в том же продолговатом мозге, рядом с центром вдоха.

Количество глюкозы в крови регулируется двумя гормонами поджелудочной железы: *инсулином* и *глюкагоном*. Как только количество сахара

в крови, оттекающей от кишечника, возрастает, это чувствуют хеморецепторы, находящиеся в особых клетках поджелудочной железы. В ответ на это происходит выброс инсулина в кровь. Под его воздействием клетки печени «забирают» глюкозу из крови и превращают ее в нерастворимый полисахарид гликоген, который в них и откладывается¹¹. Как только хеморецепторы поджелудочной железы «понимают», что в протекающей крови недостаточно сахара, они «сообщают» об этом клеткам, ответственным за синтез глюкагона. Выделившись в кровь, глюкагон заставляет клетки печени совершить обратное действие. В результате гликоген превращается в глюкозу, которая выбрасывается в кровь из клеток печени.

Принцип обратной связи позволяет корректировать силу и степень воздействия на процесс, достичь наилучшего результата. Он гарантирует прекращение команд, если эффект уже достигнут. Вероятно, если сложится ситуация, при которой, несмотря на то, что все команды были выполнены, а цель все равно не достигнута, то система примет иные решения либо погибнет.

Промежуточный мозг, гипофизарно-гипоталамическая система, центр вдоха, центр выдоха, обратная связь, терморегуляция.



Знание и понимание

1. Объясните, почему важен принцип обратной связи.
2. Как вы понимаете, что такое *терморегуляция*? Как она осуществляется?

Применение

Определите связь между заданиями 1 и 2 уровня «Оценка», представленными после § 26 учебника для 8 класса, и изучаемой темой. Оцените верность ответов с точки зрения эффективности систем управления.

Анализ

1. Изобразите в виде схемы разницу эффективных и неэффективных систем управления. Приведите примеры (возможно, гипотетические и не только биологические).
2. Выскажите ваше мнение о причинах формирования неэффективных систем управления в человеческом обществе.

Синтез

Оцените, можно ли рассматривать влияние вирусов на системы управления клеткой как вмешательство «альтернативных» систем управления и их воздействие на объект. Можно ли считать утверждение о верности примера альтернативных систем управления более или менее справедливым от-

¹¹ Частично гликоген запасается также и в мышечных клетках.

носителем бактериофагов и вирусов человека? Приведите аргументы «ЗА» и «ПРОТИВ».

Оценка

1. Напишите реферат о применении эффективных систем управления в менеджменте, программировании, педагогике.

2. Обсудите, могла ли на нашей планете в ходе эволюции живого сформироваться *система управления без обратной связи*. Выше или ниже была бы жизнеспособность таких организмов и почему?

§ 18. Механизм действия гормонов на клетки-мишени на примере эстрогена

Цель изучения этой темы: объяснить механизм действия липидных (стероидных) гормонов.

Что общего между понятиями «нервно-гуморальная регуляция» и «гомеостаз»? Что относится к липидам? Какова их роль в клетках и организмах?



Что нужно повторить для успешного изучения темы? § 27 – учебник для 9 класса; § 3 – учебник для 10 класса.

Понятие «клетки-мишени». Как вы помните, гормоны – это биологически активные вещества, образующиеся в клетках эндокринных желез. Из мест синтеза гормоны поступают в протекающую по железам кровь и разносятся по организму.

Понятие «мишень» характерно для обеих регуляций, как нервной, так и гуморальной. Вспомните, куда поступает нервный импульс, идущий по рефлекторной дуге. «Мишенью» для него служат мышца, группа мышц, мышечный слой определенного органа или конкретная железа. Особенностью же гуморальной регуляции является комплексное воздействие гормонов на различные процессы. Иначе говоря, в отличие от нервной регуляции, при которой мишенью является один конкретный орган, гормоны как биоактивные вещества воздействуют на ряд биохимически и физиологически взаимосвязанных процессов в организме. По этой причине понятие «мишень» для каждого гормона гораздо более широкое. «Мишенью» часто становится не отдельный орган и даже не группа клеток или тканей, а именно ряд биохимических процессов, которые комплексно изменяются под действием гормонов. Это также приводит к изменениям в физиологическом состоянии организма, а не к короткому «разовому» ответному действию, как при воздействии нервного импульса.

Биохимические группы гормонов. По типам химических веществ все гормоны делятся на три большие группы. Одну из групп составляют так называемые *белковые гормоны*. Как правило, это сложные по структуре пептиды, состоящие из аминокислот (и не только). Другими словами, это крупные комплексы, состоящие из нескольких разных белковых молекул, соединенных сульфидными (третичная структура) или иными видами химической связи. Иногда разные белковые цепи, входящие в состав одного гормона, закодированы в разных генах. Это такие гормоны, как инсулин, соматотропин, пролактин, лактин и т. д.

Другая биохимическая группа гормонов представлена *липидными веществами*, или *стероидами*. Это гидрофобные соединения, не состоящие из аминокислот, не растворимые в воде, но способные растворяться в жирах и эфирах. Часто их химические формулы включают в себя циклические структуры. В качестве примеров стероидных гормонов можно привести половые гормоны, как мужские, так и женские.

Биохимические формулы эстрогена и андрогена похожи. И это не случайность. В клетках синтез женского полового гормона – эстрогена (эстрадиола) – идет через синтез мужского андрогена – тестостерона. То есть вначале образуется мужской тестостерон, служащий строительным материалом. Клетка его использует и преобразует затем в женский эстроген (эстрадиол). Только необходимо понять, что промежуточный «мужской продукт» не выходит за пределы цитоплазмы клеток, в которых образуется эстроген. Мужской «предшественник» не попадает в кровь и, соответственно, не воздействует на организм.

Третья группа представлена гормонами – *производными аминокислот*. Это гормоны, чьи химические формулы близки с определенной аминокислотой и являются ее производной после небольших биохимических преобразований. В качестве примера таких гормонов можно привести *тироксин*, *адреналин* и *норадреналин*. Эти три гормона являются производными аминокислоты *тирозина*. Все они имеют разные формулы и являются результатом разных химических преобразований одного вещества (рис. 16).

Механизм действия липидных или стероидных гормонов на клетки-мишени на примере эстрогена. Все стероидные гормоны имеют четкий, строго определенный механизм действия на клетки-мишени, отличающий их от пептидных гормонов. Сами они гидрофобны и имеют жироподобную формулу. Наружная клеточная мембрана, состоящая из слоев фосфолипидов, не является для них преградой. Молекулы стероидных гормонов проникают внутрь клеток-мишеней, в цитоплазму. Клетки-мишени синтезируют сложные протеиновые молекулы, способные со-

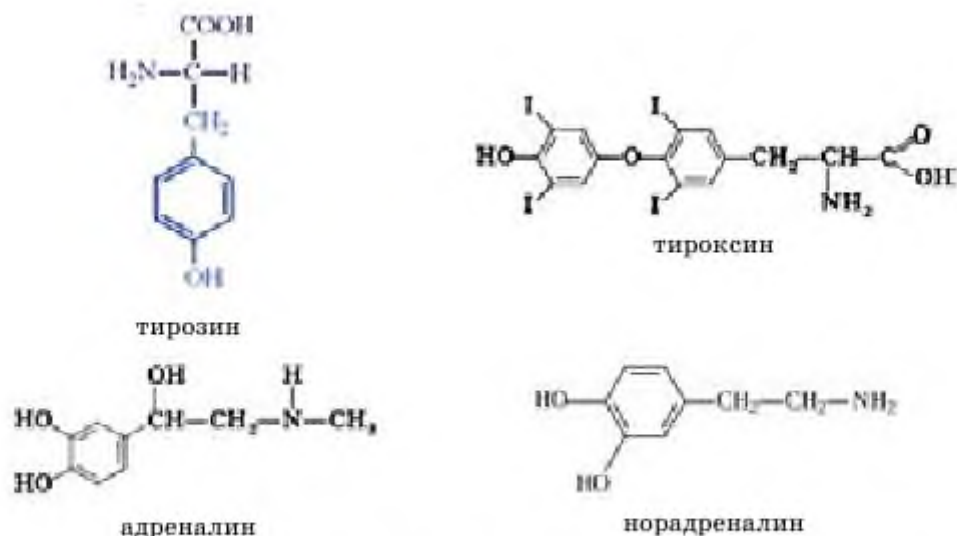


Рис. 16. Строение аминокислот и гормонов, являющихся их производными. Нетрудно заметить, что циклическая часть структурной формулы тирозина стала обязательным компонентом гормонов, образовавшихся как ее производные

единяться с липидными гормонами. Их называют *рецепторными комплексами* стероидных гормонов. Пока встреча рецепторного комплекса со стероидным гормоном еще не произошла, он пребывает в неактивном состоянии. После попадания в цитоплазму эстроген, как и аналогичные вещества, соединяется с рецепторным комплексом с образованием активной молекулы *эстроген-рецепторного комплекса*. Активность этого соединения заключается в том, что оно способно проникать внутрь ядра клетки, сквозь ядерную мембрану, и непосредственно воздействовать на хромосомную ДНК. В результате такого воздействия образуются определенные молекулы иРНК, которые, попав в цитоплазму, обеспечивают синтез определенных белков. А уже белки, образовавшиеся в ходе таких сложных процессов, запускают в организме механизмы, которые и являются результатом действия данных гормонов. Так, например, одним из результатов активного воздействия эстрогена на организм девушек в период полового созревания является формирование вторичных половых признаков.

Рецепторные комплексы, тирозин, тироксин, адреналин, норадреналин, белковые гормоны, производные аминокислот.



Знание и понимание

1. Объясните, почему важно учитывать, к какому классу биохимических веществ относятся гормоны.
2. Определите связь между типом воздействия гормонов на клетки и их химической природой.

Применение

1. Сравните липидные и белковые гормоны, разработав как можно больше критериев.
2. Частично заполните таблицу. Определите связь между типом биохимических веществ, действием гормона и его воздействием на клетку.

№	Тип биохимических веществ	Примеры	Действие гормона	Воздействие на клетку
1	Пептиды			
2	Стероиды			
3	Производные аминокислот			

Окончательно заполнить таблицу следует после изучения следующего параграфа.

Анализ

1. Проанализируйте этапы воздействия эстрогена на клетки-мишени.
2. Докажите на примерах (материал § 27, учебник для 9 класса), что эстрогены как гормоны имеют широкий спектр действия.

Синтез

Порассуждайте с точки зрения особенностей биохимии клеточных мембран, почему существует разница в механизмах воздействия стероидных и белковых гормонов на клетке.

Оценка

1. Напишите реферат о применении стероидных гормонов в гормональной терапии.
2. Обсудите научно обоснованное высказывание ученых: *«Восприятие клеткой механизма действия гормонов – производных аминокислот сходно с восприятием действия стероидных гормонов (но небелковых)»*. Попытайтесь объяснить, почему верна именно эта точка зрения, а не противоположная.

§ 19. Механизм действия гормонов на клетки-мишени на примере инсулина

Цель изучения этой темы: объяснить механизм действия белковых гормонов.

Каков механизм регуляции количества глюкозы в крови? К какому биохимическому классу гормонов относятся гормоны поджелудочной железы?



Что нужно повторить для успешного изучения темы? § 42 – учебник для 8 класса.

Механизм действия белковых гормонов на клетки-мишени. Пептиды, в отличие от стероидов, не могут пройти сквозь двойной слой фосфолипидов мембран и попасть внутрь клетки. Действие всех гормонов белковой природы обеспечивается работой специальных структур, называемых *мембранными рецепторами*, способных «опознавать» определенные молекулы. Надо понимать, что название «мембранные рецепторы» условно. Не стоит воспринимать его буквально как чувствительную структуру, сходную с нейронами нервной ткани. На самом деле, это молекулы, встроенные в мембрану, которые вступают в химическое взаимодействие с определенным веществом. Принято говорить, что на это вещество они «реагируют». Причем биохимический механизм этого взаимодействия сходен с таковым у белков-ферментов. Фактически это тот же принцип действия как ключ к замку (см. § 1, 2), который используется и в процессе связывания антител и антигенов.

Следует помнить, что молекулы мембранных рецепторных белков при связывании с гормонами изменяются. Меняется их конфигурация, структура и, как результат, биохимические свойства. После того как молекула рецептора вступила во взаимодействие с гормоном, она приобретает иную химическую активность, и, соответственно, меняются свойства мембраны клетки. Мембрана может изменить полярность, стать проницаемой для веществ, которые раньше не могли сквозь нее проникнуть, или изменится поток ионов и, как результат, заряд мембраны и т. д. Так или иначе изменения молекулы мембранного рецепторного белка при воздействии с молекулой гормона приводят к изменению состояния клетки в целом. А изменения состояния большого количества клеток это и есть физиологические *гормональные изменения*.

Мембранным рецептором инсулина является сложный белок, состоящий из двух разных субъединиц. Та из частей (субъединиц) ре-

цептора, которая расположена снаружи клетки, обладает способностью связываться с молекулой инсулина. Другая часть рецептора удерживает наружную субъединицу и погружена в фосфолипидный слой мембраны. В целом весь белковый комплекс как будто пронизывает мембрану клетки насквозь и выступает как в окружающую среду, так и цитоплазму.

Инсулиновые мембран-рецепторы характерны для многих клеток. Так, например, они есть в клетках мозга, половых желез и эритроцитов. Вместе с тем глюкоза в первую очередь запасается в клетках печени – *гепатоцитах*. Именно поэтому на поверхности одного эритроцита может находиться около 40 мембранных рецепторов инсулина. А на *гепатоцитах* (клетках печени) или *липоцитах* (клетках жировой ткани) их около 300.

Механизм взаимодействия инсулина и клетки-мишени до конца не изучен, но за последние двадцать лет накопились сведения, позволяющие сделать определенные выводы. Обобщая полученные научные данные, можно представить следующую цепь событий:

- 1) «Узнавание» рецептором гормона инсулина.
- 2) «Связывание» выступающей части рецептора с молекулой инсулина.
- 3) Изменение свойств той части молекулы рецептора, которая входит в состав мембраны и выступает в цитоплазму. По сути, молекула белка-рецептора фосфорилируется, т. е. присоединяет к себе фосфорный остаток (из АТФ) и становится химически активной.
- 4) Химически активированная фосфорилированная молекула мембран-рецептора запускает каскад химических реакций, последовательно приводящих к фосфорилированию и активации внутриклеточных ферментов в цитоплазме клетки (гепатоцита).
- 5) В результате значительно повышается проницаемость мембраны клетки для глюкозы. А в цитоплазме в активированном состоянии уже «ждут» ферменты, участвующие в различных путях утилизации и хранения глюкозы, причем как в виде гликогена, так и в виде липидов, синтез которых из сахаров резко активизируется.

Первым и главным результатом воздействия инсулина на мембранный рецептор является резкое усиление поглощения молекул глюкозы клеткой. Мембраны подвергшихся воздействию клеток будто начинают «закачивать» в себя глюкозу из омывающей клетки крови. В результате количество глюкозы в крови резко снижается (рис. 17).

После того как рецепторно-инсулиновый комплекс «отработал», у него есть два пути. Он может либо разрушиться полностью, либо белок-рецептор «самовосстановится» и вернется на прежнее место в клеточную мембрану.

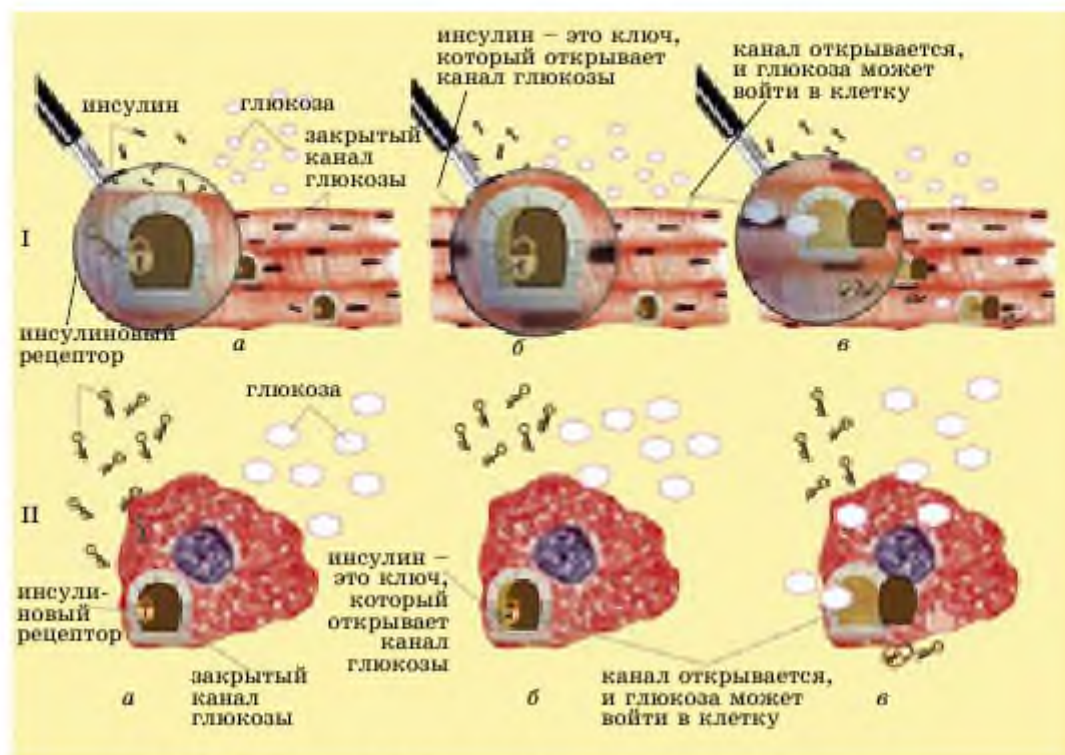


Рис. 17. Схема работы мембранного рецептора инсулина:

I – мышечное волокно, или миоцит, – клетка поперечнополосатой скелетной мышечной ткани;

II – гепатоцит – клетка печени (следует помнить, что на мембранах реального гепатоцита количество мембранных рецепторов инсулина исчисляется сотнями);

a – инсулин пока не вступил во взаимодействие с рецептором, и клетка остается как бы «запертой» для молекул глюкозы;

б – взаимодействие инсулина с мембранным рецептором по принципу «ключ – замок»;

в – благодаря работе мембранного рецептора физиологическое состояние клетки (I – миоцита и II – гепатоцита) изменяется, и она начинает поглощать молекулы глюкозы из окружающей среды (крови) и депонировать их в своей цитоплазме (процесс превращения глюкозы в гликоген на данной схеме не отражается).

Нужно отметить, что эффекты, которые происходят в клетках под действием инсулина, не ограничиваются только изменением проницаемости мембраны для глюкозы. Дальнейшие изменения ферментных систем приводят к транскрипции генов углеводного обмена. И следующими, «вторичными», результатами будут:

- 1) утилизация и запасание глюкозы в виде гликогена;
- 2) синтез жирных кислот из углеводов;
- 3) общее усиление анаболизма, запасание аминокислот и жиров;
- 4) торможение катаболических процессов – почти полное прекращение распада гликогена, жиров и белков.

Последовательное наступление эффектов воздействия инсулина на клетку связано с последовательным изменением белка-рецептора и белков-ферментов: сначала контролирующими процессы проницаемости мембраны для глюкозы, затем белков цитоплазмы, отвечающих за утилизацию глюкозы, и, в заключение, белков-ферментов, участвующих в реализации генов (транскрипции и трансляции), усиливающих анаболизм и тормозящих катаболизм.

Механизм действия белковых гормонов на клетки-мишени, мембранный рецептор, гепатоциты, липоциты, механизм взаимодействия инсулина, клетки-мишени.



Знание и понимание

1. Что такое *мембран-рецепторы*? Для восприятия гормонов какого типа они приспособлены?
2. Опишите, как расположены и работают обе части белка-рецептора инсулина.

Применение

1. Каково практическое значение количества мембран-рецепторов у клеток разного типа? Постарайтесь выстроить в последовательность по принципу «от большего к меньшему» по количеству функционирующих инсулиновых мембран-рецепторов следующие клетки: живые клетки кости, клетки мышц, клетки жировой ткани, клетки печени, мертвые клетки волоса или ногтя, эритроциты.

2. Определите примерную последовательность событий, заполнив предложенную схему и соотнесите цифры и буквенные обозначения:

1 __ → 2 __ → 3 __ → 4 __ → 5 __ → 6 __ → 7 __

- А) восстановление белка мембран-рецептора и его встраивание в мембрану клетки;
- Б) усиление транскрипции генов, повышающих процессы анаболизма и утилизации глюкозы;
- В) связывание инсулина с выступающей наружу частью мембран-рецептора;
- Г) фосфорилирование первых (четырех) белков-ферментов в цитоплазме;
- Д) повышение проницаемости мембраны для глюкозы;

Е) активация (фосфорилирование) внутренней части мембран-рецепторного белка, выступающего в цитоплазму;

Ж) усиление поступления глюкозы в клетку.

Анализ

1. Изобразите в виде схемы воздействия инсулина на клетку, условно разделив его на три этапа:

- 1) результат связывания с рецептором;
- 2) изменения в цитоплазме и мембране клеток;
- 3) изменения функционирования, происходящие в работе ядра клеток и рибосом.

2. Проанализируйте этапы взаимодействия инсулина с мембран-рецептором.

Синтез

1. Оцените представленные данные зависимости количества инсулиновых мембран-рецепторов (ИМ-Р) в мембранах различных типов клеток.

Тип клеток	Гепатоцит	Липоцит	Миоцит	Нейрон	Эритроцит	Остеокласт
Количество ИМ-Р	296 597	182 659	58 000	1 200	40	0

2. Порассуждайте и на основе представленных данных сделайте выводы, почему инсулиновые мембран-рецепторы есть и в клетках мозга, и в мышечных клетках, но в небольших количествах. А в клетках жировой ткани их почти так же много, как и в гепатоцитах.

Оценка

Обсудите следующие высказывания ученых:

1. *Если впрыснуть в цитоплазму мышечной клетки молекулы адреналина, сокращения не произойдет. Миоцит даже «не заметит» такое воздействие. При этом попадание молекул на мембрану миоцита заканчивается мышечным сокращением.*

2. *Физиологический эффект от работы мембранных рецепторов сходен с работой настоящих рецепторных клеток, которые реагируют на определенный вид раздражителя. Можно сколько угодно опускать палец в чай, но понять, сладкий он или нет, не удастся, так как в коже человека (в отличие от кожи рыб) нет вкусовых хеморецепторов. Зато терморецепторы позволят определить температуру.*

§ 20. Ростовые вещества. Механизм действия ростовых веществ на растение. Действие ауксина и гиббереллина

Цель изучения этой темы: исследовать действие стимуляторов на рост растений.

Какие гормоны растений вам известны? На какие две группы подразделяются фитогормоны и по какому признаку? Как ауксин и гиббереллин действуют на организм растения, на его отдельные органы?



Что нужно повторить для успешного изучения темы? § 28 – учебник для 9 класса; § 15 – учебник для 10 класса.

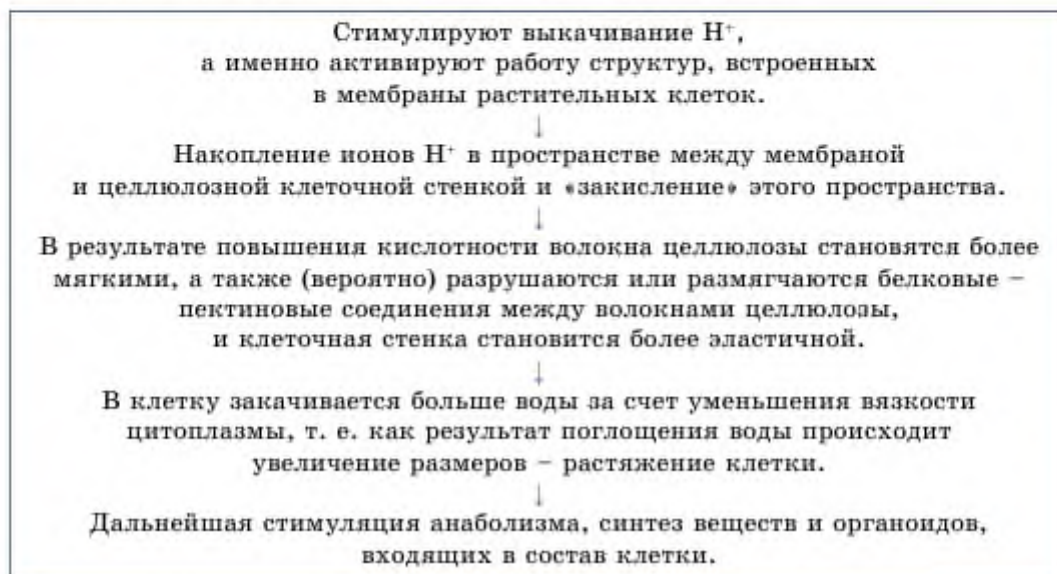
Понятие «ростовое вещество». В биологии ростовыми веществами называют не только фитогормоны, но и ряд других веществ как естественного, так и искусственного (синтетического) происхождения, способных активизировать ростовые процессы в растительных организмах. Также термин «ростовое вещество» иногда используется как аналог термина «фактор роста». Впрочем последний термин чаще используется не относительно растений, а применим для грибов и микроорганизмов.

Как вы помните, у растений существует три классических природных фитогормона, стимулирующих рост. Это ауксин, гиббереллин и цитокинин. Хотя ученые-физиологи и разграничивают действия каждого из этих веществ, но в природе в растительных организмах ни одно из них не действует абсолютно самостоятельно. В живом растении всегда вырабатывается некая смесь из ростовых гормонов. В зависимости от вида растений, его индивидуальных особенностей, условий произрастания и физиологической необходимости два из трех или все три гормона вырабатываются и воздействуют на клетки и ткани в разных пропорциях. Так, например, при интенсивном образовании придаточных корней действуют разные смеси ауксина и цитокинина, в то время как при растяжении и ветвлении стеблей – смеси ауксина и гиббереллина.

Само понятие «ростовое вещество» достаточно широкое и включает в себя три стимулирующих фитогормона, их смеси в разных соотношениях и ряд других веществ (факторов роста), способных стимулировать рост и размножение как клеток растений, так и грибов и микроорганизмов, в том числе бактерий.

Механизм действия ростовых веществ на растение на примере ауксина. Ауксин – фитогормон, который стимулирует растяжение растительных клеток. Именно поэтому ауксин в первую очередь незаменим при росте (растяжении) стеблей. Механизм действия ауксина до сих пор

до конца не изучен, но усилиями разных групп исследователей сформировано определенное представление. Согласно наиболее достоверной гипотезе молекулы ауксина вызывают в растительных клетках следующий каскад ответных реакций, приводящих к изменениям:



Таким образом, ауксин участвует в росте побегов, а также, но в меньшей степени, и в их утолщении за счет стимуляции клеток камбия. Рост происходит не за счет клеток самой верхушки – меристемы (точке роста, места интенсивного деления клеток), а несколько ниже этого места. Если говорить об аналогии с корнем, то в зоне растяжения, а не в зоне деления. При этом ауксин может подавлять образование боковых побегов (ветвление), стимулируя рост центральной оси стебля. А при удалении верхушечной почки (точке размножения клеток), активирует рост боковых побегов.

В малых концентрациях и в совокупности с другими гормонами он усиливает образование и рост корней.

Синтетические аналоги ауксина в определенных (выше обычных) концентрациях могут использоваться как гербициды.

Механизм действия гиббереллина до сих пор до конца не изучен, и, в отличие от ауксина, не имеет стройной теории его воздействия на клетки, доказанной разными группами ученых. Есть мнение, что гиббереллин действует на генетические процессы внутри ядра. Эта теория основана на том, что даже совершенно незначительные дозы гиббереллина могут вызвать усиление метаболизма. Но в противовес этому мнению имеют место два факта. Во-первых, для реальных, видимых ростовых

процессов гиббереллин вырабатывается в растении в гораздо больших концентрациях. А во-вторых, гиббереллины никогда «не работают» в организме растений самостоятельно. Они вырабатываются вместе с ауксином и (или) цитокинином и действуют только в составе комплекса стимулирующих фитогормонов.

Из эффектов гиббереллина, отличающих его от ауксина, известно, что он стимулирует ветвление, «выход в стрелку» у редиса, моркови и других видов с прикорневой розеткой. Также использование гиббереллинов приводит к завязыванию бессемянных плодов без оплодотворения (партенокарпия), задерживает старение листьев у некоторых видов, способствует повышению содержания солода в семенах ячменя.



Знание и понимание

1. Что такое *ростовые вещества* и *факторы роста*?
2. Определите связь между ауксином и гиббереллином.

Применение

1. Для чего необходимо изучать и применять ростовые вещества? Сравните эффекты от воздействия ауксина и гиббереллина.
2. Какие манипуляции вы бы предложили выполнить на основе материала параграфа, если вам необходимо вызвать интенсивный рост и ветвление декоративных кустарников, чтобы «выстричь» из них фигуры животных или иные фитоскульптуры?

Анализ

1. Изобразите в виде схемы действие ауксина на молодое растение. Изменилась ли бы ваша схема, если бы вы учитывали совместное действие ауксина и гиббереллина?
2. Докажите на примерах важность ростовых веществ в жизни растения.

Синтез

1. Порассуждайте, почему в природе у растений ростовые вещества вырабатываются и действуют совместно, а не по отдельности.
2. Порассуждайте, почему некоторые фитогормоны (гиббереллин) действуют и на другие организмы, например грибы, а многие факторы роста, активизирующие размножение бактериальных клеток, действуют на клетки растений и как неспецифические стимуляторы. Оцените это явление с эволюционной и цитологической точек зрения.

Оценка

1. Обсудите следующие высказывания ученых.

Известно, что искусственно синтезированные вещества, по химической природе близкие к ауксину, успешно применяются и как стимулято-

ры роста, и как гербициды (в зависимости от дозы). Их применение более эффективно, чем применение природных аналогов. Вероятно, это связано с тем, что у клеток не отработаны биохимические механизмы утилизации этих веществ в отличие от естественного ауксина.

В ходе исследования для более точного определения действия гиббереллина были найдены вещества-ингибиторы, которые полностью блокируют действие этого ростового вещества. На их основе были сделаны попытки выращивания низкорослых и карликовых растений с высокой урожайностью (колоновидные плодовые деревья) и низкорослых сортов злаков, устойчивых к полеганию.

2. Оцените экономические и экологические последствия применения вышеперечисленных синтетических агентов.



Лабораторная работа № 5. Действие ауксина на рост корня.

Цель: исследовать действие стимуляторов (ауксина) на рост растений (корнеобразование).

Оборудование: живые молодые комнатные растения (пеларгония, циперус или любые другие быстрорастущие экземпляры молодых растений, желательны размноженных вегетативно из одного материнского растения; листья фиалки или побега циперуса для черенкования), готовые стимуляторы роста на основе ауксина, дистиллированная вода, весы, штатив с пробирками, дозатор.

Примечание. Опыты для данной лабораторной работы должны быть заложены не позднее 5 и не раньше 14 дней до ее проведения (анализа результатов).

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

Ход работы

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

Опытный (тип стимулятора или его концентрация) или контрольный экземпляр	№ пробирки (рас- тения)	Корни	
		Длина	Количе- ство

№ экспериментального черенка	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Концентрация ауксина	0	0,04	0,1	0,2	0,5	1	2	5	10
Результат корне- образования	Количество корней								
	Общая длина корней								

4. Укажите, с каким из стимуляторов или его концентрацией образовались наиболее развитые вегетативные органы.

5. Сделайте вывод об эффективности воздействия фитогормонов.

Заключение по разделу «Координация и регуляция»

Все живое, начиная от субклеточных структур и заканчивая биосферой, представляет собой открытые саморегулирующиеся системы. Без способности наилучшим образом реагировать на изменения окружающей среды и воздействия других объектов, живое не смогло бы сохраниться. Соответственно, за весь период эволюции живые организмы выстраивали и совершенствовали системы управления, способные эффективно управлять слаженными жизненными процессами. Оптимальным принципом управления является осуществляемый живыми объектами принцип обратной связи. На его основе изменяются и корректируются команды в зависимости от достигнутого эффекта. Для оптимальной работы любая система управления должна состоять из трех обязательных компонентов:

1) управляющий центр, непосредственно отдающий команды и принимающий решения;

2) структура, собирающая данные об ответной реакции, степени успешности выполнения команд, эффективности принятых решений;

3) механизмы проведения команд от управляющего центра к исполнителю.

Системами управления на уровне клеток являются хранилища наследственной информации – ядра с хромосомами (для эукариот) или кольцевые молекулы ДНК (для прокариот). У большинства многоклеточных животных для управления развились отдельные системы органов: нервная и эндокринная (гуморальная).

Все гормоны человека и животных по строению и механизмам воздействия можно разделить на три группы:

1) стероидные (липидные) гормоны способны проникать внутрь клетки, в ее ядро и воздействовать непосредственно на генетический аппарат, изменяя жизненные процессы. Например, половые гормоны – мужской тестостерон и женский эстрадиол, имеющие сходные химические формулы;

2) производные аминокислот имеют биохимическую близость со стероидными гормонами и часто, но не всегда, сходны с ними по механизму воздействия. Несмотря на то, что аминокислоты являются мономерами белков, гормоны, являющиеся их производными, могут содержать циклические структуры как и стероиды;

3) белковые гормоны не способны проникнуть внутрь клеток сквозь слой фосфолипидов наружной мембраны. Механизм их действия основан на связывании со специальными молекулами мембран-рецепторов. Это сложные белковые комплексы, состоящие из компонента, выступающего из мембраны в окружающую среду и способного биохимически «узнавать» гормон как и при фермент-субстратном взаимодействии по принципу «ключ – замок». Второй компонент, пронизывая мембрану, удерживает выступающую часть и сам частично погружен в цитоплазму. Примером может служить взаимодействие гормона инсулина с его мембранным рецептором. После связывания гормона и рецептора запускается каскад последовательных событий: химическое изменение самого рецепторного белка, увеличивается проницаемость мембраны клеток для глюкозы, активируются (форфорилируются) ферменты, утилизирующие глюкозу, происходит активация генов и синтез белков, изменяющий весь метаболизм клеток в направлении запасания глюкозы.

У растений функционируют фитогормоны. Так ауксин и гиббереллин способствуют росту, растяжению и ветвлению, но имеют разную эффективность и, вероятно, разные механизмы.

РАЗМНОЖЕНИЕ



§ 21. Гаметогенез. Стадии гаметогенеза человека

Цель изучения этой темы: изучить гаметогенез человека.

*Что такое **оплодотворение**? Какие клетки должны в нем участвовать? Какой набор хромосом в клетках тела человека? Какой в клетках зародыша, какой в половых клетках? Как называются мужские и женские половые железы? Каковы их функции?*



Что нужно повторить для успешного изучения темы? § 47 – учебник для 9 класса; § 25 – учебник для 10 класса.

Гаметогенез – процесс развития и формирования половых клеток. Мы уже знаем, что половые клетки *образуются мейозом*. Впрочем, одним этим процессом формирование специализированных половых гамет не ограничивается. Поэтому изучается процесс **гаметогенеза**, в ходе которого на одной из стадий и будет происходить мейоз. У животных и человека гаплоидные гаметы образуются из диплоидных клеток половых желез. Половые железы подразделяются на 4 зоны, в каждой из которых происходят специфические процессы (табл. 4).

Процесс образования мужских половых клеток *сперматозоидов* (спермиев) носит название **сперматогенез**. Женские *яйцеклетки* образуются в процессе **овогенеза** (оогенеза). Между этими процессами есть некоторые отличия (рис. 18). Рассмотрим их на примере организма человека.

Гаплоидные гаметы образуются из диплоидных клеток половых желез. Мужские и женские половые железы имеют диплоидный набор хромосом (рис. 19), как и все клетки нашего тела. Гаметогенез условно можно поделить на четыре зоны:

1. Зона размножения – в ней происходит митоз, и диплоидных клеток половых желез просто становится больше.

2. Зона роста – интерфаза между митозом и мейозом, когда происходит репликация, и ДНК удваивается. К концу этой фазы каждая диплоидная клетка готова к делению, т. е. содержит хромосомы, состоящие из двух хроматид.

3. Зона созревания – происходит мейоз, по итогам которого из диплоидной материнской клетки половой железы формируются четыре гаплоидные клетки, несущие набор хромосом, пригодный для слияния, т. е. для оплодотворения.

4. Зона формирования. У сперматозоидов формируется хвост, ядро перемещается к верхушке клетки, перед ядром скапливаются лизосомы,

Процессы гаметогенеза

№ зоны	Название зоны	Количество хромосом n и хроматид c	Процесс
1	Зона размножения	Диплоидны $2n$ $2c$	Митоз – происходит увеличение количества клеток половых желез
2	Зона роста	Диплоидны $2n$ $4c$	Интерфаза – между митозом и мейозом. Происходит репликация. Каждая диплоидная клетка содержит хромосомы, состоящие из 2 хроматид. Готовность к делению
3	Зона созревания	Гаплоидны $1n$ $1c$	Мейоз – формируются 4 гаплоидные клетки из диплоидной материнской клетки половой железы
4	Зона формирования	Гаплоидны $1n$ $1c$	У сперматозоидов формируется хвост, ядро перемещается к верхушке клетки, в основании хвоста накапливаются митохондрии. У яйцеклеток цитоплазма накапливает запас питательных веществ. Они покрываются вспомогательными клетками, образующими лучистый венец, что препятствует проникновению сразу 2 сперматозоидов

чтобы растворить оболочку яйцеклетки. В основании хвоста накапливаются митохондрии, которые будут обеспечивать его движение достаточным количеством АТФ. У яйцеклетки образуются оболочки и накапливается запас питательных веществ в цитоплазме. Причем часть питательных веществ в виде белков и частей сложных липопротеидов образуется в клетках печени и только потом доставляется к яичникам, чтобы попасть в состав яйцеклеток. Следует отметить, что три клетки, появившиеся в ходе мейоза, кроме яйцеклетки, и названные *полярными*, или *направительными тельцами*, формируются с целью отдать большую часть цитоплазмы яйцеклетке. Именно поэтому в ходе цитокинеза вещества между клетками распределяются неравномерно: большая часть достается яйцеклетке, а меньшая – полярным тельцам. Они нужны для того, чтобы три гаплоидных набора были распределены и не попали в яйцеклетку. Эти вещества должны стать основой питания будущего зародыша, если произойдет оплодотворение.

Когда половые клетки готовы, может произойти оплодотворение. Внутри яйцеклеток попадает только ядро сперматозоида, а большая

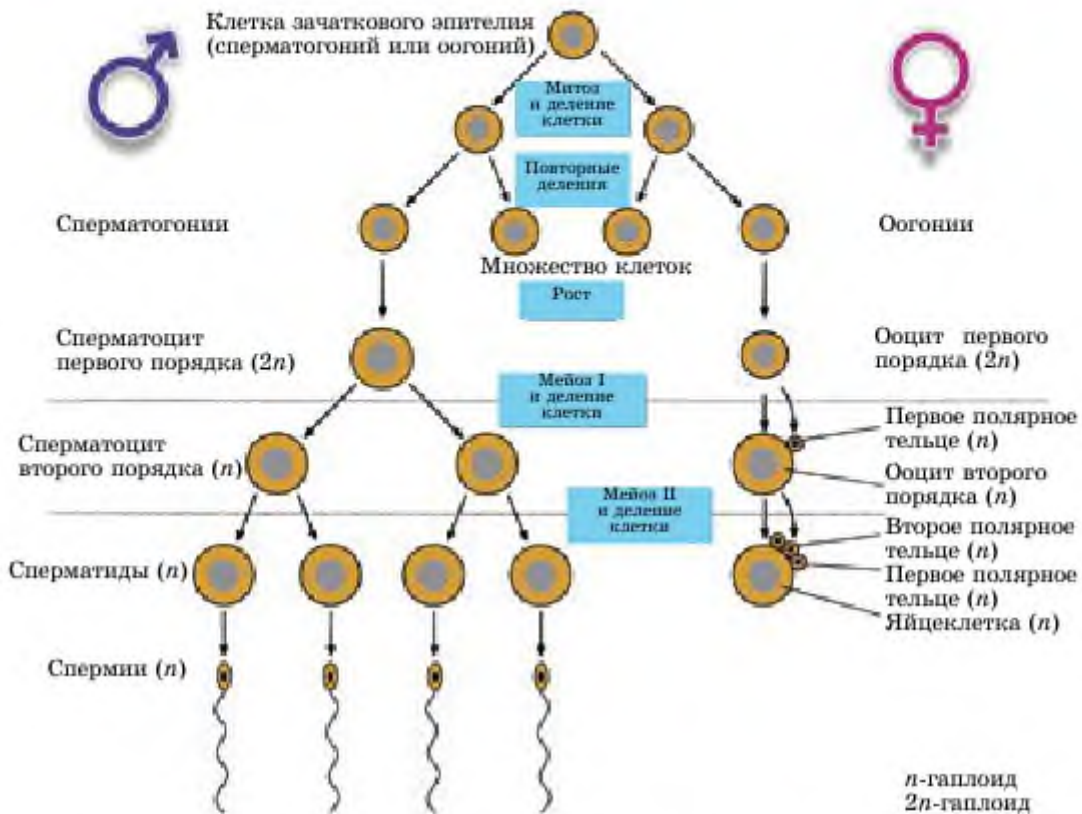


Рис. 18. Формирование и функционирование гамет

его часть (цитоплазма и хвост) остается снаружи. После оплодотворения ядерный материал сперматозоида и яйцеклетки объединяется в одно общее ядро зиготы. Иногда у животных могут сливаться сразу несколько пар гамет. Это происходит, например, у рыб и земноводных. После семяизвержения сперматозоиды достигают сразу множества икринок. При внутреннем оплодотворении такой процесс тоже возможен. Змеи и ящерицы обычно откладывают несколько яиц. У крупных плацентарных подобное происходит реже, у мелких – чаще. Слоны, как правило, не приносят двух детенышей, а мышевидные грызуны – по одному. У человека тоже иногда рождаются разнополые или непохожие близнецы.

При партеногенезе яйцеклетка начинает самостоятельно делиться и дает начало зародышу без участия сперматозоида. Так происходит у тли, дафнии, пчел, многих паразитических плоских червей. Но у высокоорганизованных животных, например позвоночных, этот процесс в нормальных условиях невозможен.

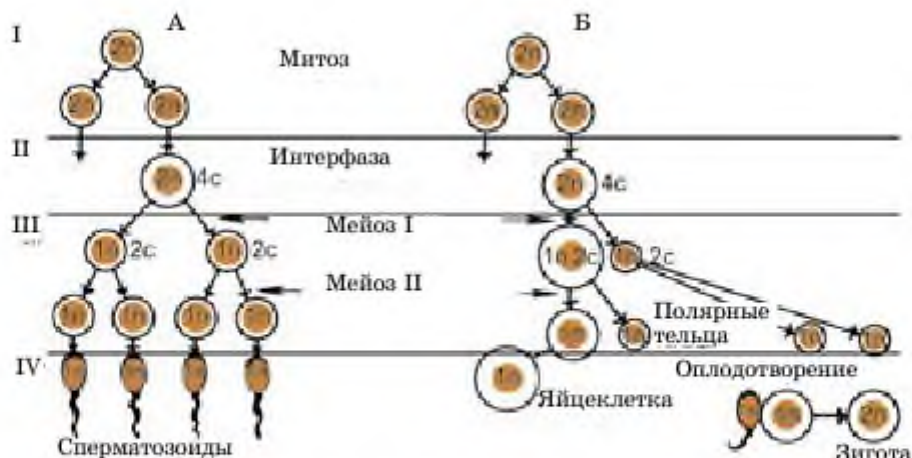


Рис. 19. Гаметогенез и оплодотворение у животных:

I – зона размножения; II – зона роста; III – зона созревания;

IV – зона формирования; А – сперматогенез;

Б – оогенез; n – количество хромосом; c – количество хроматид

Гаметогенез, сперматозоид, сперматогенез, яйцеклетка, овогенез (оогенез).



Знание и понимание

1. Что такое *гаметогенез*?
2. Перечислите зоны образования половых клеток.

Применение

1. Объясните, почему важно, чтобы в процессе образования половых клеток происходил мейоз.
2. Укажите количество хромосом в клетках и названия процессов, характерных для каждой зоны гаметогенеза.

Анализ

Заполните таблицу. Проанализируйте процессы, происходящие в различных зонах гаметогенеза, вставьте номер соответствующей зоны: 1) размножения; 2) роста; 3) созревания; 4) формирования.

Процесс	Номер стадии
1	2
А) образование двух женских клеток с неравномерно разделенной цитоплазмой	
Б) результат – образование гаплоидных неспециализированных клеток	

1	2
В) результат – образование гаплоидных специализированных клеток	
Г) мейотическое деление	
Д) образование диплоидных клеток с удвоенным количеством молекул ДНК (после репликации)	
Е) конъюгация и кроссинговер	
Ж) митотическое деление клеток половых желез	
З) образование четырех женских клеток с неравномерно разделенной цитоплазмой – три с минимальным количеством, одна с максимальным	
И) интерфаза между митозами	
К) интерфаза между митозом и мейозом	
Л) короткая интерфаза между мейозом I и мейозом II	

Синтез

1. Порассуждайте, почему у высокоорганизованных животных, например позвоночных, партеногенез в нормальных условиях невозможен.

2. Оцените реальную ситуацию: «У скалистой южноамериканской ящерицы ученые-биологи не обнаружили самцов – особей мужского пола. Но данный вид пресмыкающихся реально существует в природных популяциях».

Предположите все возможные причины этого явления.

Оценка

1. Обсудите следующее высказывание ученых: «Искусственный гаметогенез: дифференцировка эмбриональных стволовых клеток в гаметы – это способ решить многие проблемы лечения ряда заболеваний».

2. Оцените экономические и этические последствия применения на практике обозначенной выше методики.

§ 22. Сравнение сперматогенеза и оогенеза

Цель изучения этой темы: объяснить различия между сперматогенезом и оогенезом.

Чем отличаются сперматозоиды от яйцеклеток по строению? Чем отличается количество образующихся сперматозоидов и яйцеклеток за единицу времени? Какие из гамет – мужские или женские – дольше сохраняют жизнеспособность?



Что нужно повторить для успешного изучения темы? § 25 – учебник для 10 класса.

Особенности сперматогенеза и оогенеза. Между процессами *сперматогенеза* (образование сперматозоидов) и *оогенеза* (образование яйцеклеток) существуют различия. Рассмотрим их несколько подробнее.

1. У мужчин из одной клетки половой железы в результате мейоза образуются четыре полноценных сперматозоида. Причем процесс идет в несколько раз быстрее, чем в женском организме, а его количественный результат гораздо выше. Вспомним, что в 1 мл спермы может содержаться (в норме) от 20 млн сперматозоидов. Учитывая, что объем спермы в среднем составляет 5 мл, то количество сперматозоидов составляет около 100 млн. К тому же это количество образуется в течение короткого времени, а не один раз в 28 дней, как у женщин.

У женщин же при мейозе с момента полового созревания из одной клетки-предшественницы ежемесячно образуется одна функциональная яйцеклетка. Три другие клетки называются *полярными*, или *направительными*, *тельцами*. Они содержат мало цитоплазмы, не способны оплодотвориться и вскоре погибают. Их функция заключается только в том, чтобы получить «лишние» хромосомы от диплоидной материнской клетки.

2. У сперматозоидов мало цитоплазмы и нет специальных оболочек.

В яйцеклетках накапливается много цитоплазмы с большим количеством питательных веществ. Часть из них образуется в клетках печени, а позже поступает в яйцеклетки. У многих яйцеклеток есть оболочки. Вспомните белочную оболочку и известковую скорлупу яиц птиц, пергаментные оболочки яиц пресмыкающихся. У человека тоже есть оболочка из специальных клеток. Это так называемый *лучистый венец*. Он препятствует проникновению в яйцеклетку двух сперматозоидов одновременно.

3. Подвижность характерна только для мужских половых клеток. Это касается всех млекопитающих и человека. Однако у некоторых низших организмов (простейших, водорослей и др.) встречаются подвижные женские гаметы. Часто они могут быть внешне неотличимы от мужских. Женские половые клетки человека и всех позвоночных неподвижны.

4. Размножение клеток половых желез происходит у мужчин всю жизнь, особенно интенсивно – в период половой зрелости.

У женщин этот процесс идет только до четырех месяцев внутриутробного развития. Потом значительная часть клеток яичников исчезает. Оставшееся количество сохраняется неизменным от рождения по наступлению полового созревания. Начиная с момента половой зрелости одна клетка попадает в зону формирования в среднем каждые 28 дней и становится яйцеклеткой.

Когда половые клетки готовы, может произойти процесс их слияния – *оплодотворение*. Его часто изображают как попадание сперматозоида внутрь яйцеклетки. На самом деле это не так. В яйцеклетку попадает не весь сперматозоид, а только его ядро. Другие его части (хвост и шейка, вся цитоплазма) остаются снаружи и в зиготу не попадают.

После оплодотворения гаплоидные ядра сперматозоида и яйцеклетки сливаются в одно диплоидное ядро зиготы.

Причины различий сперматогенеза и оогенеза имеют эволюционное и физиологическое объяснение. Остановимся кратко на каждом различии.

Количество. Почему яйцеклеток меньше? Понятно, что при внутриутробном развитии количество детенышей ограничено ресурсами организма самки, и, соответственно, их не может быть очень много. Даже у многоплодных видов млекопитающих количество детенышей редко измеряется десятками, но никогда не сотнями и не тысячами. Напомним, что рыба-луна может выметывать миллион икринок в икромет. Разные же виды паразитических червей могут откладывать от 100 до 200 тыс. яиц в сутки.

Размер яйцеклетки в несколько раз превосходит размер сперматозоида. Есть две причины, объясняющие этот факт. Во-первых, яйцеклетка должна содержать необходимое количество питательных веществ для зародыша. Даже у плацентарных, к которым относится и человек, до формирования плаценты клетки зародыша довольствуются питательными веществами яйцеклетки (в основном). Во-вторых, яйцеклетке нужно быть достаточно большой, чтобы принять в себя ядро сперматозоида без риска нарушить целостность мембраны из-за увеличения объема цитоплазмы (проще говоря, чтобы не лопнуть). По этим причинам одна из самых крупных клеток в природе – это яйцеклетка страуса (желток страусиного яйца).

Подвижность определяется размерами клеток, т. е. количеством цитоплазмы. Сперматозоиды мельче, соответственно, на их передвижение будет затрачено меньше энергии, чем на передвижение яйцеклетки. Есть и другие причины: количество клеток, место, где происходит оплодотворение и т. д.

Время размножения клеток – предшественниц гамет в разные сроки жизни – это скорее результат эволюции, сохраняющийся у многих приматов и человека.

Полярные, или направительные, тельца; лучистый венец.



Знание и понимание

1. Определите связь между размерами гамет и их подвижностью.
2. Перечислите основные различия между сперматогенезом и оогенезом.

Применение

Заполните таблицу. Сравните процессы гаметогенеза. Соотнесите признаки и виды гаметогенеза (цифра 1 – оогенез или 2 – сперматогенез).

Признаки	Виды гаметогенеза
А) образуются яйцеклетки	
Б) созревают четыре полноценные гаметы	
В) образуются три направительных тельца	
Г) гаметы содержат небольшое количество цитоплазмы	
Д) гаметы содержат большое количество питательных веществ	
Е) гаметы у млекопитающих могут содержать X- или Y-хромосомы	
Ж) многие процессы прекращаются еще до рождения	
З) все процессы начинаются с момента полового созревания	
И) образующихся гамет мало (единицы)	
К) образующихся гамет много (десятки и сотни миллионов)	
Л) гаметы у млекопитающих могут содержать только X-хромосомы	

Анализ

1. Отразите схематически сходство и различия оогенеза и сперматогенеза.
2. Выскажите свое мнение о причинах возникновения различий между оогенезом и сперматогенезом.

Синтез

1. Порассуждайте, почему у высокоорганизованных животных, например у позвоночных, партеногенез в нормальных условиях невозможен.
2. Оцените реальную ситуацию: *«Яйцеклетки некоторых гидроидных полипов имеют амёбовидную форму и способны «фагоцитировать» сперматозоиды, хотя сами они не покидают слой эктодермы, выпячивая из тела полипа только ложноножки».*

Оценка

1. Напишите реферат о проблемах и успехах ЭКО для человека как в нашей стране, так и за рубежом.

2. Обсудите следующее высказывание ученых: *«Существует вероятность, что в ближайшем будущем появится возможность свободно управлять процессами образования половых клеток и оплодотворения организмов».*

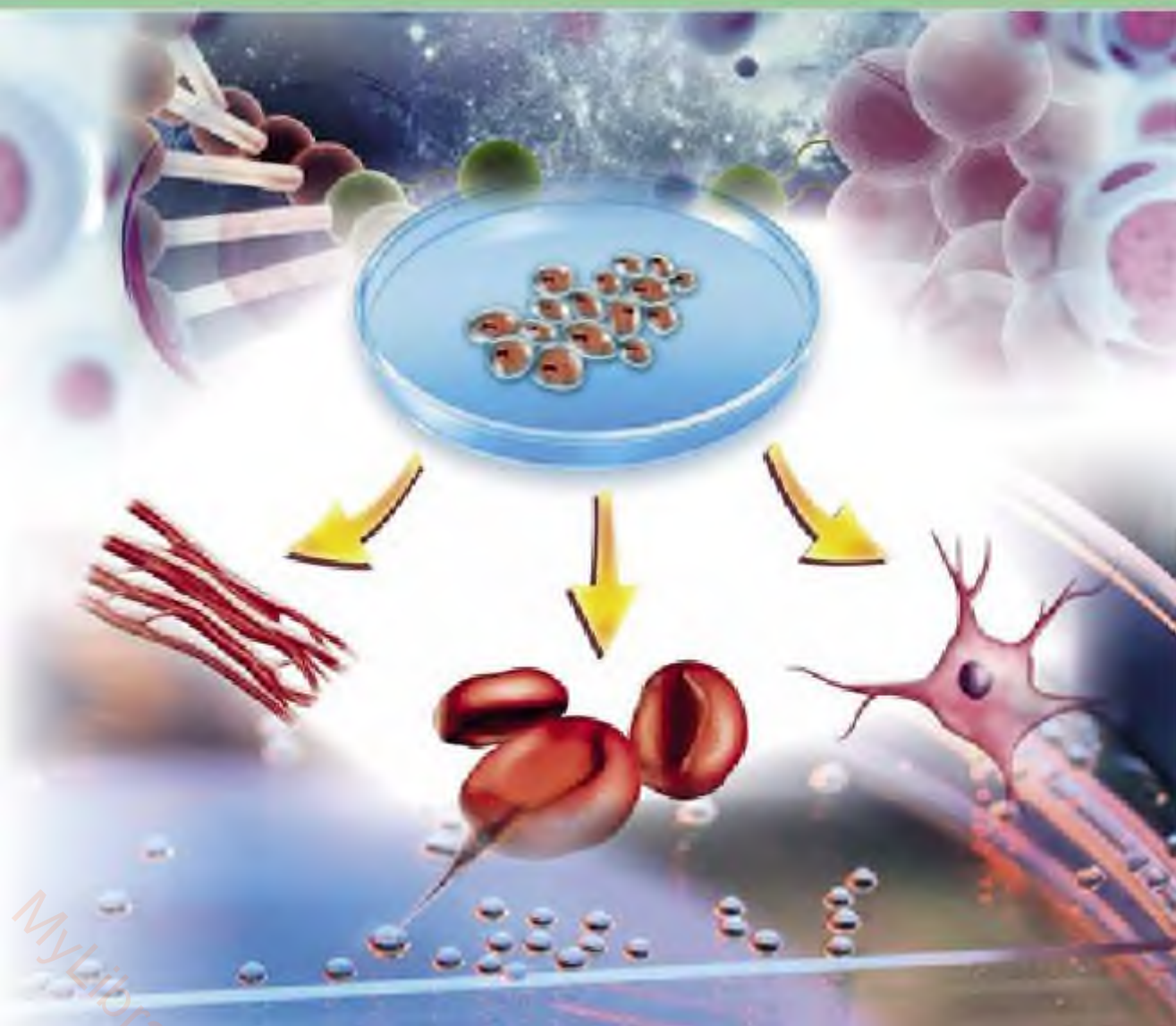
Оцените экономические и этические последствия применения «управляемого» гаметогенеза и оплодотворения.

Заключение по разделу «Размножение»

При половом размножении обязательно образование специализированных половых клеток – гаплоидных гамет. Процесс образования половых клеток – *гаметогенез* – происходит в половых железах. В четырех зонах последовательно происходят процессы: в первой зоне – размножения – митоз, во второй зоне – роста – интерфаза, в третьей зоне – созревания – мейоз. После образования гаплоидных клеток они поступают в четвертую зону – формирования, где и преобразуются в яйцеклетки и сперматозоиды.

Сперматогенез и *оогенез* имеют четыре основных отличия: количество функциональных гамет, сроки размножения клеток половых желез, наличие оболочек и вспомогательных клеток и подвижность гамет.

РОСТ И РАЗВИТИЕ



§ 23. Стволовые клетки: понятие и свойства
(самообновление, дифференциация).

Виды стволовых клеток: эмбриональные и соматические

Цель изучения этой темы: объяснить процесс специализации стволовых клеток.

Что такое зигота, бластула, эктодерма, энтодерма? Из каких клеток и в каких органах образуются эритроциты, лейкоциты, тромбоциты?



Что нужно повторить для успешного изучения темы? § 31 и 49 – учебник для 8 класса.

Стволовые клетки: понятие и свойства. Стволовыми клетками называют клетки-предшественницы, из которых при необходимости образуются все другие типы клеток, составляющие различные органы и ткани человека (рис. 20). Термин «стволовая клетка» впервые ввел в 1908 г. русский гематолог из Санкт-Петербурга А. Максимов, имея в виду, что они находятся в «стволе» – основе «кветворного древа». Это клетки красного костного мозга, которые впоследствии дают начало клеткам-предшественницам, из которых образуются все клетки крови: эритроциты, тромбоциты и лейкоциты.



Рис. 20. Стволовая клетка

Значительный объем исследований стволовых клеток проведен биологами А. Фриденштейном и И. Чертковым в России в 60-х годах прошлого века. В нашем организме пожизненно сохраняются недифференцированные клетки, которые могут превращаться в специализированные клетки крови и соединительной ткани. Пока человеческому организму хорошо, стволовые клетки свободно и независимо «блуждают» по его просторам, бесконечно дублируя под действием определенного гена. Они «безработные». Но как только стволовые клетки получают генетический сигнал на «бирже труда» (неполадка, повреждение ткани или органа), они по кровяному руслу устремляются к пораженному участку тела. Их способность найти практически любое повреждение, превращаясь на месте в необходимые организму клетки (костные, гладкомышечные, железистые, нервные и т. д.). Превращение потомков стволовых клеток в иные специализированные клетки организма называется **дифференциацией стволовых клеток**.

Неправильно думать, что у взрослого организма все стволовые клетки находятся только в костном мозге. Исторически сложилось, что первые из них были обнаружены именно там. Поэтому долгое время считалось, что именно красный костный мозг содержит едва ли не все стволовые клетки организма. Позже их обнаружили в жировой ткани, коже, мышцах, печени, легких, сетчатке глаза, практически во всех органах и тканях организма.

Различают эмбриональные и соматические стоволовые клетки.

Эмбриональные стоволовые клетки получают из внутренней клеточной массы бластулы, которая формируется к 4–7-му дню развития после оплодотворения. Эмбриональные стоволовые клетки по сравнению со стоволовыми клетками взрослых людей более универсальны и способны дифференцироваться абсолютно во все типы клеток организма.

Одним из плюсов использования эмбриональных стоволовых клеток можно считать тот факт, что при введении их даже в другой организм не возникает реакция отторжения, поскольку на их поверхности еще нет *антигенов гистосовместимости*. Эмбриональная стоволовая клетка мягкая и податливая, как пластилин, и, в отличие от стоволовых клеток взрослого человека, способна превращаться в любой другой тип клетки без каких-либо ограничений. Кроме того, у эмбриональной стоволовой клетки есть уникальная система самоконтроля: она активно размножается, но как только произошла ошибка при делении, в клетке возникает команда самоуничтожиться. Так что угроза появления онкологии при использовании эмбриональных стоволовых клеток маловероятна.

Соматические стоволовые клетки – стоволовые клетки взрослого организма, которые обладают ограниченным потенциалом к образованию различных типов клеток.

Не так давно стало известно, что некоторые клетки взрослого организма, по-видимому, хотя бы отчасти обладают способностью порождать стволовые клетки, характерные для эмбриона. Если такое действительно возможно, то удастся устранить одно из этических препятствий на пути к использованию эмбриональных стволовых клеток – не придется разрушать эмбрион человека, чтобы получить эти клетки.

Во взрослом организме стволовые клетки находятся, в основном, в красном костном мозге. У человека он составляет около 1,5% массы тела. В состав костного мозга (около 0,1% всех его клеток) входят особые, так называемые *стволовые, кроветворные клетки*. Благодаря их способности к *дифференциации* – многократному делению и развитию в направлении всех форм кроветворения они обеспечивают замещение постоянно стареющих эритроцитов и гибнущих в борьбе с инфекциями лейкоцитов.

Самообновление стволовых клеток. В сформировавшемся организме человека имеется примерно 230 типов клеток. Они требуют постоянного замещения по мере их старения и отмирания. Эту восстановительную функцию частично выполняют стволовые клетки, заполняющие определенные ниши во всех тканях и органах. Стволовые клетки взрослых обладают двумя качественными особенностями. Во-первых, на протяжении всей жизни они постоянно производят подобные себе клетки. За длительную их способность к самовоспроизводству они получили название «бессмертных». Это свойство сейчас широко используется для размножения таких клеток в питательной среде. Во-вторых, они генерируют зрелые клетки с характерными морфологическими и функциональными свойствами. Основная способность к *пролиферации* (размножению клеток, компенсирующему их потерю в результате гибели) обеспечивает их постоянное *самообновление* и самоподдержание. Роль стволовых клеток во взрослых живых организмах состоит в поддержании и восстановлении тех тканей, в которых они находятся.

Доля стволовых клеток в тканях организма по мере взросления постоянно снижается, достигая показателя примерно в 100 раз. При рождении у ребенка одна стволовая клетка приходится на 10 тыс. обычных клеток. А у людей в возрасте 60 лет и старше одна стволовая клетка приходится на один миллион обычных клеток.

Дифференциацией стволовых клеток называется необратимое преобразование изначально однородных, неспециализированных эмбриональных клеток в специализированные, образующие ткани и органы.

Стволовые клетки взрослого организма способны образовывать клетки только определенных тканей (крови, нервной системы и т. п.). Однако в последнее время в научной печати стали появляться сообщения о так называемой *направленной дифференциации* стволовых клеток взрослого организма. В результате генетического перепрограммирования из стволовых клеток костного мозга взрослого организма удалось получить нервные, мышечные и другие клетки.

Стволовые клетки, дифференциация стволовых клеток, эмбриональные стволовые клетки, соматические стволовые клетки, самообновление стволовых клеток.



Знание и понимание

1. Что такое *дифференциация*?

2. Определите связь между возрастом организма и количеством стволовых клеток.

Применение

1. Для чего необходимо изучать стволовые клетки?

2. Сравните соматические и эмбриональные стволовые клетки по расположению в организме, времени активности и способности к дифференциации.

Анализ

1. Изобразите в виде схемы процесс постепенного превращения зиготы в разные типы стволовых и специализированных клеток.

2. Проанализируйте особенности эмбриональных и соматических стволовых клеток, обратив внимание на их способность к самообновлению и дифференциации, учитывая новые сведения, полученные учеными по этому вопросу.

Синтез

1. Порассуждайте, как можно было бы применять донорские эмбриональные стволовые клетки. Будет ли их применение отличаться от применения донорских соматических стволовых клеток и почему? Какую роль в ограничении этих процессов играют молекулы антигенов?

2. Установите соответствие между характеристикой стволовой клетки и ее типом, отметив в столбце буквой Э – эмбриональные стволовые клетки, а буквой С – соматические.

№	Характерная особенность	Тип клеток: Э/С
1	2	3
1	Способны дать начало любым клеткам организма	
2	Способны дать начало только некоторым клеткам организма	

1	2	3
3	На мембранах есть антигены гистамина	
4	На мембранах нет антигенов гистамина	
5	В основном находятся в красном костном мозге	
6	Входят в состав бластулы в качестве бластомеров	
7	Могут курсировать по организму	
8	Входят в состав эктодермы и энтодермы, еще до формирования мезодермы	
9	Составляют 1 к 10 000 относительно других клеток организма	
10	Составляют 1 к 1 000 000 относительно других клеток организма	
11	Составляют полностью все клетки организма на данной стадии	
12	Количество делений теоретически НЕ ограничено	
13	Количество делений теоретически ограничено	

Оценка

1. Напишите реферат о применении стволовых клеток.

2. Обсудите две полярные точки зрения: 1) применение эмбриональных стволовых клеток более предпочтительно и 2) применение эмбриональных стволовых клеток менее предпочтительно. Приведите максимальное количество аргументов в пользу обеих точек зрения.

§ 24. Практическое применение стволовых клеток. Этический аспект

Цель изучения этой темы: объяснить процесс практического применения стволовых клеток.

*Что такое **стволовые клетки**? Какие типы стволовых клеток существуют? Чем отличаются эмбриональные и соматические стволовые клетки? Для чего они нужны в организме и как могут применяться?*



Что нужно повторить для успешного изучения темы? Предыдущий параграф.

Перспективы применения стволовых клеток. Благодаря успешной разработке методов выделения и длительного культивирования стволовых клеток были открыты широкие перспективы для применения их

в медицине. Последние достижения современной биотехнологии и генной инженерии привели к прорыву в мировой науке и медицине. Посредством пересадки стволовых клеток стало возможным излечивать тяжелейшие недуги, «выращивать» поврежденные органы.

В отличие от обычных клеток, выполняющих строго определенные функции в организме, стволовые клетки обладают возможностью становиться любыми клетками, т. е. приобретать в ходе развития специализацию. Они – универсальный строительный материал, из которого при умелом генетическом манипулировании и соответствующем функциональном и анатомическом окружении «произрастет все что угодно» (нужное организму) – от нейронов мозга до клеток тканей, выстилающих кишечник.

Заменить «ленивые», ветхие или больные клетки организма, чтобы продолжить активную жизнь, помогает искусственное внесение стволовых клеток в организм. Уже сегодня ученые могут получать стволовые клетки, культивировать и направлять их по «нужному пути». Благодаря достижениям в области клеточной медицины перспективы терапевтического использования стволовых клеток становятся практически безграничными. Появилась реальная надежда на излечение огромного количества самых разнообразных заболеваний. Уникальность и универсальность стволовых клеток заключается в том, что они сами находят дорогу к местам повреждений в организме. С годами количество этих клеток снижается, потенциал их также угасает. Тем не менее, пока жив человек, живы его стволовые клетки, их можно выделить даже у очень пожилых людей и вырастить в стерильных лабораторных условиях.

Проблемы применения стволовых клеток можно условно поделить на два аспекта: 1) отсутствие четких и окончательных выводов по безопасности применения стволовых клеток и 2) *этический аспект* – во многих странах применение эмбриональных стволовых клеток нерожденных организмов приравнивается к акту убийства и поэтому осуждается и религией, и законодательством. Рассмотрим каждую из представленных проблем.

Последние исследования ученых выявили, что дифференцированные клетки грызунов и человека могут быть перепрограммированы путем трансдукции генов, кодирующих факторы транскрипции эмбриональных стволовых клеток, в плюрипотентные клетки, аналогичные эмбриональным стволовым клеткам. Такие перепрограммированные клетки были названы *индуцированными плюрипотентными*¹² *стволовыми клетка-*

¹² Плюрипотентные клетки дифференцируются в любые другие клетки организма, кроме внезародышевых органов (таких как плацента, желточный мешок). Противопоставляются тотипотентным клеткам, способным дифференцироваться во все клетки, в том числе клетки плаценты и т. д.

ми. Их обнаружение открыло новую эру в изучении стволовых клеток и их применении.

Несмотря на то что исследования в области стволовых клеток являются перспективным направлением современной медицины, нельзя сказать, что все ученые его поддерживают. Каждый год в ходе исследований раскрываются новые секреты, которые порождают новые загадки. Не все эксперименты со стволовыми клетками дают безупречные результаты. Все чаще задается вопрос: «Стволовые клетки – панацея ли это от всех недугов или величайшее заблуждение лучших умов медицинской науки?» Опыты над животными подтверждают, что с помощью этих «чудо-клеток» можно лечить злокачественные опухоли, воспаление суставов, болезни печени, сердца, желудка. Тем не менее есть ученые, которые весьма сдержанно высказываются об использовании их при нынешнем уровне знаний. На сегодня нет единой общепринятой, устоявшейся методики, которая показала бы себя в массовом применении и дала гарантированно положительный 100%-ный результат. Влияние чужеродных (эмбриональных) стволовых клеток на организм до конца не изучено. Многие авторитетные медики и ученые предлагают лечить стволовыми клетками только тех, у кого нет другого шанса спасти свою жизнь. Хотя применением собственных стволовых клеток, извлеченных из организма пациента и культивируемых в условиях лаборатории, а затем «возвращенных» в организм, считается более безопасным.

Этический аспект связан прежде всего с использованием эмбрионального материала *фетальных стволовых клеток*, что негативно воспринимается религией, поскольку источником их получения являются медицинские аборт. Вопрос о том, является ли аборт санкционированным убийством еще нерожденного человека, вызывает среди людей горячие споры. Представители противников и сторонников абортов из разных стран, религиозных и социальных групп постоянно горячо дискутируют по этому поводу, вплоть до прямых столкновений. На международном уровне нет единых законодательных инициатив, которые были бы приняты, как минимум, странами – членами ООН. Во многих государствах применение эмбриональных клеток запрещено по морально-этическим или религиозным соображениям.

Данный вопрос может решиться, если будет отработана технология забора стволовых клеток из пуповины и частей плаценты, или из погибших эмбрионов – результатов выкидышей. Такие материалы поступают на утилизацию из родильных домов. После каждого благополучно принятых родов остаются эмбриональные оболочки, ткани плаценты, фрагменты пуповины. Мы уже не говорим о спонтанном прерывании бере-

менности (выкидышах), которые, несмотря на все усилия медиков, все равно случаются, в том числе и на ранних стадиях беременности. Все эти материалы содержат стволовые клетки. Но методика очистки и извлечения активных стволовых клеток из таких образцов для широкого применения пока не отработана. Существует вероятность, что в перспективе именно такого рода манипуляции лягут в основу исследований, посвященных применению эмбриональных стволовых клеток, и это не будет противоречить религиозным и морально-этическим нормам.

Индукцированные плюрипотентные стволовые клетки, фетальные стволовые клетки.



Знание и понимание

1. Объясните, почему важно изучать применение стволовых клеток в медицинской практике.
2. Опишите медицинские проблемы, которые пытаются решать с использованием стволовых клеток.

Применение

1. Сравните применение соматических и эмбриональных стволовых клеток с точки зрения медицины, с морально-этической и религиозной точек зрения.
2. Назовите причины, по которым во многих странах запрещено применение эмбриональных стволовых клеток.

Анализ

1. Проанализируйте, почему с медицинской точки зрения применение эмбриональных стволовых клеток не считается абсолютно безопасным.
2. Выскажите ваше мнение, почему при применении эмбриональных стволовых клеток, «встраиваемых» на место поврежденных клеток взрослого организма, вопрос о том, что чужие стволовые клетки обладают собственным геномом, гены которого могут и должны отличаться от генов организма-реципиента, не является первостепенным.

Синтез

1. Порассуждайте, почему до сих пор не имеет широкого массового применения технология «пересадки» или «подсадки» собственной подготовленной соматической стволовой клетки в ячейку свежееудаленного зуба, хотя об успешной апробации данной технологии было заявлено около 15 лет назад.

2. Смоделируйте ситуацию: *«В ближайшем будущем будут организованы и проведены широкомасштабные успешные исследования по применению эмбриональных стволовых клеток медицинских материалов, не являющихся результатами абортов».*

Поможет ли это дать ответ на вопрос: «Стволовые клетки – панацея или медицинское заблуждение»?

Оценка

1. Устройте дебаты по резолюции: «Применение эмбриональных стволовых клеток НЕ может быть опасно» – ОПРОВЕРЖЕНИЕ, «Применение эмбриональных стволовых клеток МОЖЕТ быть опасно» – УТВЕРЖДЕНИЕ.

2. Оцените возможные медицинские, экономические, морально-этические и социальные последствия широкого применения стволовых клеток на нынешнем уровне развития науки и технологии без дополнительных исследований.

Заключение по разделу «Рост и развитие»

Стволовыми называются несформировавшиеся клетки, которые пока не получили свою *специализацию*, характерную для клеток многоклеточных организмов. У человека, как и у других высших животных, клетки разных тканей и органов имеют свои особенности строения и физиологии. Так клетки мышц отличаются от клеток мозга или хрящей. При этом генетика (хромосомы и составляющие их гены) у всех клеток одного организма одинакова. **Специализация**, или **дифференциация**, – процесс приобретения клеткой особенностей, характерных для определенных тканей и органов. В процессе эмбрионального развития клетки дифференцируются и специализируются. Ученые выделяют **эмбриональные** и **соматические** стволовые клетки, отличающиеся по ряду характеристик.

Эмбриональные стволовые клетки обладают большей *пластичностью*, т. е. способны преобразоваться в любой тип клеток организма. Их способность к размножению считается неограниченной. На мембранах этих клеток отсутствуют *антигены гистосовместимости*, из-за чего они, не вызывая аллергических реакций, могут «встроиться» в организм реципиента.

Соматические стволовые клетки находятся в организме у любого человека от рождения и до смерти. Они расположены в красном костном мозге (в основном) или в иных тканях организма, например в его жидких средах. Процесс кроветворения без соматических стволовых клеток вообще невозможен. Поэтому, несмотря на то что с возрастом количество соматических стволовых клеток постоянно снижается, полностью из организма они никогда не исчезают.

Перспективы применения стволовых клеток для лечения болезней и увеличения сроков жизни исследуются современной медицинской и биологической наукой. Несмотря на некоторые успехи в данной области, на сегодня нет медицинской технологии полного восстановления тканей или органов с помощью стволовых клеток, которая давала бы 100%-ный положительный результат.

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ДИДАКТИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ЗА I ПОЛУГОДИЕ

1. Установите соответствие между термином и его характеристикой, вписав ответ в таблицу.

Термин	Характеристика
А) антитело	1) чужеродные белки или чужеродная ДНК – целые молекулы или их фрагменты
В) агглютинация	2) γ -глобулин
С) антиген	3) вирусы, бактерии или их яды
	4) особые иммунные белки
	5) процесс склеивания эритроцитов при переливании крови не той группы
	6) результат «работы» некоторых групп лейкоцитов
	7) пыльца растений, белки или фрагменты нуклеиновых кислот цитрусовых, какао, клубники и т. д.
	8) интерферон

А				В		С	

2. Внимательно рассмотрите рисунок. Обозначьте на рисунке следующие элементы:



- антитело специфическое;
- антиген;
- интерферон (антитело неспецифическое);
- лимфоцит;
- специфический иммунный ответ;
- неспецифический иммунный ответ;
- процесс формирования антитела;
- реакция «антиген – антитело» (тканевый иммунитет);
- фагоцитоз (клеточный иммунитет).

3. Вставьте пропущенные слова или словосочетания в предложения, характеризующие работу ферментов.

1) Все (или подавляющее большинство) ферментов в живых системах по химической природе _____, но не все _____ ферменты.

2) Ни одна живая система не обходится без _____ и без _____ ими реакций.

3) Вещество, вступающее во взаимодействие с ферментом, называется _____. Результат ферментативной, как и любой другой химической реакции, называется _____.

4) Если молекулы фермента и субстрата непосредственно не соприкасаются, то протекание ферментативной реакции _____.

5) Если реакция является ферментативной, или каталитической, то без фермента (при изменении иных условий, таких как повышение температуры или давления, увеличение концентрации веществ или площади их соприкосновения) образование продукта реакции _____.

6) Если реакция НЕ является ферментативной, или каталитической, то без фермента (при изменении иных условий, таких как повышение температуры или давления, увеличение концентрации веществ или площади их соприкосновения) образование продукта реакции _____, скорость этого процесса _____.

7) Количество субстратов, с которыми способны связываться (взаимодействовать) ферменты, – это _____ вещество, или же _____ количество веществ.

8) Многие ферментативные реакции в сухих веществах вообще _____.

9) Если некая химическая реакция НЕ является каталитической, она без фермента _____.

10) Наличие фермента всегда будет _____ энергозатраты катализируемой реакции и (или) _____ ее скорость.

11) Без _____ даже самые примитивные из бактерий не могут обеспечить свою жизнедеятельность.

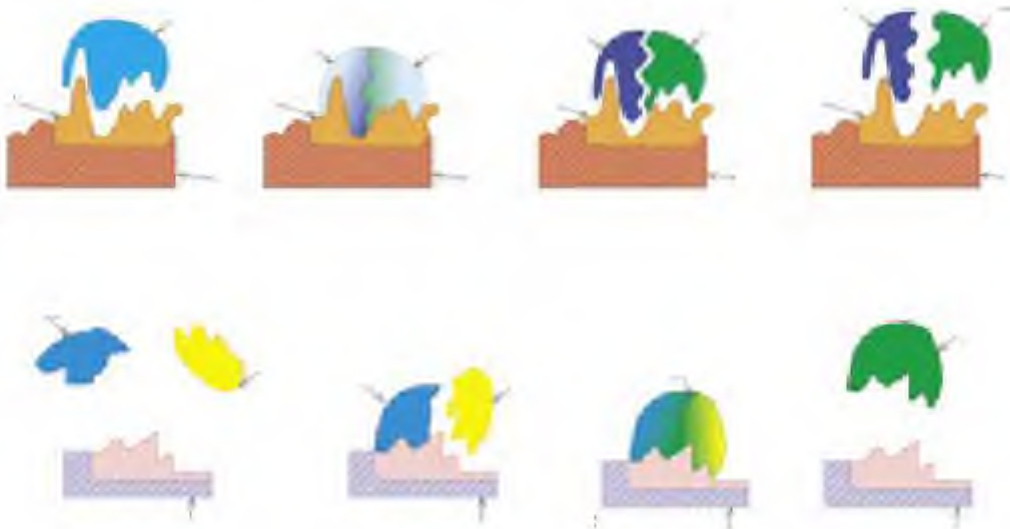
12) Наименее активная часть молекулы фермента, не связывающаяся непосредственно с субстратом, точно НЕ является _____.

13) Наиболее активная часть молекулы фермента, связывающаяся непосредственно с субстратом, называется _____.

14) Часть фермента, выполняющая в большей степени опорную и стабилизирующую функцию, как правило, состоит только из остатков _____ видов _____.

15) Часть фермента, включающая в себя иные химические компоненты, кроме аминокислот, такие как металлы, витамины или другие сложные вещества, называется _____ _____.

4. Укажите на рисунке-схеме следующие элементы и обозначьте их терминами.



- 1) активный центр фермента;
- 2) субстрат;
- 3) продукт реакции
- 4) фермент-субстратное взаимодействие,
- 5) неактивная часть фермента.

транскрипции только эукариот, знаком «О» – являющиеся общими для этих групп организмов, знаком «-» – не характерные ни для кого (ни для прокариот, ни для эукариот).

Характеристика	П, Э, О или «-»
1. Синтез иРНК по матрице ДНК	
2. Происходит в ядре	
3. Происходит в цитоплазме	
4. Матрица – одна из цепей двуспиральной молекулы ДНК	
5. Матрица – линейная ДНК	
6. Матрица – кольцевая ДНК	
7. Транскрипция и трансляция могут быть объединены во времени	
8. Транскрипция и трансляция могут быть объединены в пространстве	
9. Транскрипция и трансляция одного гена всегда объединены во времени	
10. Транскрипция и трансляция одного гена всегда объединены в пространстве	
11. Транскрипция и трансляция всегда разделены во времени	
12. Транскрипция и трансляция всегда разделены в пространстве	
13. иРНК (транскрипт) может включать в себя все гены	
14. иРНК (транскрипт) может включать в себя несколько генов	
15. иРНК (транскрипт) может включать в себя только один ген	
16. Матричный процесс	

8. Определите, кто является матрицей для следующих процессов:

- 1) репликация;
- 2) транскрипция;
- 3) трансляция.

Заполняя второй столбец таблицы, имейте в виду, что отдельные вещества в первом столбце могут являться матрицей для нескольких процессов или ни для одного из них.

№ 1	№ 2
ДНК	
иРНК	
тРНК	
рРНК	
Белок	
Аминокислота	

9. Установите соответствие между участником процесса трансляции, его ролью или характеристикой, поставив напротив соответствующие цифры (помните, что задания, обозначенные звездочкой (*), выходят за рамки данного курса, заполняются только желающими учащимися и оцениваются отдельной оценкой).

Участник процесса	Его роль или характеристика	
ДНК иРНК тРНК АТФ рРНК Аминокислота Белок	1. Конечный продукт реализации наследственной информации	2. Результат транскрипции
	3. Самый «легкий» вид РНК, наименьшее количество нуклеотидов в молекуле*	4. Переносит информацию из клетки в клетку
	5. Содержит кодон	6. Активирует мономеры энергетически (часто переводя их в трифосфатную форму)
	7. Обеспечивает процессы запасаения и синтеза энергии	8. Результат трансляции
	9. Содержит антикодон	10. Самый «тяжелый» – большой вид РНК*
	11. Матрица для синтеза кодонов	12. Сам(-а) соединяется с АК
	13. Соединяет АК между собой	14. Является ферментами многих клеточных процессов
	15. Переносит информацию в следующие поколения	16. Переносит информацию к рибосомам
	17. Мономер конечного продукта реализации наследственной информации	18. Переносит аминокислоту к месту синтеза белка

10. Установите соответствие между свойствами генетического кода и их характеристикой. Заполните соответствующую таблицу.

Свойство	Характеристика
А) универсальность	1) Одна аминокислота кодируется более чем одним триплетом
В) вырожденность	2) Одни и те же триплеты кодируют одни и те же аминокислоты у всех живых организмов
С) неперекрываемость	3) Каждый из последовательно расположенных нуклеотидов в цепи ДНК всегда принадлежит только одному триплету и никогда соседнему
Д) однозначность*	4) Три нуклеотида ДНК кодируют одну аминокислоту
Е) триплетность	5) Один триплет (определенный) может кодировать только одну аминокислоту (определенную) и никогда иную

А	В	С	Д*	Е

11. Вставьте недостающие элементы в схему, основанную на *центральной догме молекулярной биологии*.

ДНК → ? → ? → белок
 ? → кодон → антикодон → ?

12. Установите соответствие между частями и структурами, входящими в состав хлоропласта, сопоставив их и соотнеся с их характеристиками. Ответ внесите в таблицу.

Часть хлоропласта	Структуры	Характеристика структур в составе хлоропласта	
I. Наружная мембрана II. Внутренняя мембрана III. Жидкая внутренняя среда хлоропласта	А. Ламеллы	1) Расположение ферментов темновой фазы	10) Центр – место световых реакций фотосинтеза
	В. Хлорофилл	2) Структура, кодирующая состав собственных белков хлоропласта	11) Центр – место темновых реакций фотосинтеза
	С. Кольцевая ДНК	3) Содержат хлорофилл	12) Барьер, через который результаты фотосинтеза поступают к другим частям клетки

	D. Строма	4) Цитоплазматическая наследственность	13) Расположены цепи молекул – переносчиков электронов
	E. Граны или тилакоиды гран	5) Вячивания внутренней мембраны, образующие стопочки	14) Результатом транскрипции кольцевой ДНК могут являться
	F. Разные виды РНК пластиды	6) Протекают реакции цикла Кальвина	15) Место фотофосфорилирования
	G. Рибосомы	7) Матрица для синтеза РНК стромы	16) Место фотофокарбоксилирования
	H. Гладкая мембрана	8) Через нее проходит кислород и углекислый газ, чтобы попасть в(из) атмосферу(ы)	17) Непосредственно осуществляют процесс трансляции белков пластиды
		9) Мембранные «мостики» между гранами	18) Отделяет от цитоплазмы

Таблица ответов (следует помнить, что одна римская цифра может соответствовать нескольким буквам, но не может не соответствовать ни одной из них. Каждой букве соответствует, как минимум, одна и, как максимум, множество арабских цифр).

Часть хлоропласта	I	II			III		
Структуры							
Характеристика							

13. Составьте рисунок, отразив на нем следующие элементы, и обозначьте их терминами:

- 1) хлорофилл;
- 2) граны;
- 3) строма;
- 4) ламеллы;
- 5) кольцевая ДНК;
- 6) рибосомы хлоропласта.

14. Установите соответствие между типами пластид и их характеристиками.

Тип пластид	Характеристика
I. Хлоропласты II. Хромопласты III. Лейкопласты	1) Содержатся в надземных вегетативных органах большинства растений
	2) Содержат каротиноиды
	3) Накапливают крахмал
	4) Содержат хлорофилл
	5) Световые и темновые реакции фотосинтеза
	6) Основной процесс синтеза и ассимиляции полисахаров
	7) Конечный этап жизни пластиды
	8) Часто содержатся в клубнях, сердцевине стебля, семенах
	9) Часто содержатся в зрелых плодах, лепестках, осенних листьях

Таблица ответов

Тип пластид	I	II	III
Характеристика			

15. Установите верную последовательность событий, происходящих в световой фазе, распределив их по процессам фотофосфорилирования, фотолиза и их результатов.

15а

I. Характеристика процессов световой фазы	1) взаимодействие света и хлорофилла; 2) разложение воды под действием света; 3) присоединение фосфатной группы к АДФ; 4) электролитическая диссоциация за счет световой энергии; 5) формирование энергетического трифосфатного нуклеотида; 6) разложение; 7) соединение; 8) потеря заряженного энергией электрона; 9) синтез АТФ
---	---

Фотофосфорилирование	Фотолиз

II. Последовательность стадий (Для выполнения задания первоначально необходимо разделить все перечисленные события на два столбца: фотофосфорилирование и фотолиз, а уже затем выстроить их в верной последовательности, характерной для каждого процесса в отдельности.)

- 1) К АДФ присоединяется фосфат, формируется энергоемкая молекула АТФ.
- 2) Четыре группы ОН объединяются и формируют две молекулы воды и одну молекулу кислорода.
- 3) Отнятая у электрона энергия передается на молекулы, отвечающие за синтез АТФ.
- 4) Кислород выделяется сначала из хлоропласта в цитоплазму, а затем из клетки в атмосферу.
- 5) Попадание кванта света на молекулу хлорофилла (вспомогательных пигментов).
- 6) Молекула воды диссоциирует под действием света на H^+ и OH^- .
- 7) Электрон, отдавший энергию, покидает цепь молекул-переносчиков и соединяется с НАДФ·Н⁺.
- 8) Электрон попал на цепь молекул-переносчиков.
- 9) Образуется НАДФ·Н, не имеющая заряда.
- 10) Группа OH^- теряет электрон, который идет на восстановление молекулы хлорофилла.
- 11) Зарядившийся энергией электрон покинул молекулу пигмента.
- 12) Группа ОН перестает быть отрицательно заряженной и становится нейтральной.

Фотофосфорилирование		
Фотолиз		

15в

Результаты различных этапов световой фазы.	<ol style="list-style-type: none"> 1) АТФ; 2) O_2; 3) НАДФ·Н; 4) НАДФ·Н⁻; 5) восстановленный хлорофилл
--	---

Стадии	Фотофосфорилирование	Фотолиз
Отдельный результат каждого этапа		
Результат взаимодействия подстадий световой фазы		

16. Рассмотрите схему. Ответьте на вопросы.



1. Что такое *фотолиз*?
2. На какие компоненты разлагается молекула воды?
3. Для чего используется электрон, отнятый у водорода при разложении воды?
4. Куда поступает НАДФ-Н после соединения с электроном, поступившим из хлорофилла?
5. Откуда берется молекулярный кислород, поступающий в атмосферу?
6. Для чего необходимо постоянно доставлять электроны в хлорофилл?
7. Какой важнейший процесс световых реакций не проиллюстрирован?

17. Определите последовательность реакций, протекающих в темновой фазе фотосинтеза, если началом цикла считать фиксацию молекулы углерода атмосферы.

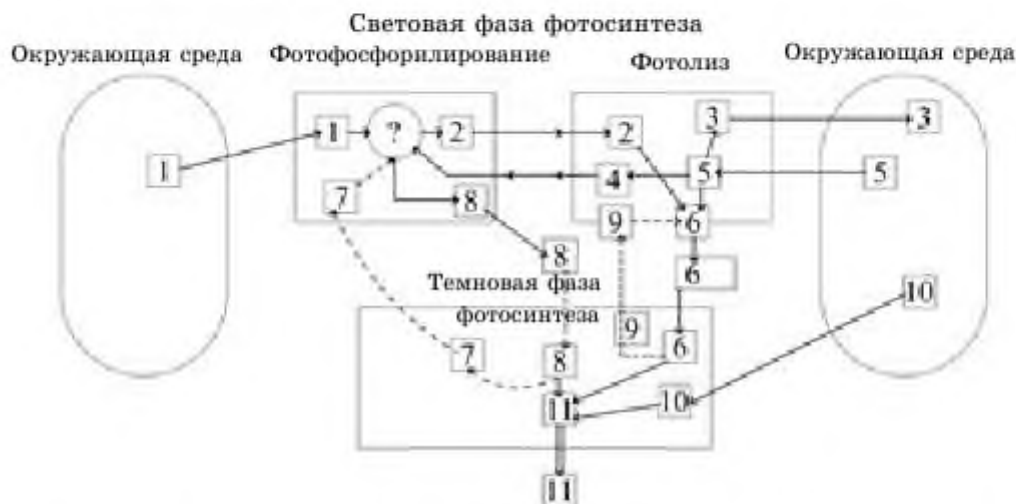
- 1) Образование двух молекул C_3 -соединений.
- 2) Выход из цикла готовой молекулы глюкозы.
- 3) Образование дифосфатного пятиуглеродного соединения за счет энергоемкого фосфата АТФ, поступившего из световой фазы.

4) Присоединение CO_2 к пятиуглеродному дифосфатному сахару.

5) Последовательные ферментативные реакции взаимопревращения углеводов цикла с использованием энергии АТФ и водорода от НАДФ·Н



18. Покажите взаимосвязь всех этапов фотосинтеза между собой и с окружающей средой, отразив взаимопоступление веществ. Вставьте в схему (или отразите в таблице ответов) вместо номеров названия соответствующих компонентов (веществ и энергии).



Перечень участников процесса фотосинтеза: O_2 , CO_2 , H_2O , $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$, НАДФ·Н с плюсом и без, НАДФ, e^- (электрон), АТФ, АДФ, квант света.

Таблица ответов

№ в схеме	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Участник											

19. Сравните фазы фотосинтеза, отметив знаком «+» соответствующий признак.

Признак	Световая	Темновая
1	2	3
1) Необходим хлорофилл		
2) Необходим CO_2		

1	2	3
3) Необходима вода		
4) Необходима АТФ		
5) Необходима АДФ		
6) Необходим свет		
7) Образуется глюкоза		
8) Образуется Н		
9) Образуется АТФ		
10) Происходит днем и ночью		
11) Происходит только днем		
12) Выделяется O_2 в атмосферу		
13) Включается фотолиз		
14) Необходимы ферменты цикла Кальвина		
15) Осуществляется поток электронов по цепи молекул-переносчиков		
16) Происходит карбоксилирование		
17) Происходит фосфорилирование		

20. Ответьте на вопросы.

1. Откуда хлорофилл постоянно получает дополнительные электроны? _____

2. Что происходит с молекулой хлорофилла после его взаимодействия со светом? _____

3. Для чего нужна цепь переносчиков электронов? _____

4. Почему световую фазу часто называют фотофосфорилированием? _____

5. Что происходит с электроном хлорофилла после того, как он «обессилел», т. е. отдал энергию? _____

6. Какие два соединения обязательно должны поступить из световой фазы в темновую? _____

21. Распределите термины в соответствии с их причастностью к фазам фотосинтеза.

Световая фаза _____

Темновая фаза _____

Термины: АТФ образуется; АТФ используется; АДФ образуется; АДФ используется; H^+ образуется; H^+ используется; НАДФ·Н образуется; НАДФ·Н используется; $C_6H_{12}O_6$; свет или солнце; O_2 ; H_2O ; электрон или e^- ; цикл Кальвина.

22. Установите соответствие между термином и его характеристикой. Имейте в виду, что часть терминов обозначают одинаковые биологические объекты и следует сосредоточиться на буквальном их понимании, т. е. лексическом значении. Ответы впишите в таблицу ответов. Помните, что одному термину могут соответствовать несколько характеристик.

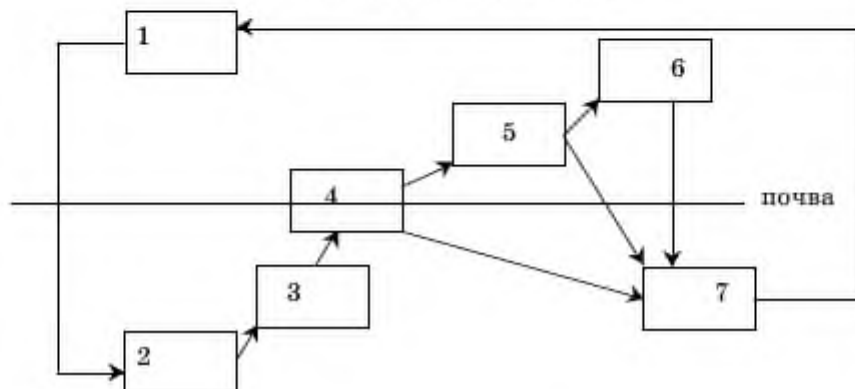
Термин	Характеристика
А) автотрофы;	1) Бактерии, в качестве побочного продукта разложения перекиси водорода образуют болотные руды.
В) хемотрофы;	2) Бактерии, использующие минералы, извлекаемые ими из земной коры.
С) хемосинтетики;	3) Бактерии, образующие симбиоз с корнями растений семейства бобовых.
Д) литотрофы;	4) Все организмы, не нуждающиеся в готовой органике и способные самостоятельно ее синтезировать из неорганических соединений.
Е) азотобактерии;	5) Группа бактерий, «питающаяся» химической энергией.
Ф) метанобактерии;	6) Клубеньковые бактерии, обеспечивающие обилие белков и нуклеиновых кислот во всех живых организмах через усвоение нужного элемента.
Г) железобактерии	7) Бактерии, способные разлагать сульфидные минералы.
	8) Их штаммы специально выращивают, чтобы они участвовали в процессе обогащения руды как в Казахстане, так и в Германии, Франции и т. д.
	9) Бактерии – эффективные производители для получения биогаза из отходов (гниющей органики).
	10) Группа бактерий, извлекающая энергию исключительно за счет химических реакций синтеза неорганических веществ.
	11) С их помощью обогащают руды марганца и не только

Таблица ответов

A	B	C	D	E	F	G				

23. Вставьте в квадратiki к цифрам соответствующие буквы.

Схема круговорота азота



- A – зеленые растения;
- B – травоядные животные;
- B – азот атмосферы;
- Г – хищные животные;
- Д – азотфиксирующие бактерии;
- Е – денитрофицирующие почвенные бактерии;
- Ж – аммиачные соединения в почве.

24. Заполните таблицу. Сравните способы получения энергии.

Процесс	Автотроф или гетеротроф	Источник энергии	Необходимы ли организму БЖУ	Каким организмам соответствует	Роль в природе
Фотосинтез					
Хемосинтез					

25. Сравните разные типы мембранного транспорта, указав знаками «+» или «-» характеристику этих явлений.

Признак	Фагоцитоз	Пиноцитоз	Диффузия, или осмос	Мембранные каналы
Пассивный транспорт – энергия АТФ не затрачивается				
Активный транспорт – энергия АТФ затрачивается				
Происходит по градиенту концентрации				
Происходит против градиента концентрации				
Транспортируются отдельные ионы				
Транспортируются только жидкости				
Транспортируются только твердые вещества				
Сама мембрана выпячивается				
Сама мембрана впячивается				
Используются ложноножки				
Так транспортируется дистиллированная вода				
«Работают» только крупные белковые молекулы				

26. Закончите предложение, вставив недостающие термины.

1) Свободное пространство между клеточными стенками растений, не заполненное межклеточным веществом, или межклеточной жидкостью, называется _____.

2) Совокупность цитоплазм растительных клеток называют _____.

3) Жидкость из цитоплазмы одной клетки растительного организма попадает в цитоплазму соседних клеток через поры, _____ или _____ тяжи.

4) Поступление жидкости из вакуоли одной клетки в вакуоль, находящуюся в другой клетке, называется _____.

5) В первую очередь при вакуолярном транспорте необходимо преодолеть оболочку (мембрану) самой вакуоли – _____.

6) При вакуолярном транспорте, преодолев мембрану вакуоли, жидкость окажется в _____ клетки. И это будет уже _____ путь. А после преодоления наружной клеточной мембраны жидкость попадет в межклеточное пространство, и это будет уже _____ путь.

27. Установите соответствие.

Тип транспорта	Характеристика
А – апопласт В – вакуолярный транспорт С – симпласт	1) Транспорт через тонопласт.
	2) Транспорт по плазмодесмам, цитоплазматическим тяжам, или порам в плазмолемме.
	3) Транспорт за пределами клеточных стенок.
	4) Наиболее эффективный путь транспорта веществ.
	5) Наименее эффективный транспортный путь (порядка 5%).
	6) Средний по эффективности транспортный путь, хотя иногда его доля может быть значительна, но она никогда не превышает 50%.
	7) Этот путь лучше развит у взрослых древесных форм за счет сформировавшихся толстых клеточных стенок и крупных полостей между ними.
	8) Транспортный путь, по которому проходит от 50% веществ и возможно больше.

Таблица ответов

Тип транспорта	А	В	С
Характеристика			

28. Определите, в каком направлении будет двигаться вода, указав его стрелками (\rightarrow или \leftarrow), в зависимости от имеющихся условий в двух системах № 1 и № 2.

Условия в системе № 1	Направление движения воды	Условия в системе № 2
$\psi_B = 0$		$\psi_B = -1$
$\psi_B = -2$		$\psi_B = -3$
Дистиллированная вода		Физиологический раствор
Солевой раствор концентрацией 3%		Солевой раствор концентрацией 2%
Клеточный сок $\psi_B = -0,1$		Цитоплазма $\psi_B = -0,5$
Цитоплазма $\psi_B = -0,3$		Окружающая среда $\psi_B = -0,2$
Цитоплазма $\psi_B = -0,2$		Клеточный сок $\psi_B = -0,3$
Клетка мякоти листа с давлением в цитоплазме 700 Па		Клетка мякоти листа с давлением в цитоплазме 600 Па

29. Определите, исходя из имеющихся данных, какая из клеток будет находиться в состоянии полного тургора. Обозначьте ее знаком «+», а ту клетку, в которой тургор отсутствует, обозначьте знаком «-».

Тургор или его отсутствие	Водный потенциал ψ_B		
	Окружающая среда	Клеточный сок	Цитоплазма
	$\psi_B = -0,1$	$\psi_B = -0,2$	$\psi_B = -0,4$
	$\psi_B = -0,5$	$\psi_B = -0,3$	$\psi_B = -0,7$

30. Установите соответствие между гипотетическими данными водных потенциалов и концентрациями солей в растворах, но имейте в виду, что какие-то из значений водного потенциала не будут подходить ни к одному из значений солевых растворов, а какое-то из значений может подходить к нескольким.

Значения водного потенциала ψ_B									
$\psi_B = -4$	$\psi_B = -6$	$\psi_B = -8$	$\psi_B = -1,5$	$\psi_B = -2$	$\psi_B = 0$	$\psi_B = -0,1$	$\psi_B = -1$	$\psi_B = -1,5$	$\psi_B = -5$

Таблица растворов

Растворы	Дистиллят	Концентрация солей в %				
		0%	0,9%	2%	5%	20%
NaCl						
Водный потенциал						

31. Установите соответствие между компонентами гипотетической системы управления и реальными структурами организма человека и высших животных. Данные запишите в таблицу ответов.

Компоненты управления	Структуры организма
А) Средство (структура) для сбора данных В) Средство (структура) обработки и передачи информации С) Структура, формирующая команды	1) Фоторецепторы глаза
	2) Центробежный (эфферентный) или двигательный нейрон
	3) Гипофизарно-гипоталамическая система
	4) Гормоны в крови
	5) Хеморецепторы гипофиза, улавливающие количество гормонов других желез, например тироксина
	6) ЦНС – спинной или головной мозг
	7) Дыхательный центр в продолговатом мозге
	8) Хеморецепторы в аорте и крупных артериях, реагирующие на концентрацию CO_2 в крови
	9) Центростремительный (афферентный) или чувствительный нейрон

Таблица ответов

А			В			С		

32. Соподчините биологические системы, выстроив их в порядке возрастания – от наименьшей до наибольшей.

№	Биологическая система
1	Популяция волков Северного Казахстана
2	Биогеоценоз
3	Митохондрии

4	Соединительная ткань
5	Сердце
6	Клетка поперечнополосатой мышечной ткани
7	Все растения лесного массива Бурабай
8	Биосфера
9	Вид – тюльпан Грейга
10	Пищеварительная система



33. Постарайтесь составить произвольную схему изменений, происходящих в организме при повышении физической нагрузки, выбирая понятия из перечня.

- 1) выброс адреналина;
- 2) усиление энергетического обмена;
- 3) закисление крови от поступления CO_2 ;
- 4) активизация симпатических нервных центров;
- 5) повышение кровяного давления;
- 6) учащение сердцебиения;
- 7) сужение периферических кровеносных сосудов и расширение коронарных;
- 8) усиление потоотделения;
- 9) перевод гликогена в глюкозу;
- 10) повышенное потребление O_2 .

34. Знаком «+» отметьте в таблице изменения, происходящие в организме млекопитающих и человека при изменении t окружающей среды.

Изменения	Понижение t	Повышение t
1. Усиление потоотделения		
2. Вздвигание волос		
3. «Гусиная кожа»		
4. Расширение капилляров кожи		
5. Сужение капилляров кожи		
6. Усиление обмена веществ		
7. Учащенное дыхание у собак (с открытым ртом)		
8. Накопление жира		

Изменения	Понижение t	Повышение t
9. Резкое увеличение расхода глюкозы		
10. Понижение обмена веществ		
11. Непроизвольное частое сокращение скелетных мышц		
12. Сворачивание «в клубок» у кошек и собак		
13. Обильное потребление воды		

35. Установите соответствие между терминами и их характеристикой (римские цифры) и примерами (арабские цифры).

Теплокровные _____

Холоднокровные _____

I. Организмы с постоянной температурой тела.

II. Организмы с непостоянной температурой тела.

III. Для экономии энергии большинство видов впадает в спячку или снижает активность.

IV. Жизнедеятельность зависит от внешних источников тепла.

1) птицы; 2) растения; 3) земноводные; 4) большинство крупных млекопитающих; 5) рыбы; 6) пресмыкающиеся; 7) мелкие млекопитающие; 8) эктотермные; 9) эндотермные; 10) пойкилотермные; 11) гомойотермные.

V. Некоторые виды могут впадать в спячку, но большинство остается активным.

36. Заполните таблицу, установив соответствие.

Тип гормонов	Характеристика
А – стероидные В – белковые С – производные аминокислот	1) Адреналин
	2) Эстроген, или эстрадиол
	3) Инсулин
	4) Не растворимы в воде, но могут растворяться в эфирах или некоторых спиртах
	5) Меняя полярность наружной мембраны и делая ее проницаемой для определенных веществ (например, ионов), изменяют состояние клетки

6) Тироксин
7) Соматотропин
8) Андрогены, например тестостерон
9) Полимеры, мономерами которых являются аминокислоты
10) Могут воздействовать на ДНК клетки
11) Как правило, имеют самые «легкие» химические формулы, т. е. обладают небольшой молекулярной массой, относительно других видов гормонов
12) Связываются с мембран-рецепторами, находящимися на поверхности клетки
13) Проникают сквозь мембрану как самой клетки, так и его ядра (после связывания с соответствующими молекулами)
14) Пролактин
15) Имеют жироподобную формулу и (или) циклические структуры в своем составе

Таблица ответов

Тип гормонов	А	В	С
Характеристика			

37. Выстройте в верной последовательности механизм действия ауксина на клетки растений, в результате которого происходит рост побегов.

№	Биологическая система
1	Накопление ионов H^+ в пространстве между мембраной и целлюлозной клеточной стенкой и закисление этого пространства.
2	Стимуляция анаболизма, синтез веществ и органондов, входящих в состав клетки.
3	Стимуляция выкачивание H^+ , а именно активирование работы структур, встроенных в мембраны растительных клеток.
4	В клетку закачивается больше воды за счет уменьшения вязкости цитоплазмы, т. е. как результат поглощения воды происходит увеличение размеров – растяжение клетки.

5	В результате повышения кислотности волокна целлюлозы становятся более мягкими, а также (вероятно) разрушаются или размягчаются белковые – пектиновые соединения между волокнами целлюлозы, и клеточная стенка становится более эластичной.
---	--

— → — → — → — → —

38. Соотнесите характеристики и свойства гормонов *ауксина* и *гиббереллина*. Заполните таблицу ответов.

Фитогормон	Свойства и характеристики
А) ауксин	1) Активирует рост боковых побегов <i>только</i> при удалении верхушечной почки.
	2) Никогда «не работает» самостоятельно. Вырабатывается и функционирует в организмах растений только вместе с другими стимулирующими гормонами.
	3) Приводит к завязыванию бессемянных плодов без оплодотворения (партеногенез или партенокарпия).
	4) Чаще подавляет образование боковых побегов (корней), если сохранена центральная верхушечная точка роста.
	5) Стимулирует ветвление и (или) «выход в стрелку» у редиса, моркови и других видов с прикорневой листовой розеткой.
В) гиббереллин	6) Синтетические аналоги в высоких концентрациях могут использоваться как гербициды.
	7) Способствует повышению солода в семенах ячменя, у некоторых видов задерживает старение листьев.
	8) Обеспечивает рост <i>не</i> за счет размножения клеток (зоны деления), а за счет роста уже образовавшихся клеток (зона растяжения).
	9) Возможно (вероятно), действует на генетические процессы внутри ядра клеток.

Таблица ответов

Фитогормон	Номер признака
А) ауксин	
В) гиббереллин	

39. Изобразите процесс гаметогенеза у животных. Впишите название соответствующей зоны.

Зона	Название	Процесс гаметогенеза
I		
II		
III		
IV		

40. Отметьте знаком «+» процессы, соответствующие зонам гаметогенеза. Одной строке может соответствовать несколько плюсов, но не может не соответствовать ни одного.

Процесс	Зоны			
	I	II	III	IV
1. Митоз				
2. Мейоз				
3. Интерфаза между мейозом 1 и мейозом 2				
4. Интерфаза между митозом и мейозом				
5. Гаплоидные клетки				
6. Диплоидные клетки				
7. Специализация клеток				
8. Набор хромосом $2n2c$				
9. Набор хромосом $2n4c$				
10. Набор хромосом $1n2c$				
11. Набор хромосом $1n1c$				
12. Накопление необходимых питательных веществ, особенно у ♀				

41. Установите сходство и различия между процессами оогенеза и сперматогенеза, обозначив знаком «+» соответствующую характеристику в таблице.

Признак	Оогенез	Сперматогенез
1. Образуются подвижные половые клетки.		
2. Образуются клетки с гаплоидным набором хромосом.		
3. Из 1 клетки половой железы образуется 1 функционирующая гамета.		
4. Образуется неподвижная клетка.		
5. Из 1 клетки половой железы образуются 4 функциональные гаметы.		
6. Цитоплазма по дочерним клеткам распределяется равномерно.		
7. Цитоплазма по дочерним клеткам распределяется неравномерно.		
8. Много вспомогательных клеток.		
9. Нет вспомогательных клеток.		
10. Процесс охватывает весь период половой зрелости.		
11. В основном процесс начинается и заканчивается до рождения.		
12. Накапливают много питательных веществ.		

42. Ответьте на вопросы.

- 1) Что такое *процесс оплодотворения*?
- 2) Какая часть сперматозоида проникает за мембрану яйцеклетки в ее цитоплазму?
- 3) В цитоплазме сперматозоидов и спермиев (у растений) есть митохондрии и хлоропласты. В этих органоидах тоже есть ДНК; ее называют «цитоплазматической наследственностью». От кого из родителей потомок будет получать эти органонды и их ДНК?
- 4) В чем особенность партеногенеза?
- 5) Какое потомство можно ожидать у человека, если одновременно два сперматозоида оплодотворили две яйцеклетки?

А

Автотрофы – организмы, использующие для построения своего тела CO_2 в качестве единственного или главного источника углерода и обладающие как системой ферментов для ассимиляции CO_2 , так и способностью синтезировать все компоненты клетки.

Адаптация – процесс привыкания.

Аденозиндифосфат (АДФ) – нуклеотид, состоящий из аденина, рибозы и двух остатков фосфорной кислоты.

Аденозинмонофосфат (АМФ) – нуклеотид, состоящий из аденина, рибозы и одного остатка фосфорной кислоты.

Аденозинтрифосфат (АТФ) – нуклеотид, содержащий аденин, рибозу и три остатка фосфорной кислоты.

Адреналин – гормон мозгового слоя надпочечников.

Азотфиксация – усвоение молекулярного азота воздуха азотфиксирующими бактериями с образованием соединений азота, доступных для других организмов.

Актин – белок мышечных волокон.

Аллель – вариант гена, контролирующий одно из проявлений признака.

Альbedo – это разница между количеством отраженной от поверхности солнечной энергии к количеству падающей на него энергии.

Альтернативный – допускающий одну из двух или нескольких возможностей.

Аминокислоты – органические кислоты; основной элемент построения растительных и животных белков.

Амитоз – прямое деление клетки путем перетяжки без образования хромосом, вне митотического цикла.

Анаэробы – организмы, живущие при отсутствии кислорода.

Андрогенез – форма размножения организмов, при которой в развитии зародыша участвует мужское ядро, привнесенное в яйцо сперматозоидом, а женское – не участвует.

Антибиотики – органические вещества, образуемые микроорганизмами и обладающие способностью убивать или подавлять развитие других микроорганизмов.

Антигены – вещества, воспринимающиеся организмом как чужеродные и вызывающие специфическую иммунную реакцию.

Антитела – глобулярные белки, специфически связывающиеся с чужеродными веществами (антигенами) и обеспечивающие иммунитет.

Аутосомы – неполовые хромосомы, одинаковые у обоих полов.

Б

Бактерии – микроорганизмы с прокариотным типом строения клетки.

Бактериофаги – вирусы бактерий.

Бациллы – любые бактерии палочковидной формы.

Бесполое размножение – различные способы размножения организмов, характеризующиеся отсутствием полового процесса и осуществляемые без участия половых клеток.

Бивалент – пара гомологичных хромосом, соединенных между собой в мейозе.

Биомеханика – раздел биологии, изучающий механические свойства тканей, органов и организма в целом и происходящие в них механические явления.

Биосинтез – образование органических веществ из более простых соединений, происходящее в живых организмах под действием биокатализаторов – ферментов.

¹ Подготовлен в русской редакции издательства «Атамұра».

Биотехнология – использование живых организмов и биологических процессов в производстве.

Бластомеры – клетки, образующиеся в результате дробления яйца у многоклеточных животных.

Бластула – стадия развития зародыша. Результат дробления зиготы и последующих митозов образовавшихся бластомеров – однослойный зародыш.

Бластуляция – заключительная фаза периода дробления яйца у многоклеточных животных. Зародыш в этот период называется бластулой.

Бластоцель – полость, заполненная жидкостью, внутри бластулы.

Борьба за существование – совокупность отношений между особями и различными факторами внешней среды.

В

Вегетативное размножение – вид бесполого размножения; размножение с помощью отделения части тела взрослого организма (черенки, почки) или с помощью видоизмененных частей организма (клубни, луковицы, корневища).

Вектор – в геной инженерии искусственная генетическая конструкция для переноса генетической информации в чужеродную клетку; в качестве вектора используются плазмиды бактерий, вирусы.

Веретено деления – система микротрубочек в делящейся клетке, обеспечивающая расхождение хромосом в митозе и мейозе.

Видообразование – процесс возникновения видов посредством разветвления предковой филогенетической линии на несколько новых.

Включения клетки – компоненты цитоплазмы, представляющие собой отложения веществ, временно выведенных из обмена или конечных его продуктов.

Г

Газообмен – совокупность процессов обмена газов между организмом и окружающей средой.

Гамета – репродуктивная клетка животных и растений.

Гаметогенез – развитие половых клеток (гамет).

Гаплоидный – имеющий один набор хромосом (n).

Гастура – зародыш многоклеточных животных в период *гастрюляции*, состоящий на ранней стадии из двух слоев клеток, а на поздней – из трех (кроме губок и кишечнополостных).

Гастрюляция – процесс обособления двух первичных зародышевых листков: наружного (эктодермы) и внутреннего (энтодермы) у зародышей всех многоклеточных животных.

Ген – элементарная единица наследственности; участок ДНК, кодирующий одну полипептидную цепь или одну молекулу РНК.

Генетика – наука о законах наследственности и изменчивости организмов и методах управления ими.

Генетическая инженерия, геновая инженерия – методы молекулярной биологии и генетики, связанные с целенаправленным созданием не существующих в природе сочетаний генов.

Генетический код – свойственная живым организмам единая система записи наследственной информации в молекулах нуклеиновых кислот в виде последовательности нуклеотидов.

Геном – совокупность молекул ДНК гаплоидного набора хромосом; полный набор генов определенного вида организмов.

Генотип – совокупность аллелей гена или группы генов, контролирующих анализируемый признак у данного организма.

Генофонд – совокупность генов, которые имеются у особей данной популяции, группы популяций или вида.

Гетерогаметность – характеристика организма или группы организмов, имеющих в своем хромосомном наборе одну половую хромосому (тип XO) или пару различающихся половых хромосом (X и Y) и вследствие этого образующих разные гаметы.

Гетерозигота – организм или клетка, у которых гомологичные хромосомы несут различные аллели того или иного гена.

Гетерозис – превосходство гибридов по ряду признаков и свойств над родительскими формами.

Гетеротрофы – организмы, использующие в качестве источника углерода органические вещества.

Гибрид – организм, полученный в результате объединения отличающихся друг от друга геномов.

Гибридизация – процесс образования или получения гибридов, в основе которого лежит объединение генетического материала разных клеток в одной клетке.

Гликолипиды – липиды, содержащие углеводный фрагмент.

Гликопротеиды – сложные белки, содержащие углеводы.

Гомеостаз – способность биологических систем поддерживать постоянство своего состава и свойств.

Гомоигота – диплоидная или полиплоидная клетка или организм, у которых гомологичные хромосомы несут идентичные аллели одного гена.

Гомологичные хромосомы – пара хромосом диплоидной клетки, содержащих одинаковый набор генов и имеющих одинаковую морфологию.

Гормоны – биологически активные вещества, синтезируемые специализированными клетками и оказывающие целенаправленное действие на другие органы и ткани.

Д

Двойное оплодотворение – тип полового процесса, свойственный только цветковым растениям.

Дезоксирибонуклеиновая кислота, ДНК – одна из нуклеиновых кислот, биополимер.

Деление – форма размножения некоторых организмов и многих клеток, входящих в состав тела многоклеточных.

Делеция – тип хромосомной перестройки, в результате которой выпадает участок генетического материала.

Денатурация белков (от лат. *denaturare* – лишать природных свойств) – утрата природной конфигурации молекулами белков, нуклеиновых кислот и др. биополимеров в результате нагревания, химической обработки и т. п.

Детрит – мелкие органические частицы (остатки разложившихся организмов вместе с бактериями), осевшие на дно водоема или взвешенные в толще воды.

Дефишенси – концевые нехватки хромосом.

Диализ – освобождение коллоидных растворов и растворов высокомолекулярных веществ от растворенных в них солей и других низкомолекулярных веществ.

Дивергенция – расхождение признаков у родственных видов за счет приспособления к разным условиям среды.

Диплоидный – имеющий двойной набор хромосом ($2n$).

Дискретный – состоящий из отдельных частиц.

Дифференцировка – возникновение различий между однородными клетками и тканями, изменения их в ходе развития особи, приводящие к формированию специализированных клеток, органов и тканей.

Диффузия – проникновение молекул одного вещества в другое при их непосредственном соприкосновении или через пористую перегородку.

Доминантность – участие только одного аллеля в определении признака у гетерозиготной особи.

Дрейф генов – случайные ненаправленные изменения частоты генов в популяциях ограниченного размера.

Дробление – последовательные митотические деления оплодотворенной яйцеклетки (или неоплодотворенной яйцеклетки при партеногенезе).

Дыхание – одна из основных жизненных функций, совокупность процессов, обеспечивающих поступление в организм O_2 , использование его в окислительно-восстановительных процессах, а также удаление из организма CO_2 и некоторых других соединений, являющихся конечными продуктами обмена веществ.

Е

Естественный отбор – основной движущий фактор эволюции организмов.

Ж

Железобактерии – организмы, способные отлагать окисное железо на поверхности клеток.

Жизненный цикл – совокупность всех фаз развития, пройдя которые, обычно начиная от зиготы, организм достигает зрелости и становится способным дать начало следующему поколению.

Жирные кислоты – одноосновные карбоновые кислоты алифатического ряда.

Жиры – триглицериды, полные сложные эфиры глицерина и одноосновных неразветвленных высших жирных кислот с четным количеством атомов углерода.

З

Зародыш – организм в ранний период развития от оплодотворения яйца до выхода из оболочек или рождения.

Зародышевое сходство – на ранних стадиях эмбриогенеза представители разных групп организмов обычно более сходны друг с другом, чем взрослые особи.

Зародышевый мешок – центральная часть семяпочки цветковых растений, в которой развивается яйцеклетка и происходит двойное оплодотворение.

Зигота – клетка, образующаяся в результате слияния гамет разного пола; оплодотворенное яйцо.

И

Изменчивость – свойство живых организмов существовать в различных формах.

Изоляция – исключение или затруднение свободного скрещивания между особями одного вида, ведущее к обособлению внутривидовых групп и новых видов.

Иммунитет – способность организма защищать собственную целостность и биологическую индивидуальность.

Интерфаза – стадия клеточного цикла между двумя делениями.

Интерферон – белок, образующийся в клетках организмов при вирусных инфекциях.

Инtron – участок гена, не несущий информации о первичной структуре белка. Расположен между кодирующими участками – экзонами.

Искусственный отбор – выбор человеком наиболее ценных в хозяйственном отношении особей животных и растений данного вида, породы или сорта для получения от них потомства с желательными свойствами.

К

Кариограмма – графическое изображение *кариотипа*.

Кариокинез – деление клеточного ядра, устаревший синоним *митоза*.

Кариотип – совокупность признаков хромосомного набора, характерных для того или иного вида.

Карты хромосом – схемы порядка расположения и относительных расстояний между генами определенных хромосом.

Катализатор (греч. *katalysis* – «разрушение») – вещество, изменяющее скорость химической реакции или возбуждающее химическую реакцию.

Кладограмма – графическое изображение отношений сестринского родства между таксонами.

Клеточный цикл – жизнь клетки от одного митотического деления до другого.

Клон – совокупность клеток или особей, происходящих от одного предка путем бесполого размножения.

Клонирование – образование идентичных потомков (клонов) путем бесполого размножения.

Кодоминантность – участие обоих аллелей в определении признака у гетерозиготной особи.

Кодон, триплет – последовательность трех нуклеотидов, кодирующая включение в синтезируемый белок строго определенной аминокислоты.

Комплементарность – взаимное соответствие в химическом строении двух макромолекул, обеспечивающее их взаимодействие: спаривание двух нитей ДНК, соединение фермента с субстратом, антигена с антителом. Комплементарные структуры подходят друг к другу как ключ к замку, например азотистые основания в молекуле ДНК.

Конвергенция – независимое развитие сходных признаков у неродственных видов вследствие приспособления к сходным условиям среды.

Конъюгация хромосом – (лат. *конъюгацио* – «соединение») – попарное сближение гомологичных хромосом и переплетение их хроматид, при котором становится возможен кроссинговер. Конъюгируют только по одной хроматиде из каждой гомологичной хромосомы, прилегающей друг к другу. Конъюгация происходит в профазе I мейоза.

Кроссинговер (англ. *crossing-over* – «перекрест») – взаимный обмен участками между гомологичными (попарными) хромосомами. Происходит в процессе клеточных делений – мейоза и (гораздо реже) митоза на стадии профазы, когда спаренные гомологичные хромосомы уже содержат по две сестринские хроматиды. На этой четыреххроматидной стадии и осуществляется обмен гомологичными участками хроматид: в каждой гомологичной хромосоме одна хроматида разрывается, а затем образовавшиеся фрагменты соседних хроматид воссоединяются заново, но уже крест-накрест. При кроссинговере гены из одной гомологичной хромосомы перемещаются в другую, в результате чего возникают новые комбинации аллелей генов, т. е. происходит рекомбинация генетического материала. Кроссинговер – один из механизмов наследственной изменчивости.

Л

Лизис – разрушение, растворение клеток под действием ферментов, содержащихся в лизосомах, или других агентов, обладающих растворяющим действием.

Липиды – жиры и жироподобные вещества, входящие в состав биологических мембран. Все липиды гидрофобны и плохо растворимы в воде.

М

Мезодерма – средний зародышевый листок у большинства многоклеточных животных.

Мейоз – особый способ деления клеток, в результате которого происходит уменьшение (редукция) числа хромосом в дочерних клетках.

Метаболизм – то же, что обмен веществ.

Механорецепторы – чувствительные нервные окончания, воспринимающие механические раздражения извне или во внутренних органах.

Микроорганизмы – мельчайшие, преимущественно одноклеточные организмы, видимые только в микроскоп: бактерии, микроскопические грибы и водоросли, простейшие.

Миозин – белок мышечных волокон.

Миофибриллы – сократимые волокна в протоплазме сердечной и поперечнополосатых мышц.

Митоз, непрямое деление – основной способ деления эукариотных клеток.

Модификация – ненаследственное изменение.

Мутаген – физический или химический фактор, увеличивающий частоту мутаций.

Мутагенез – искусственное получение мутаций с помощью физических или химических *мутагенов*.

Мутант – наследственно измененная в результате мутации форма организма.

Мутация – наследуемые изменения генетического материала.

Н

Наследственность – свойство организмов обеспечивать материальную и функциональную преемственность между поколениями.

Незаменимые аминокислоты – не синтезируются в организме животных и человека или синтезируются в недостаточном количестве и должны поступать с пищей.

Незаменимые жирные кислоты – ненасыщенные жирные кислоты, необходимые для роста и развития млекопитающих.

Нуклеиновые кислоты, полинуклеотиды – фосфорсодержащие биополимеры, имеющие универсальное распространение в живой природе.

Нуклеоид – ДНК-содержащая зона клетки прокариот.

Нуклеопротеиды – сложные комплексы нуклеиновых кислот с белками.

Нуклеотиды – органические вещества, состоящие из пуринового или пиримидинового основания, углерода и одного или нескольких остатков фосфорной кислоты.

О

Овуляция (лат. *ovulum* – «яичко») – выход зрелых яйцеклеток (ооцитов) у млекопитающих из яичника в полость тела.

Онкогенез (греч. *ónkos* – «опухоль» и *gènesis* – «происхождение, возникновение») – процесс превращения нормальных клеток, ткани в опухолевые.

Онкогены – гены, обуславливающие превращение (трансформацию) нормальных клеток в злокачественные.

Онтогенез – индивидуальное развитие особи.

Оогенез (греч. *óōn* – «яйцо» и ... *genesis*) – совокупность последовательных процессов развития женской половой клетки от первичной половой клетки до зрелого яйца. Включает периоды размножения, роста и созревания.

Ооцит – женская половая клетка животных в периоды ее роста и созревания.

Оперон – единица транскрипции у прокариот, содержащая один или несколько генов, которые кодируют белки, принимающие участие в одной биохимической цепи реакций.

Органогенез – образование зачатков органов и их дифференцировка в ходе онто- или филогенеза многоклеточных организмов.

Органоиды – постоянные клеточные структуры, обеспечивающие выполнение специфических функций в процессе жизнедеятельности клеток: немембранные, одномембранные и двумембранные.

П

Пенетрантность – частота проявления аллели определенного гена у разных особей родственной группы организмов.

Перекрест – обмен идентичными участками гомологичных хромосом во время профаза мейоза.

Плазмиды – внехромосомные молекулы ДНК, не являющиеся жизненно необходимыми для клетки.

Полимеразы – ферменты, катализирующие образование макромолекул из низкомолекулярных веществ.

Полимерия – один из типов взаимодействия генов, при котором степень развития одного и того же признака обусловлена влиянием ряда так называемых полимерных генов (проявляющихся сходным образом).

Полимеры – вещества, молекулы которых состоят из большого числа повторяющихся звеньев.

Полиплоидия – кратное увеличение числа хромосом.

Полисахариды, гликаны – высокомолекулярные углеводы; *полимеры*, мономерами которых являются простые сахара.

Почкование – способ бесполого размножения, при котором на материнском организме образуется вырост – почка. Из почки развивается новая особь.

Природные ресурсы (естественные ресурсы) – компоненты природы, используемые человеком: минеральные, земельные, климатические, водные, биологические ресурсы и др.

Промотор – узнаваемый РНК-полимеразой участок ДНК, с которого начинается синтез любой РНК.

Р

Радионуклиды – радиоактивные ядра и атомы.

Регенерация – восстановление организмом утраченных или поврежденных органов и тканей, а также восстановление целого организма из его части.

Регулярные гены – участки ДНК, специфически включающие или выключающие транскрипцию структурных генов в разных органах и тканях, на разных стадиях развития организма.

Редукция – недоразвитие или полное исчезновение органа, который был нормально развит у предковых форм или на более ранних стадиях онтогенеза.

Рекомбинация – перераспределение родительского генетического материала в потомстве в результате перекреста и расхождения гомологичных хромосом в мейозе.

Ренатурация – обратный переход молекулы биополимера из денатурированного состояния в биологически активное.

Репликация – процесс самовоспроизведения макромолекул нуклеиновых кислот, обеспечивающий точное копирование генетической информации и ее передачу от поколения к поколению.

Рецессивность – отсутствие фенотипического проявления одного аллеля у гетерозиготной особи.

Рибонуклеиновые кислоты (РНК) – нуклеиновые кислоты, содержащие в качестве углеводного компонента рибозу, а в качестве азотистых оснований – аденин, гуанин, урацил, цитозин, а также их модифицированные производные.

Робототехника – автоматические программно-управляемые системы, применяемые в технологических процессах и позволяющие создавать безлюдные технологии.

С

Саркомер – повторяющийся участок миофибриллы мышечного волокна, основная структурная единица миофибрилл.

Селекция – наука о методах создания сортов, гибридов растений и пород животных, штаммов микроорганизмов с нужными человеку признаками.

Синапсы – специализированные функциональные контакты между возбудимыми клетками, служащие для передачи и преобразования нервных импульсов.

Старение – закономерный разрушительный процесс возрастных изменений организма, ведущий к снижению его адаптационных возможностей, увеличению вероятности смерти.

Стволовые клетки – родоначальные клетки в органах и тканях животных; способны размножаться, заменяя погибшие или поврежденные клетки.

Структурные гены – гены, в которых закодированы белки.

Сцепление генов – явление, в основе которого лежит локализация генов в одной хромосоме.

Т

Таксон – группировка организмов, принятая в систематике (например вид, род, семейство).

Терминатор – участок ДНК, на котором завершается синтез любой РНК.

Токсины – ядовитые вещества, образуемые некоторыми микроорганизмами, растениями и животными.

Тотипотентность – свойство клетки растений при определенных условиях развиться до взрослого организма – полноценного растения.

Трансгенез – внесение чужеродной или измененной генетической информации в геном животных, растений или микроорганизмов.

Транзиция – мутация, обусловленная заменой азотистого основания в молекуле нуклеиновой кислоты.

Транскрипция – биосинтез РНК на соответствующих участках ДНК.

Трансляция – биосинтез полипептидных цепей белков по матрице иРНК согласно генетическому коду.

Трансплантация – пересадка тканей или органов.

Трансформизм – система представлений об изменчивости видов.

Трисомия – наличие дополнительной гомологичной хромосомы.

У

Углеводы – сахара, компоненты всех без исключения живых организмов.

Уотсона–Крика модель – двойная спираль, структурная модель ДНК, согласно которой молекула ДНК состоит из двух цепей, образующих правильную правозакрученную переплетенную спираль.

Ф

Фенотип – совокупность всех признаков организма.

Ферменты – специфические белки, присутствующие во всех живых клетках и играющие роль биологических катализаторов.

Фикобилины – специфические пигменты красного и синего цвета, содержащиеся у цианобактерий и некоторых водорослей.

Филогенетическое древо – родословное древо, графическое изображение хода филогенеза и родственных связей разных групп организмов.

Фосфолипиды – сложные липиды, в молекулах которых присутствует остаток фосфорной кислоты.

Фосфопротеиды – сложные белки, содержащие остатки фосфорной кислоты.

Фосфорилирование – введение в органическое соединение остатка какой-либо фосфорной кислоты.

Х

Хемосинтез – тип питания бактерий, основанный на усвоении CO_2 за счет окисления неорганических соединений.

Хлорофиллы – зеленые пигменты растений, с помощью которых они улавливают энергию солнечного света и осуществляют фотосинтез.

Хроматида – половина хромосомы после удвоения ДНК; одна хроматида содержит одну молекулу ДНК.

Хромосомные aberrации – хромосомные перестройки, тип мутаций, которые изменяют структуру хромосом.

Хромосомный набор – совокупность хромосом, заключенных в каждой клетке организма.

Хромосомы – немембранные структуры клеточного ядра, состоящие из ДНК и упаковочных белков и являющиеся носителями генетической информации.

Ц

Центромера – участок хромосомы, к которому прикрепляются нити веретена деления во время митоза и мейоза.

Цианобактерии – группа фототрофных прокариотных организмов, традиционно называемых синезелеными водорослями.

Цитогенетика – область генетики, изучающая закономерности наследственности и изменчивости на уровне клетки и субклеточных структур (главным образом хромосом).

Ч

Чередование поколений – закономерная смена в жизненном цикле организмов генераций (поколений бионтов), различающихся способом размножения.

Человекообразные обезьяны, гоминины, антропоиды – надсемейство узконосых обезьян. Объединяет 3 семейства: гиббоновые, понгиды, гоминиды.

Человекоподобные приматы, высшие приматы, антропоиды, обезьяны – подотряд приматов.

Чистая линия – потомки одной особи, размножающейся с помощью самоопыления (самооплодотворения), гомозиготные по большому числу генов.

Ш

Штамм – чистая культура микроорганизма, выделенного из определенного источника или полученного в результате мутаций.

Э

Эволюция – необратимый процесс исторического изменения живого.

Экзон – участок гена (ДНК) эукариот, несущий генетическую информацию.

Эктодерма – наружный зародышевый листок у многоклеточных животных.

Энтодерма – внутренний зародышевый листок у многоклеточных животных.

Эпистаз – один из типов взаимодействия генов, при котором аллели одного гена подавляют проявление аллелей других генов.

Я

Ядерная оболочка – структура, ограничивающая ядро клеток эукариот от цитоплазмы.

Список литературы

1. Азбука природы. Более 1000 вопросов и ответов о нашей планете, ее растительности и животном мире. М., 1997.
2. *Алехо Родригес-Вида*. Тело человека. Нескучная анатомия. М.: Лабиринт Пресс, 2010.
3. *Байтенов М. С.* Флора Казахстана. В 2 томах. Иллюстрированный определитель семейств и родов. Алматы, 1999.
4. Биология. Энциклопедия. М., 2003.
5. Биология. Энциклопедия для детей. Т. 2. М.: Аванта+, 1999.
6. *Богданова Т. Л., Солодова Е. А.* Биология: Справочник для школьников и поступающих в вузы. М.: АСТ-ПРЕСС ШКОЛА, 2018.
7. Большая энциклопедия животного мира. М., 2004.
8. *Вилли К.* Биология. Пер. с англ. М.: Мир, 1964.
9. *Воробьева Е. А., Губарь А. В., Сафьянникова Е. Б.* Анатомия и физиология: Учебник/Учеб. лит. Для учащихся медучилищ. М.: Медицина, 1988.
10. Генетика и наследственность: Сб. статей: Пер с франц. М.: Мир, 1987.
11. *Грин Н., Стаут У., Тейлор Д.* Биология. В 3 т. М.: Мир, 1996.
12. *Гуленкова М.А. и др.* Биология: Большой справочник для школьников и поступающих в вузы. М.: Дрофа, 2000.
13. Естествознание. Энциклопедический словарь. М., 2002.
14. Жизнь животных. В 6 томах. М., 1968.
15. Жизнь растений. В 6 томах. М., 1974.
16. *Залесский М.* Занимательная анатомия для детей. Интернет-книга.
17. Заповедники и национальные парки Казахстана. Алматы, 2006.
18. *Кемп П., Армс К.* Ведение в биологию: Пер. с англ. М.: Мир, 1988.
19. *Ковшарь А. Ф.* Птицы. Дороги. Люди. Воспоминания орнитолога (Очерки по истории зоологии в Казахстане: 1959–2014). Алматы, 2014.
20. *Ковшарь А. Ф., Ковшарь В. А., Грачев Ю. А., Тимирханов С. Р., Дуйсебаева Т. Н.* Позвоночные животные Казахстана. Справочник для вузов и школ. Алматы, 2013.
21. Красная книга Казахстана. Т. 1. Животные. Ч. 1. Позвоночные. Алматы, 1996.
22. *Ленинджер А.* Основы биохимии: В 3 т. Пер. с англ. М.: Мир, 1985.
23. Национальная стратегия и план действий по сохранению и сбалансированному использованию биологического разнообразия. 1999.
24. Окружающая среда и устойчивое развитие в Казахстане. 2004.
25. *Орловская Э. Р.* Первый палеонтологический заповедник СССР. Алматы, 1996.

26. Позвоночные животные. По страницам Красной книги Казахстана. Алматы, 2004.
27. Растительный мир Казахстана. Иллюстрированная энциклопедия. Алматы, 2004.
28. *Рябицев В. К., Ковшарь А. Ф., Ковшарь В. А., Березовиков Н. Н.* Полевой определитель птиц Казахстана. Алматы, 2014.
29. Тело человека. Детская энциклопедия. М.: Росмен, 2016.
30. Удивительный мир беспозвоночных. По страницам Красной книги Казахстана. Алматы, 2005.
31. *Уилсон Дж., Хант Т.* Молекулярная биология клетки: Сб. задач: Пер. с англ. М.: Мир, 1994.
32. Экология. Энциклопедия для детей. Т. 19. М.: Аванта+, 2005.



Учебное издание

**Ковшарь Анатолий Федорович
Асанов Нигметулла Гатауович
Соловьева Алина Робертовна
Ибраимова Бахыт Тасбулатовна
Куприй Светлана Алексеевна**

БИОЛОГИЯ

Для 11 класса общеобразовательной школы
общественно-гуманитарного направления

В двух частях

Часть 1

Зав. редакцией *Н. Жиенгалиев*

Редактор *А. Раймкулова*

Технический редактор *О. Рысалиева*

Художники *Е. Цой, А. Беккожанова*

Художественные редакторы *А. Беккожанова, А. Лукманов, З. Огай*

Корректор *Г. Туленова*

Компьютерная верстка *Е. Козловой*

ИБ 036

Сдано в набор 24.04.2019. Подписано в печать 02.07.2020. Формат 70x90^{1/16}.
Бумага офсетная. Гарнитура «Школьная». Печать офсетная. Усл. п. л. 11,7.
Уч.-изд. л. 9,79. Тираж 11 000 экз. Заказ № 5171.

ТОО «Корпорация «Атамұра», 050000, г. Алматы, пр. Абылай хана, 75
Полиграфкомбинат ТОО «Корпорация «Атамұра»,
050002, г. Алматы, ул. Макатаева, 41.

