

От составителя

Уважаемые читатели!

Перед вами краткий путеводитель по всем разделам школьного курса биологии, составленный с учетом специфики ЕГЭ. Он предназначен для тех, кто начинает подготовку к экзамену и нуждается в том, чтобы освежить в памяти темы школьной программы, повторить понятия, систематизировать основные концепции и, самое главное, понять логику ответов на экзаменационные задания.

Разумеется, при имеющемся объёме издание не может содержать весь необходимый материал: биология в школе изучается несколько лет, и книга, включающая в себя полностью всю нужную информацию, состояла бы как минимум из нескольких толстых томов. Однако хорошо иметь краткий конспект курса по биологии, своего рода «скелет», опираясь на который нетрудно определить, какие материалы необходимы для подготовки к экзамену. Автор рекомендует использовать несколько источников параллельно, задавать себе вопрос, каких именно знаний не хватает для понимания рассматриваемых тем, и активно пользоваться различной литературой и интернет-источниками для поиска ответов. В конце издания приведён краткий список литературы, изучение которой поможет подготовиться к экзамену.

В каждом разделе в рубрике «Потренируемся» приведены примеры заданий* с ответами и пояснениями, составленные автором в соответствии с требованиями кодификатора и спецификации ЕГЭ по биологии. Кодификатор – это свод всех тем, которые будут включены в контрольно-измерительные материалы (КИМы), т. е. экзаменационные задания, а спецификация – это документ, на основе которого определяется структура и содержание КИМов.

Пояснения не являются некими эталонными ответами – они содержат соображения, возникающие в процессе работы над вопросом, т. е. то, о чём имеет смысл подумать, но не надо писать в ответе на экзамене. Для более уверенного понимания того, как формально должен выглядеть ответ на задания второй части ЕГЭ по биологии, автор рекомендует обращаться к опубликованным сборникам тестовых вариантов, содержащим критерии ответов и образцы выполнения заданий.

Основные ошибки при выполнении заданий рассматриваются в разделе «Особенности ЕГЭ по биологии».

* Цифра в начале каждого задания соответствует номеру задания в ЕГЭ.

ОБЩАЯ БИОЛОГИЯ

Биология как наука. Методы научного познания

Свойства живого

Биология – одна из естественных наук, она изучает живую природу: строение живых систем и закономерности, управляющие их функционированием. Что же означает понятие «живое» и по каким признакам мы отличаем живое от неживого? Всем живым системам в обязательном порядке присущи следующие свойства.

Обмен энергии: живые системы в ходе своей жизнедеятельности рассеивают энергию, получаемую ими из внешней среды.

Обмен веществ: живые системы постоянно включают в свой состав вещества из внешней среды. Эти вещества вступают в различные химические реакции (превращения), конечные продукты которых выводятся во внешнюю среду. Происходит обмен: одни вещества поступают, другие выделяются.

Раздражимость: способность специфически реагировать на действие факторов внешней среды.

Самовоспроизведение: живые организмы обладают способностью к *размножению*, производя себе подобных (потомков), которые повторяют свойства родителей. Способность живых организмов передавать свои признаки потомству называется *наследственностью*.

Саморегуляция: способность поддерживать постоянство своих параметров (химический состав, характер протекания внутренних процессов и т. д.) в меняющихся условиях среды (*гомеостаз*).

Историческое развитие: живое отличается способностью меняться в череде поколений (*эволюция*). Одним из важнейших механизмов такого изменения является естественный отбор.

..... **Потренируемся**

1 Рассмотрите таблицу «Признаки живых систем» и заполните пустую ячейку, вписав соответствующий термин.

Признаки живых систем	Примеры
Раздражимость	Изменение формы тела гидры при прикосновении к ней
?	Способность клетки инфузории поддерживать постоянное осмотическое давление в цитоплазме

В задании необходимо выбрать свойство живого, примером которого является способность инфузории поддерживать постоянное осмотическое давление. Это саморегуляция.

.....

Уровни организации живой природы

Как правило, устройство любой сколько-нибудь сложной системы рассматривают на разных *уровнях*. Например, устройство дома можно представить как план, отображающий расположение стен, но далее придётся задать вопрос о том, какова конструкция одной стены. Если стена сложена из кирпичей, расположенных определённым образом, то дальше придётся рассмотреть, как устроен один кирпич и т. д.

Самый нижний уровень, о котором можно говорить при описании каких-то специфических для живых систем структурах, – *молекулярный*. Из множества молекул различных веществ состоит *клетка* (элементарная единица живого, т. е. наименьшая структура, которую можно признать живой). Совокупность сходных по строению и функциям клеток у многоклеточных организмов называют *тканью*, и из клеток разных тканей состоит *организм*. Группа сходных в основных чертах организмов образует *вид*, и из специфически взаимодействующих организмов разных видов состоит *биоценоз*. Совокупность различных биоценозов образует *биосферу* – верхний уровень организации, объединяющий всё живое.

На рис. 1 представлены уровни организации живой природы. Из атомов разных элементов состоят молекулы, из молекул различных веществ – клетки, из клеток разных тканей – организмы. Организмы различных видов образуют биоценозы, а биоценозы разных биомов составляют биосферу.

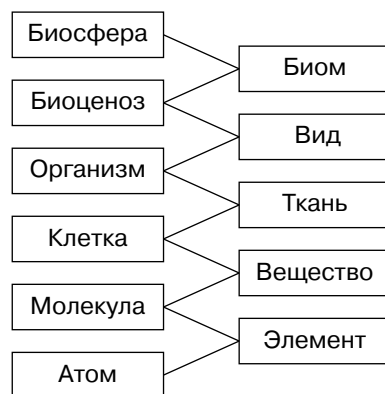


Рис. 1. Уровни организации живой природы

..... **Потренируемся**

- 1** Рассмотрите таблицу «Уровни организации живой природы» и заполните пустую ячейку, вписав соответствующий термин.

Уровни	Примеры
Организменный	Циркуляция крови по кругам кровообращения
?	Конкуренция между львами и гиенами за добычу

В задании необходимо выбрать уровень организации, на котором реализуется конкуренция между львами и гиенами. Речь идёт о взаимодействии разных видов, следовательно, это биоценотический уровень.

.....

Разделы биологии

Биология подразделяется на множество областей, изучающих те или иные аспекты живого. Прежде всего, можно выделить *общую биологию*, исследующую общие для всех живых организмов свойства и закономерности, и *частную биологию*, предметом изучения которой являются те или иные

систематические группы. Например, эволюционная биология – это раздел общей биологии, так как она описывает механизмы, универсальные для всего живого, а зоология – наука, изучающая только животных.

Науки, составляющие общую биологию, проще всего классифицировать по уровню организации живого, с которым они имеют дело.

Биохимия – молекулярный уровень; изучает строение, свойства и роль в живых системах различных веществ (в том числе представляющих собой сложные макромолекулы).

Молекулярная биология – молекулярный уровень; обычно концентрируется на изучении молекулярных механизмов наследственности – способах хранения, передачи и реализации наследственной информации.

Цитология (клеточная биология) – клеточный уровень; изучает строение и функционирование клеток: из каких частей (органовидов) состоит клетка, как они взаимодействуют и т. п.

Цитогенетика – клеточный уровень; занимается клеточными основами закономерностей наследственности, описывает число, форму и структуру хромосом.

Генетика – организменный уровень; занимается закономерностями наследственности: как наследуются признаки, реализующиеся на уровне организма.

Эмбриология – организменный уровень; изучает пути и закономерности индивидуального развития организма (*онтогенез*), в первую очередь – стадии, предшествующие рождению или вылуплению организма из яйца.

Эволюционная биология (теория эволюции) – надорганизменный уровень (популяционный и выше); занимается изучением закономерностей исторического развития организмов, проявляющегося в изменениях в череде поколений.

Экология – надорганизменный уровень; изучает взаимодействие организмов между собой и с факторами неживой природы.

Частные разделы биологии, посвящённые отдельным группам, подразделяются в соответствии с систематикой живого мира.

Микробиология изучает в первую очередь различных прокариот (бактерий); в широком смысле – микроорганизмы вообще, в том числе одноклеточных эукариот. *Ботаника* – наука о растениях, *микология* – о грибах, *зоология* – о животных, *вирусология* – о вирусах. Существуют и более дробные подразделения, например в рамках зоологии. Так, *териология* – это наука о млекопитающих, *ихтиология* – о рыбах, *герпетология* – о рептилиях и амфибиях, *энтомология* – о насекомых, *арахнология* – о паукообразных.

Также можно отдельно выделить дисциплины, изучающие разные аспекты наших знаний о живом.

Морфология изучает строение организмов (чаще имеется в виду внешнее строение), а *анатомия* – внутреннюю форму и структуру органов, входящих в их состав. Морфологические признаки – признаки, которые видны на рисунке или на зафиксированном материале (засушенном, заспиртованном и т. п.). *Физиология* изучает процессы, происходящие в организмах. Речь идёт о свойствах, которые демонстрируются только в ходе жизнедеятельности (частота пульса, передача нервных импульсов и т. д.).

Этология – наука о поведении животных. *Палеонтология* – наука, опирающаяся на изучение ископаемых остатков древних организмов.

Отдельную категорию составляют дисциплины, которые опираются на биологические фундаментальные знания и ориентированы на их практическое применение. *Клеточная инженерия* занимается искусственным созданием клеток и тканей нового типа; при этом используются методы выращивания культур клеток и тканей, клонирования. *Генная инженерия* связана со способами получения организмов с новыми генетическими свойствами путём проведения искусственных манипуляций с генами (конструирование новых геномов), результатом является получение *генетически модифицированных организмов (ГМО)*.

Селекция занимается созданием новых сортов растений и пород животных без искусственных манипуляций с геномами – с помощью методов гибридизации и искусственного отбора.

..... **Потренируемся**

1 Рассмотрите таблицу «Биология – комплексная наука» и заполните пустую ячейку, вписав соответствующий термин.

Разделы биологии	Объекты изучения
Ихтиология	Наука, изучающая строение, жизнедеятельность и разнообразие рыб
?	Наука, изучающая строение, жизнедеятельность и разнообразие насекомых

В этом задании необходимо выбрать название науки, изучающей насекомых. Это энтомология.

.....

Методы биологических исследований

Методы исследований, используемые в биологии, очень разнообразны. Подробный разбор этой области выходит за пределы настоящего пособия. Предлагаем краткий список методов, часто упоминаемых в ЕГЭ.

Микроскопия – изучение тканей, клеток или их частей с помощью микроскопа.

Хроматография – метод разделения смесей веществ, основанный на свойстве разных веществ двигаться через адсорбент с разной скоростью в зависимости от их молекулярной массы.

Метод меченых атомов основан на различении разных форм атомов одного и того же элемента (*изотопов*), что даёт возможность отслеживать перемещение атомов какого-либо элемента или отмечать нюансы протекания тех или иных метаболических процессов.

Центрифугирование – метод разделения смесей на составные части (*фракции*) благодаря действию центробежной силы.

Электрофорез применяется для разделения и различения крупных заряженных молекул благодаря их свойству двигаться в электрическом поле с разной скоростью.

Биохимический метод подразумевает любые способы химического анализа (качественного или количественного) в биологических исследованиях.

Секвенирование – определение последовательности нуклеотидов в ДНК.

Отдельную группу методов составляют методы генетики и селекции.

Гибридологический метод – метод скрещиваний и анализа полученных гибридов. Фактически он состоит в том, что можно делать выводы о родителях, глядя на их потомков.

Генеалогический метод основан на анализе родословных. Суть метода состоит в возможности делать выводы о потомках, имея информацию о предках.

Цитогенетический метод – изучение хромосом под микроскопом. Совокупность признаков хромосом, которую можно увидеть в микроскоп (число хромосом, их размер и т. д.), составляет *кариотип*.

Близнецовый метод состоит в сравнении близнецов (особей с одинаковым генотипом) и позволяет оценить влияние на фенотип факторов окружающей среды.

Популяционно-статистический метод – анализ частоты и распределения признаков в популяциях, используется для установления генетической структуры популяций.

Искусственный мутагенез – искусственное получение мутаций путём действия различных искусственных мутагенов (радиационное излучение, химические вещества и т. д.).

Инбридинг – близкородственное скрещивание, применяют для повышения степени гомозиготности особей и выведения *чистых линий*.

Правила планирования эксперимента

Научный эксперимент, в отличие от наблюдения, представляет собой исследование поведения объектов в контролируемых условиях, поэтому экспериментатор имеет возможность изучать действие отдельных факторов. Для этого используется *контроль*: результат экспериментального воздействия на объект сравнивается с результатом, полученным в строго тех же условиях, но отличающихся действием исследуемого фактора. Только при наличии контроля можно сделать вывод, что наблюдаемый эффект (разница между результатами эксперимента) обусловлен действием именно этого фактора (а не какого-либо другого).

Отрицательный контроль – это контроль, в котором эффект наблюдаться не должен. Например, изучая действие нового лекарства, сравнивают состояние мышей, которым ввели лекарство, и мышей, которым его не вводили. *Положительный контроль* – это контроль, в котором ожидаемый эффект должен наблюдаться. Например, сравнивают мышей, которым ввели новый препарат, и мышей, получивших известное лекарство, заведомо дающее положительный результат.

Любые параметры, которые так или иначе могут быть оценены или измерены в эксперименте, называют *переменными*. Различают два типа переменных: *независимые* и *зависимые*. Независимые переменные задаются самим экспериментатором (например, доза вводимого мышам лекарства). Зависимые переменные – это параметры, которые в начале эксперимента

неизвестны; для их выяснения и проводится эксперимент (например, состояние здоровья мышей до и после введения лекарства).

Результат эксперимента может быть представлен как ответ на поставленный вопрос. Варианты ответа на этот вопрос называют *гипотезами*. Обычно основных гипотез две: гипотеза о наличии эффекта (например, связи между явлениями, разницы между группами и т. п.) и гипотеза об отсутствии эффекта (отсутствии связи), которую также называют *нулевой гипотезой*.

.....**Потренируемся**.....

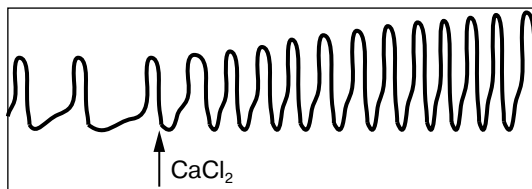
- 1** Рассмотрите таблицу «Методы биологических исследований» и заполните пустую ячейку, вписав соответствующий термин.

Методы	Применение
Секвенирование	Установление последовательности нуклеотидов в ДНК
?	Выделение фракции митохондрий с помощью центробежной силы

В задании необходимо выбрать название метода, позволяющего выделить фракцию митохондрий. Это центрифугирование.

Прочитайте описание эксперимента и выполните задания 23 и 24.

Исследователь решил изучить действие концентрации ионов кальция на работу сердца. Как известно, при соблюдении определённых условий изолированное сердце лягушки способно продолжать сокращаться в течение длительного времени. В начале эксперимента в сердце поступал простой раствор Рингера (изотонический раствор, осмотическое давление которого соответствует нормальному осмотическому давлению плазмы крови, и содержащий ионы натрия, калия, кальция в концентрации, соответствующей их концентрации в плазме крови). Сокращения сердца фиксировались на кардиограмме (см. график). Потом исследователь добавлял к раствору, омывающему сердце, раствор с повышенной концентрацией ионов кальция (момент добавления раствора на графике отмечен стрелкой).



- 23** Какие переменные в этом эксперименте будут зависимыми (изменяющимися), а какая переменная – независимой (задаваемой)? Объясните, как в данном эксперименте можно поставить *отрицательный контроль**. С какой целью необходимо такой контроль ставить?

* *Отрицательный контроль* – это экспериментальный контроль, при котором изучаемый объект не подвергается экспериментальному воздействию.

Элементы ответа:

- 1) зависимые переменные (изменяющиеся в эксперименте) – частота и амплитуда сердечных сокращений, независимая (задаваемая экспериментатором) – концентрация ионов кальция;
- 2) сердце в течение всего эксперимента омывать только раствором Рингера, содержащего одну и ту же (исходную, нормальную) концентрацию ионов кальция;
- 3) остальные параметры (температура, концентрация других веществ в растворе) необходимо оставить без изменений;
- 4) такой контроль позволяет установить, действительно ли наблюдающееся изменение характера работы сердца связано с увеличением концентрации ионов кальция;

ИЛИ

- 4) такой контроль позволяет проверить, насколько изменение характера работы сердца обусловлено факторами, не связанными с изменением концентрации ионов кальция.

23 Какую *нулевую гипотезу** смог сформулировать исследователь перед постановкой эксперимента? Объясните, почему в начале эксперимента используется изотонический раствор, а не просто вода. Почему результаты эксперимента могут оказаться недостоверными, если добавляемый раствор отличался от исходного концентрацией не только солей кальция, но и других веществ (например, солей калия)?

* *Нулевая гипотеза* – принимаемое по умолчанию предположение, что не существует связи между двумя наблюдаемыми событиями, феноменами.

Элементы ответа:

- 1) нулевая гипотеза – частота и амплитуда сердечных сокращений не зависят от концентрации ионов кальция;
- 2) для нормальной работы клеток сердечной ткани необходимо, чтобы осмотическое давление омывающего их раствора было таким же, как и внутри клеток. Иначе благодаря осмосу вода будет поступать в клетки, и их работа будет нарушаться. Раствор Рингера используют, чтобы по возможности имитировать параметры, характерные для плазмы крови, в норме проходящей через сердце;
- 3) работа сердца в организме может регулироваться разными способами;
- 4) некоторые другие вещества также могут оказывать влияние на характер работы сердца, что не позволит в явном виде установить зависимость именно от концентрации ионов кальция.

24 Как меняется работа сердца при увеличении концентрации ионов кальция? Какие ещё воздействия могут приводить к похожим изменениям в работе сердца в норме в организме лягушки? Что произойдёт, если после некоторого времени воздействия раствора с повышенной концентрацией ионов кальция отмыть сердце раствором Рингера, вернув концентрацию ионов кальция к исходной? Что произойдёт, если вместо раствора Рингера использовать раствор, лишённый ионов кальция?

Элементы ответа:

- 1) вследствие действия ионов кальция увеличивается частота и амплитуда сердечных сокращений;
 - 2) похожие изменения будут наблюдаться под действием адреналина или сигналов симпатической нервной системы;
 - 3) частота и амплитуда сердечных сокращений снизятся обратно к исходным;
 - 4) частота и амплитуда сердечных сокращений упадут ниже нормы, и через какое-то время возможна остановка сердца.
-

Клетка как биологическая система

Молекулярные основы жизни: химические вещества живой клетки

Данный раздел требует от сдающих ЕГЭ знания и понимания азов химии: представления о разнообразии и свойствах химических элементов, о типах химических связей и принципах их формирования, об основных классах неорганических и органических веществ. Изложение этой информации выходит далеко за пределы настоящего пособия, поэтому рекомендуем обращаться к учебной литературе по химии.

Химические элементы, которые входят в состав живых клеток, – те же самые, из которых состоят и тела неживой природы. Нет отдельной таблицы Менделеева для живого, в этом состоит *химическое единство живой и неживой природы*. Однако, несмотря на качественное сходство состава элементов, по соотношению их содержания живые организмы отличаются и обладают значительной спецификой. Почти 98% массы живой клетки, как правило, приходится на четыре элемента: углерод (С), кислород (О), водород (Н) и азот (N) (рис. 2).

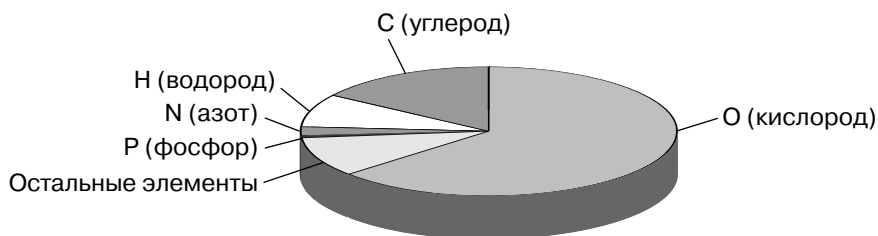


Рис. 2. Содержание химических элементов в живой клетке

По содержанию в клетках химические элементы принято делить на три группы: макроэлементы (содержание $> 0,01\%$), которые выполняют разные функции и входят в состав многих веществ, микроэлементы (содержание $< 0,01\%$), как правило, выполняющие определённые, конкретные функции, и ультрамикроэлементы (содержание $< 10^{-12}\%$), функции которых, как правило, пока неизвестны и малоисследованы. К макроэлементам, кроме С,

O, H и N, относятся P, K, Na, Mg, S, Cl, Fe*, к микроэлементам – Zn, Mn, Cu, Mo, I, F и другие, к ультрамикроэлементам – Au, Hg, Ag, Sr и др.

Из химических веществ в живых клетках на первом месте находится вода – универсальная среда для всех биохимических процессов, протекающих как внутри клеток, так и за их пределами. Среднее содержание воды в живых организмах составляет около 70% (в некоторых случаях – существенно больше).

Одним из важнейших свойств воды как растворителя является полярность её молекул: на разных их частях (из-за полярности ковалентных связей внутри молекул) формируются частичные заряды, благодаря которым молекулы воды могут взаимодействовать с другими полярными или заряженными частицами. Вещества, взаимодействующие таким образом с водой, называют *гидрофильными*; их молекулы легко соединяются («слипаются») с молекулами воды. Не взаимодействующие (нерастворимые или трудно растворимые) вещества называют *гидрофобными*; их молекулы «отталкиваются» от молекул воды.

Вода играет в живых системах не только роль растворителя, она также может вступать в некоторые химические реакции или являться их продуктом.

Неорганические вещества живой клетки (помимо воды), это прежде всего различные ионы, образующиеся при диссоциации (распаде) тех или иных минеральных солей.

Важно: смесь двух растворённых солей – это фактически набор из нескольких ионов, где нельзя сказать, какой ион какому раствору изначально принадлежал.

Иногда минеральные вещества могут кристаллизоваться и переходить в твёрдую фазу, образуя, в частности, элементы скелетов, панцирей и т. п.

Среди важнейших положительно заряженных ионов (катионов) можно назвать K^+ , Na^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , среди отрицательно заряженных (анионов) – Cl^- , HPO_4^{2-} , NO_3^- и др. Живая клетка обладает способностью активно поддерживать внутри себя определённую концентрацию тех или иных ионов, разница концентраций внутри и снаружи влияет на работу клеток.

Большое значение имеет водородный показатель (pH), определяемый через концентрацию ионов водорода (H^+). Содержимое клетки обладает буферными свойствами – обладает способностью поддерживать заданный pH, несмотря на различные внешние воздействия, пытающиеся его изменить. Важную роль в этом играют ионы HPO_4^{2-} и $H_2PO_4^-$ (фосфатная буферная система), а также ионы HCO_3^- (бикарбонатная система).

Органические вещества – это огромный и очень разнообразный класс веществ, выполняющих множество функций. В частности, можно сказать, что многие специфические свойства живых систем на разных уровнях так или иначе могут быть сведены к свойствам конкретных молекул тех или иных органических веществ.

Углеводы состоят из атомов C, O и H и обычно описываются общей формулой $C_n(H_2O)_m$ (хотя есть исключения). С точки зрения химии углеводы – это

* Некоторые авторы относят железо к микроэлементам.

альдегидоспирты (или кетоспирты), содержащие одновременно карбонильную и несколько гидроксильных групп. Типичным и очень распространённым примером углевода является молекула глюкозы.

Важно: в физиологических условиях такая молекула может замыкаться в цикл (рис. 3).

Простые углеводы классифицируют по числу атомов углерода в углеродном скелете: триозы (три атома углерода), пентозы (пять атомов углерода), гексозы (шесть атомов углерода). Формулы некоторых простых углеводов представлены на рис. 4.

Два или несколько таких углеводов могут быть соединены при помощи специальной ковалентной связи, называемой *гликозидной* (рис. 5). Углеводы, представляющие собой молекулы с целостным углеродным скелетом, называют *моносахаридами*, а соединённые гликозидной связью два или более моносахарида – *дисахаридами* и *олигосахаридами*.

Очевидно, что можно представить себе и длинные цепи подобным образом соединённых моносахаридов – *полисахариды* (см. рис. 6 на с. 15).

Функции углеводов:

- *энергетическая:* углеводы могут использоваться как источник энергии (например, глюкоза);
- *запасная:* клетки могут накапливать углеводы, чтобы впоследствии использовать их в качестве источника энергии. Накапливаются, как

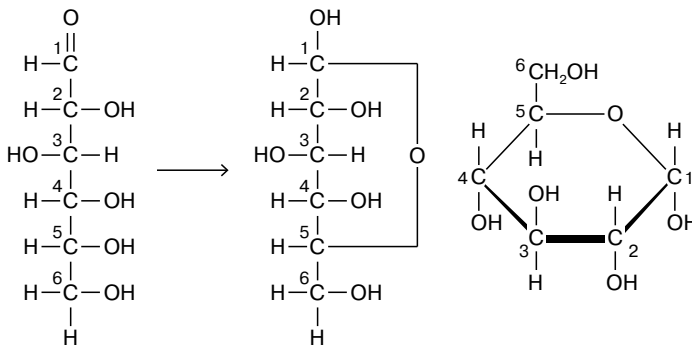


Рис. 3. Глюкоза (циклическое строение молекулы)

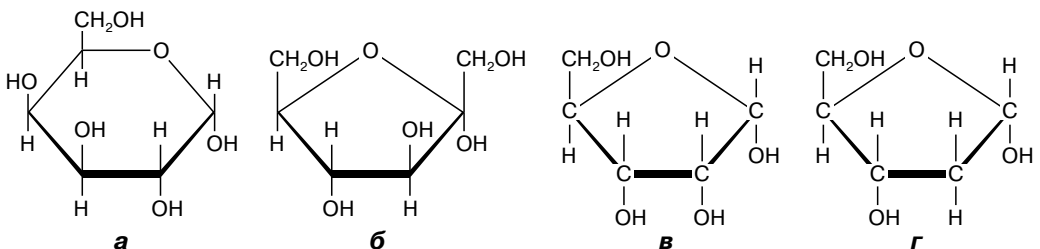


Рис. 4. Моносахариды:

а – галактоза; б – фруктоза; в – рибоза; г – дезоксирибоза