

Министерство образования и науки Российской Федерации
Ярославский государственный университет им. П. Г. Демидова
Кафедра морфологии

**И. М. Прохорова
М. И. Ковалева
А. Н. Фомичева**

Биология с основами экологии

Часть 1

Методические указания

Рекомендовано

*Научно-методическим советом университета для студентов,
обучающихся по направлению Химия*

Ярославль 2011

УДК 574
ББК Е 04я73
П 84

Рекомендовано
Редакционно-издательским советом университета
в качестве учебного издания. План 2010/2011 учебного года

Рецензент
кафедра морфологии
Ярославского государственного университета им. П. Г. Демидова

Прохорова, И. М. Биология с основами экологии.
П 84 **Ч. 1 :** методические указания / И. М. Прохорова,
М. И. Ковалева, А. Н. Фомичева; Яросл. гос. ун-т
им. П. Г. Демидова. – Ярославль : ЯрГУ, 2011. – 48 с.

Методические указания подготовлены на основе программы дисциплины «Биология с основами экологии», соответствующей Государственному образовательному стандарту, и являются первой частью этого курса. Включают такие разделы, как «Свойства живых систем», «Клеточная теория» (строение и химический состав клетки), «Размножение» (клеточный и организменный уровни).

Предназначены для студентов, обучающихся по направлению 020100.62 Химия (дисциплина «Биология с основами экологии», блок ЕН), очной формы обучения.

УДК 574
ББК Е 04я73

© Ярославский государственный
университет им. П. Г. Демидова,
2011

1. Введение в курс биологии

1.1. Биология как наука, методы биологии

Биология (*bios* – жизнь, *logos* – слово, учение) – наука о жизни. Биология как наука зародилась около 2000 лет назад. Основателем биологии является Аристотель. Термин предложил немецкий ученый Г. Р. Тревиранус в 1802 г.

Предметом биологии являются все проявления жизни. Биология изучает строение, функционирование организмов и их сообществ, распространение, происхождение, развитие индивидуальное и историческое, их взаимодействие между собой и с окружающей средой.

Живые биологические системы очень сложны, поэтому сложны и очень разнообразны методы, способы и формы их исследования. Однако, несмотря на это разнообразие, можно выделить наиболее важные методы исследования, используемые практически во всех биологических науках, – наблюдение, описание, эксперимент, сравнительный и исторический методы, моделирование.

Метод наблюдения дает возможность анализировать и описывать биологические объекты и явления. На методе наблюдения основывается описательный метод. Чтобы выяснить сущность явления, необходимо прежде всего собрать фактический материал и описать его.

Сравнительный метод позволяет через сопоставление изучать сходство и различия организмов и их частей.

Исторический метод выясняет закономерности появления и развития организмов, становления их структуры и механизмов функционирования.

Экспериментальный метод связан с целенаправленным созданием ситуации, которая помогает исследователю изучать свойства и явления живой природы. Этот метод позволяет исследовать явления изолированно и добиваться их повторяемости при воспроизведении тех же условий.

К новым методам исследования в современной биологии можно отнести **моделирование**. Основными методами исследования биологических систем являются наблюдение и экспе-

римент. Но эксперименты со многими объектами, особенно надорганизменного уровня (популяции, сообщества, экосистемы, биосфера), часто недопустимы в силу их уникальности или невозможны по причинам технического и финансового характера, а также из-за длительности многих экспериментов. Поэтому эти объекты заменяют их искусственными упрощенными копиями – моделями, на которых проводят эксперименты. Например, простейшей моделью водной экосистемы является аквариум. Ведущее место среди различных типов моделей занимают математические, которые можно реализовать на компьютере. Математические модели позволяют выявлять «белые пятна» наших знаний об объектах исследования, прогнозировать их развитие, выявлять пределы устойчивости и оптимизировать функционирование с целью сохранения в изменяющихся условиях внешней среды или рационального использования. Преимущества экспериментов на модели заключаются в том, что при моделировании могут быть воспроизведены такие крайние положения, которые подчас не могут быть воссозданы на самом объекте.

Примеры моделей: модель последствий ядерной войны, модель экосистемы оз. Байкал, модель распределения рыбы в Японском море для организации рационального промысла (В. В. Меншуткин, Л. А. Жаков, ЯрГУ).

Комплексное, или системное, изучение природы с использованием различных методов позволяет наиболее полно познать явления и объекты окружающего мира.

1.2. Классификация биологических наук

Биология изучает все живые организмы, их строение и все закономерности жизнедеятельности от вирусов до человека. Поскольку проявления жизни у разных организмов разнообразны, их изучение позволило биологии накопить колоссальный фактический материал. Сейчас биология представляет собой комплекс самостоятельных наук. Классификации биологических наук различаются в зависимости от того, что положено в основу.

1. По объекту исследования биология делится на ботанику, зоологию, микробиологию, антропологию.

По мере накопления знаний эти науки, в свою очередь, делятся на разделы, которые становятся самостоятельными науками. Например, зоология делится на ихтиологию, энтомологию, орнитологию... Далее эти разделы делятся на подразделы и становятся самостоятельными науками. Например, в ихтиологии выделяют систематику рыб, генетику рыб, физиологию рыб, биологию развития рыб и пр.

2. Другая классификация биологических наук – науки, изучающие свойства и признаки живого:

- морфология (изучает строение),
- физиология (изучает функции),
- экология (изучает образ жизни),
- биология развития,
- генетика (изучает закономерности наследственности и изменчивости),
- эволюционное учение (изучает закономерности исторического развития)...

В этих науках также накоплен значительный материал, и их разделы тоже становятся самостоятельными науками (например, морфология делится на анатомию, гистологию, цитологию).

3. Науки классифицируются по использованным методам:

- биохимия (химические методы),
- биофизика (физические методы),
- биометрия (математические методы),
- генетическая инженерия (методы работы с чистыми генами).

4. По практическому значению все науки делятся на теоретические (теоретическая биология, эволюционное учение) и прикладные (медицина, сельскохозяйственные науки, биотехнология).

Предмет общей биологии

Самостоятельной наукой стала и общая биология – область знаний, изучающая наиболее широкие, универсальные закономерности строения и функционирования живых систем, свойственные **всем** организмам от вирусов до человека.

1.3. Свойства живых систем

1. Целостность и дискретность. Организм целостен, нарушение целостности приведет к его гибели. Вместе с тем организм дискретен, состоит из отдельных, но взаимодействующих частей, например органов (см. раздел «Уровни организации»).

2. Структурированность – наличие определенного строения, нарушение которого приводит к гибели организма.

3. Субстрат – это материал, из которого построен организм. Для живых организмов это прежде всего комплекс биополимеров – белков и нуклеиновых кислот.

4. Обмен веществ (метаболизм). Все живые организмы на Земле – открытые системы, через которые проходят потоки вещества и энергии. Организмы поглощают из окружающей среды элементы, необходимые для питания, и выделяют продукты жизнедеятельности. Обмен веществ обеспечивает постоянство химического состава и строения всех частей организма.

5. Гомеостаз (саморегуляция) – способность организмов сохранять постоянство внутренней среды (например, постоянная температура тела человека $36,6^{\circ}\text{C}$ при любой температуре окружающей среды).

6. Раздражимость – свойство живого организма воспринимать внешние и внутренние раздражители и реагировать на них.

7. Размножение (самовоспроизведение, репродукция) – свойство организмов воспроизводить себе подобных, что обеспечивает непрерывность и преемственность жизни. В основе размножения на молекулярном уровне лежит самоудвоение ДНК (репликация), на клеточном уровне – деление, на организменном – размножение организмов.

8. Наследственность – способность организмов передавать свои признаки и особенности развития из поколения в поколение. Она обусловлена стабильностью, то есть постоянством молекул ДНК.

9. Изменчивость – свойство организмов существовать в различных формах (вариантах). Изменчивость проявляется в появлении различий между потомками одного поколения и между родителями и потомками. Изменчивость создает разнообразный материал для отбора наиболее приспособленных осо-

бей к конкретным условиям существования, что приводит к появлению новых форм жизни, новых видов организмов.

10. Рост и развитие (онтогенез). Рост выражается, как правило, в увеличении массы. Развитие выражается в проявлении различий в строении и функциях развивающегося организма.

1.4. Уровни организации живых систем

Природа – единое целое, упорядоченное и сложноорганизованное, находящееся в устойчивом неравновесии. Но в общей организации природы можно выделить несколько уровней структурной организации со своими закономерностями и спецификой, т. е. природа – иерархическая система.

Таблица 1

Уровни организации живого

<i>Уровень</i>	<i>Элементарная единица, Элементарное явление</i>	<i>Науки, их изучающие</i>
<i>Биологические микросистемы</i>		
молекуляр- ный	ген <i>конвариантная репликация гена</i>	биофизика
клеточный	клетка <i>реакции клеточного обмена</i>	цитология, генетика
<i>Биологические мезосистемы</i>		
тканевой	ткань <i>формирование и развитие тканей</i>	гистология, эмбриология, генетика
органный, системный	органы <i>функционирование органа</i>	анатомия, эмбриология, физиология, генетика
организмен- ный	организм <i>индивидуальное развитие орга- низма</i>	ботаника, зоология, микробиология, физио- логия, эмбриология, генетика
<i>Биологические макросистемы</i>		
популяци- онно-видо- вой	популяция <i>изменение генофонда популяции</i>	систематика, биогео- графия, экология, этология, генетика
биогеоцено- тический	биогеоценоз <i>круговорот веществ в биогео- ценозе</i>	экология
биосфер- ный	не выделяется	экология

На системном уровне органы организма объединяются в системы органов, например пищеварительную, дыхательную и пр. Все системы, исходя из выполняемых задач, объединяются в группы систем.

Таблица 2

Группы систем органов

<i>Группа систем</i>	<i>Системы органов, входящие в группу</i>
1. Внешнего обмена	пищеварительная, дыхательная, выделительная
2. Внутреннего обмена	кровеносная, лимфатическая
3. Опоры и движения	скелет, связочный аппарат, мышечная система
4. Регуляции	нервная, эндокринная
5. Репродуктивная	половая, органы бесполого размножения

2. Клеточная теория

2.1. История создания клеточной теории

Клетка является структурной и функциональной единицей всех живых организмов. Жизнь на Земле во всех своих проявлениях представлена клетками, похожими и различными, но все они имеют единый план строения и принцип организации.

Впервые клетки увидел в 1665 г. англичанин Р. Гук. Он наблюдал на срезе пробки пустые ячейки, которые и назвал клетками. Затем голландский натуралист А. ван Левенгук открыл одноклеточные организмы и бактерии. В 1831 г. Р. Броун описал ядро в растительной клетке.

В результате обобщения накопленных к тому времени данных немецкие ученые М. Шванн и Т. Шлейден в 1838–1839 гг. сформулировали основные положения клеточной теории, согласно которой клетка является единицей структуры и функции живых организмов. Позднее, в 1855 г., Р. Вирхов показал, что все дочерние клетки образуются путем деления материнских и другого способа образования клеток не существует. Таким обра-

зом, клетка является и единицей размножения всех организмов (растений и животных).

Все основные положения клеточной теории сохранили значение и в настоящее время. В современном виде теория содержит четыре основных положения.

2.2. Основные положения клеточной теории

- Клетка является наименьшей, элементарной структурной и функциональной единицей живого. Вне клетки нет жизни.

- Все организмы состоят из клеток. Клетки всех одноклеточных и многоклеточных организмов сходны по своему строению, химическому составу, обмену веществ и другим основным проявлениям жизненных процессов.

- У многоклеточных организмов клетки дифференцируются, специализируясь по выполнению определенной функции. Клетки объединены в ткани и органы. Дифференцировка клеток определяется тем, что в разных органах, в разных клетках активированы (работают) разные гены.

- Клетки образуются только в результате деления исходной (родительской) клетки. Все организмы развиваются из одной клетки или группы клеток.

Следует помнить, что клетка является наименьшей системой, для которой характерны все свойства живых систем.

Клетки растений и животных, клетки разных тканей одного организма очень сходны: в них сходства намного больше, чем различий. Это сходство в единстве организации, протекании главных процессов жизнедеятельности, регуляции этих процессов, размножении, хранении и реализации наследственной информации.

Значение клеточной теории заключается в том, что она доказывает единство происхождения всех живых организмов на Земле. В настоящее время клеточная теория является одной из базовых теорий биологии, на которой держатся и строятся новые исследования и теории.

Преимущества клеточной организации:

- Организм, являясь дискретным, сохраняет свою целостность,

- Организм, состоящий из клеток, имеет большую суммарную клеточную поверхность, что благоприятно сказывается на обмене веществ,
- Превращение и использование энергии возможно только с использованием внутриклеточных структур,
- Возможно разделение функций между клетками (специализация, дифференцировка), что позволяет качественно и быстро выполнять какие-либо функции; с другой стороны, является предпосылкой усложнения организации.
- Возможен «ремонт на ходу» и, как следствие, увеличение продолжительности жизни.
- Наилучшее хранение, воспроизведение генетической информации (компактная упаковка – легкая передача наследственной информации).
- Увеличение эффективности размножения (выделение специализированных клеток).

3. Химия клетки

3.1. Химический состав живых систем

Все клетки сходны по химическому составу. Химический состав живых систем отличаются две особенности:

- 1) клетки состоят главным образом из воды (сосуды с водой),
- 2) молекулы имеют углеродный скелет (органические соединения).

В живых системах находятся те же химические элементы, что и в неживой природе, однако в других соотношениях. Наиболее распространены в живой природе кислород, углерод, водород и азот (органогены), а в неживой природе – алюминий, кремний, натрий (их содержание составляет 90 %). Всего в организмах встречается более 80 химических элементов. Их делят на три группы:

1. Макроэлементы составляют 98 %: кислород О, углерод С, водород Н, азот N. Они входят в состав всех жизненно важных биологических веществ.

2. Микроэлементы составляют 1,9% (8 элементов): сера, фосфор, калий, хлор, кальций, магний, натрий, железо.

3. Ультрамикроэлементы. К ним относят цинк, медь, фтор, марганец, кобальт, кремний и др. элементы, содержащиеся в клетке в исключительно малых количествах (суммарное содержание 0,1%).

Несмотря на низкое содержание, микро- и ультрамикроэлементы играют важную роль в жизнедеятельности клетки. Например, цинк входит в состав около 100 ферментов, в частности РНК и ДНК-полимераз, в гормон поджелудочной железы инсулин, железо – компонент гемоглобина, йод – гормона щитовидной железы.

Все элементы в клетке находятся в виде ионов либо входят в состав образующихся химических соединений.

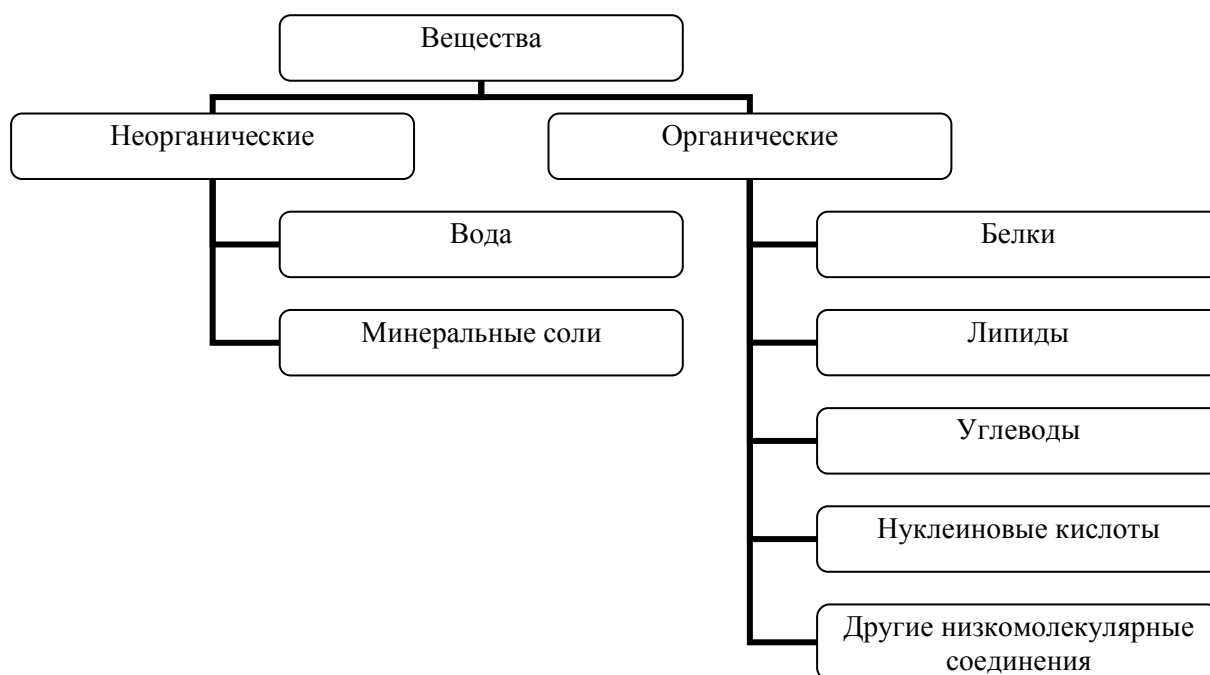


Рис. 1. Химические соединения клетки

3.2. Вода

Вода – самое распространенное соединение в живых системах. Но содержание воды колеблется в широких пределах: от 10% (эмаль зубов), 20% (костная ткань), до 85% (головной мозг человека), в сухих семенах 10–12%, у медузы 95–98%, т. е.

весь организм по существу состоит из воды. Потеря 20% воды приводит к гибели клетки или анабиозу.

Свойства воды уникальны, т. е. ни одно другое соединение не обладает ими. Это обусловлено строением ее молекул: один атом кислорода связан прочной ковалентной связью с двумя атомами водорода: H_2O – очень простое соединение. Атомы водорода присоединены к кислороду под углом $104,5^\circ$.

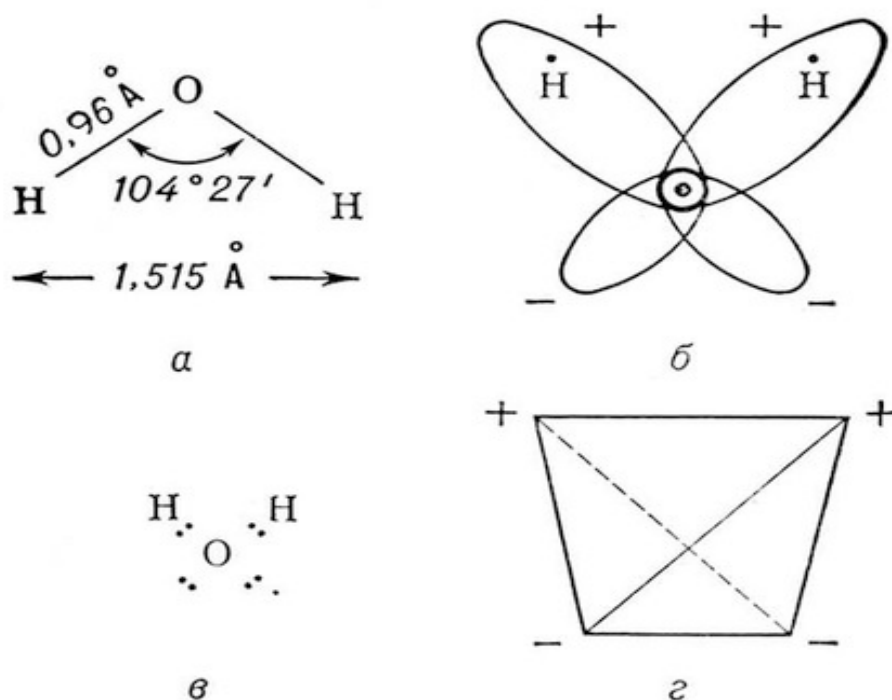


Рис. 2. Строение молекулы воды

Особенности физических свойств воды связаны со структурой её молекулы и особенностями межмолекулярных взаимодействий. Распределение электронной плотности в молекуле воды таково (рис. 2 б, в), что создаются 4 полюса зарядов: 2 положительных, связанных с атомами водорода, и 2 отрицательных, связанных с электронными облаками электронов атома кислорода. Указанные 4 полюса зарядов располагаются в вершинах тетраэдра (рис. 1 г). Благодаря этому молекула воды дипольна, а четыре полюса зарядов позволяют каждой молекуле образовать четыре водородные связи с соседними (такими же) молекулами. В результате образуются кластеры (при мгновенном замораживании они похожи на красивые снежинки, рис. 3).

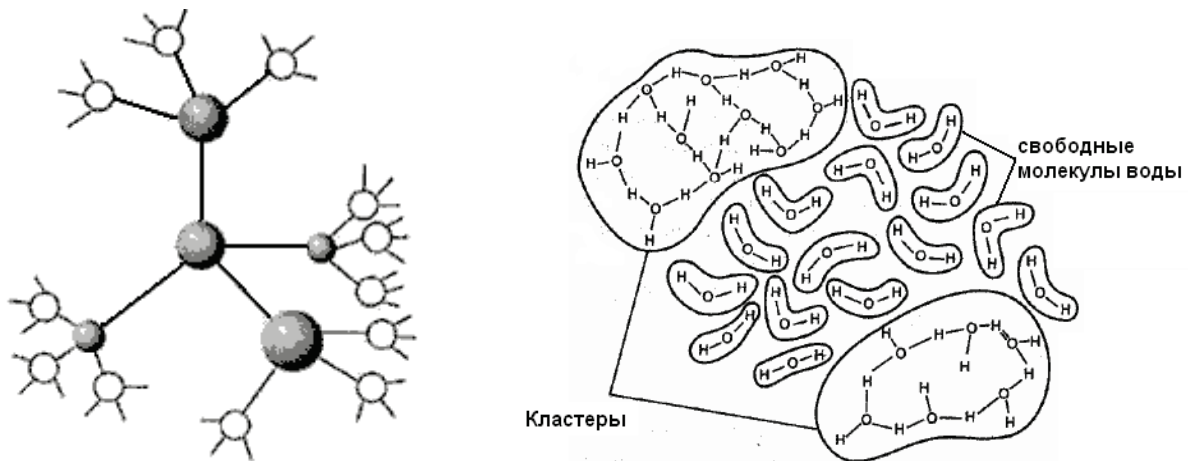


Рис. 3. Образование кластера воды

Кластеры образуют **рабочую** «структуру воды». Водородные связи слабые, в 15–20 раз слабее ковалентных, поэтому одни связи легко рвутся, другие возникают. Вследствие этого молекулы очень подвижны. Любые внешние изменения (температуры, давления и т. д.) меняют эту рабочую структуру. Таким образом, вода обладает высокой чувствительностью и памятью.

Молекулы воды могут присоединяться к молекулам, несущим электронный заряд, в результате образуются гидраты. Если сила притяжения между молекулами воды меньше, чем притяжение воды к молекулам вещества, вещество растворяется.

Свойства и функции воды

1. Связывает в единую систему всю живую и неживую природу на планете. Вода подвижна, изменчива, но меняется не химический состав молекул, а структура кластера.

2. Вода – универсальный растворитель. Из-за полярности она не имеет в этом себе равных: в воде растворяется больше веществ, чем в каких-либо других жидкостях. Вещества в клетку поступают и выводятся только в растворенном виде.

3. По отношению к воде вещества в клетке делятся на 2 группы:

а) гидрофобные (*fobos* – страх, ужас): нерастворимы в воде (жиры, полисахариды и др.);

б) гидрофильные (*fileon* – люблю): растворимы в воде (минеральные соли, кислоты, моносахариды и др.).

Благодаря этому свойству воды (за счет гидрофобных взаимодействий) в клетке собираются биологические мембраны, белки и ДНК принимают форму спирали.

4. Для воды характерна высокая теплоемкость (т. е. чтобы поднять температуру воды и разорвать водородные связи, требуется много энергии). Так, температура кипения воды 100°C , а спирта 70°C .

5. Высокая теплопроводность. Благодаря этому свойству в клетке и организме поддерживается тепловое равновесие.

6. Вода сама как химическое соединение участвует во многих химических реакциях. Например, реакции гидролиза идут за счет присоединения воды.

7. Является источником O_2 и H^+ при фотосинтезе (фотолиз воды).

8. Вода – основная среда для транспорта веществ в клетке (диффузия) и организме (токи крови и лимфы, межтканевой жидкости, содержащей питательные вещества, O_2 и CO_2 , гормоны, вещества, включающие и выключающие работу генов). Это транспортная функция.

9. Обеспечивает объем и упругость клетки: тургорное и осмотическое давление, сохраняет форму клеток и организмов (гидроскелет у круглых и кольчатых червей).

10. Среда для оплодотворения.

11. Среда для жизни водных организмов.

12. Среда для развития зародышей животных (в амнионе).

13. Участвует в образовании смазочных жидкостей в суставах, плевральной полости, околосердечной сумке.

14. Образует слизи, обеспечивающие передвижение веществ по кишечнику, влажную среду на слизистых оболочках (чихание, кашель).

15. Участвует в образовании секретов (слюна, слезы, желчь, сперма и соли в организме).

16. Вода – лимитирующий фактор жизни на нашей планете. Всюду, где есть вода, есть жизнь, где нет воды – там нет жизни.

3.3. Липиды

Липиды (от греч. *lipos* – жир) – группа веществ, химически разнообразных, но обладающих некоторыми общими свойствами. Так, все липиды неполярны, следовательно, нерастворимы в воде, но хорошо растворяются в неполярных растворах (бензин, эфир, хлороформ и др.).

Липиды содержатся во всех клетках, но количество сильно различается: от 1,5% до 70% (сухие семена). В клетке наиболее важная роль принадлежит таким липидам, как *жиры* и *жироподобные вещества* (фосфолипиды и воски).

Жиры представляют собой соединения двух–трех молекул жирных кислот и одной молекулы многоатомного спирта (рис. 4).

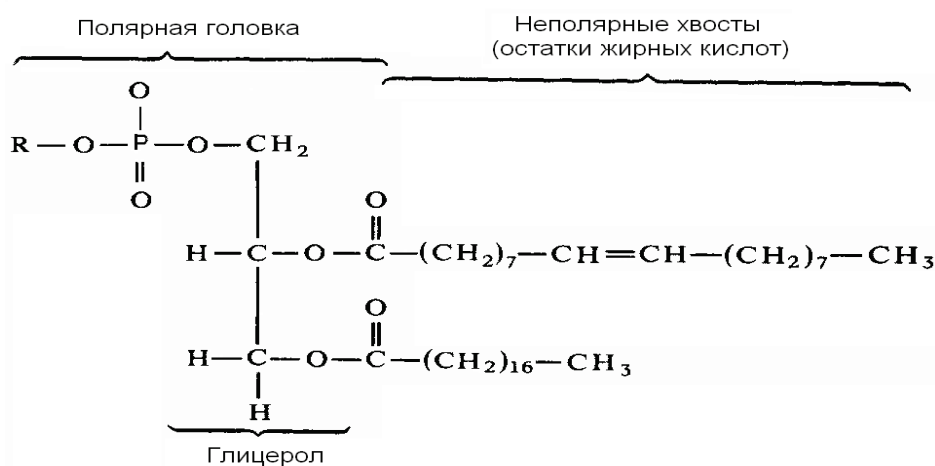


Рис. 4. Структура фосфолипида

Общая формула жирных кислот $R-COOH$, где R – радикал, по которому различаются жирные кислоты. Радикал гидрофилен, а «хвост» гидрофобен. Поэтому расположение таких молекул в воде, в масле и на границе воды и масла будет различно.

Жирные кислоты бывают насыщенные (твердые) и ненасыщенные (жидкие, называются *масла*). Насыщенные характерны для животных, более твердые. Исключение – рыбий жир. Ненасыщенные характерны для клеток растительных организмов. Исключение – кокосовый жир.

Липиды делятся на простые и сложные. Простые липиды (жиры, воски, масла) состоят только из остатков жирных кислот и

многоатомных спиртов. Сложные липиды состоят из остатков жирных кислот, спиртов и других веществ.

Фосфолипиды – соединения липидов и остатков фосфорной кислоты, входят в состав биологических мембран.

Гликолипиды – соединения липидов и углеводов (образуют гликокалекс).

Липопротеиды – соединения липидов и белков.

Липиды синтезируются в каналах эндоплазматической сети, аппарате Гольджи. В организм животных липиды поступают с пищей, расщепляются до глицерина и жирных кислот, а эти, в свою очередь, образуют жиры клетки.

Функции липидов

1. Строительная. Липиды входят в состав биомембран, а следовательно, почти во все органоиды клетки (см. рис. 5). Благодаря биомембране клетка отгорожена от среды, так как мембрана не растворяется в воде. Мембрана полупроницаема, поэтому в клетке своя среда, отличная от окружающей.

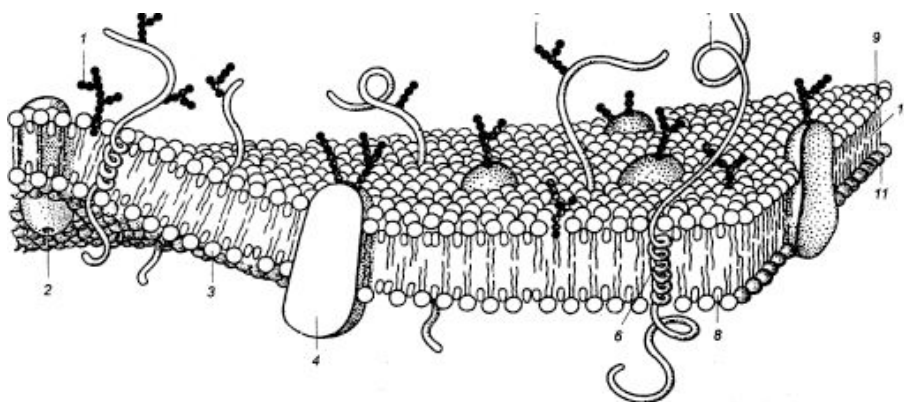


Рис. 5. Строение биологической мембраны

2. Энергетическая. Жиры окисляются, выделяя много энергии: 1 г дает 38,9 кДж, т. е. примерно в 2 раза больше, чем углеводы. Они обеспечивают 25–30% энергии, необходимой организму.

3. Защитная

а) у жира низкая теплопроводность (в отличие от воды). Поэтому жировая прослойка обеспечивает теплокровным жи-

вотным постоянную температуру тела. Так, киты, жировая прослойка которых достигает 1 м, живут и размножаются при 4°C; б) жир обеспечивает защиту и от механических воздействий (амортизация). У животных жир откладывается на почках, вокруг глаз, в подкожной жировой клетчатке. Растения благодаря жировой смазке листьев не намокают во время дождя. У животных – смазка перьев, шерсти, кожных покровов.

4. Запасающая. Липиды служат в качестве запасных питательных веществ у животных и растений, особенно много их в семенах.

5. Жир окисляется с образованием **эндогенной воды**, поэтому при спячке (медведи, сурки) жиры обеспечивают организм не только энергией, но и водой. 1 кг жира дает 1,1 л эндогенной воды.

6. Некоторые липиды являются **биологически активными веществами**: гормоны (например, половые), желчные кислоты, холестерин, кортизон, у растений – ростовые вещества (подобные гормонам животных).

3.4. Углеводы

Углеводы – органические соединения, в состав которых входят три элемента: углерод, водород, кислород. Общая формула $C_n(H_2O)_n$, за что они получили свое название – углеводы. Углеводы содержатся во всех организмах, особенно много их в растениях – до 90% сухой массы (целлюлоза, крахмал). В животных клетках находится в пределах 1–2% углеводов.

Углеводы принято делить на три основные группы: моносахариды, олигосахариды и полисахариды (см. рис. 6).

Чем меньше молекулярные вес, тем углеводы более сладкие и лучше растворяются в воде. С увеличением молекулярного веса теряется сладкий вкус и снижается растворимость. Так, наиболее сладкая и легко растворимая глюкоза, а целлюлоза и крахмал нерастворимы и несладки.

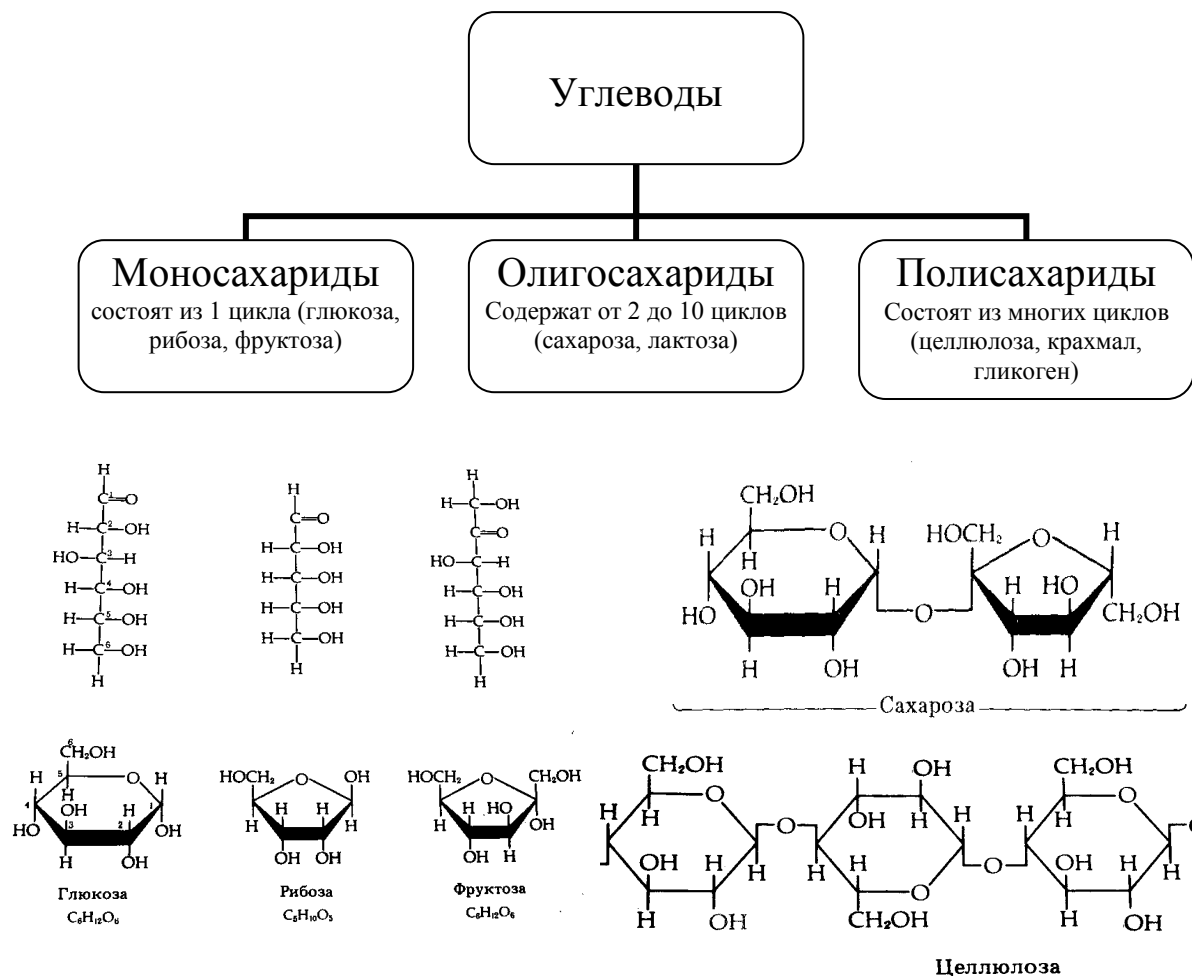


Рис. 6. Углеводы

Функции углеводов

1. Энергетическая. Легко разлагаются с выделением энергии. 1 г углеводов при разложении до CO_2 и H_2O дает 17,6 кДж, т. е. столько же, сколько дает 1 г белка. Однако углеводы легче расщепляются благодаря строению молекулы, поэтому используются с первую очередь. 60% энергии у человека обеспечивается за счет углеводов.

2. Строительная. Из углеводов построены органоиды клетки, например целлюлозная оболочка, гликокаликс, хитин, муреин.

3. Запасающая. Углеводы запасаются у животных и у растений (жир, крахмал, гликоген). Они нерастворимы в воде, поэтому «консервируются» в виде капель, гранул.

4. Защитная. Например, хитиновый покров у членистоногих и грибов.

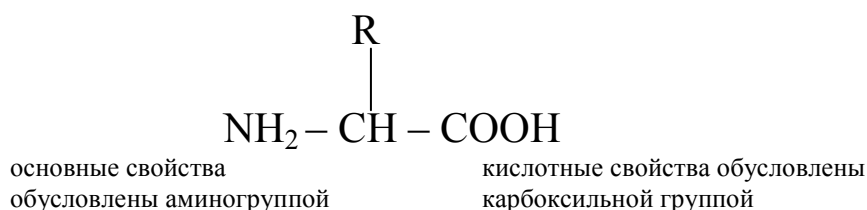
5. Входят в состав ДНК (дезоксирибоза), РНК (рибоза), АТФ (рибоза).

3.5. Белки

Белки – сложные органические вещества, состоящие из Н, О, С, N. Некоторые белки образуют комплексы с другими соединениями, включающими S, P, Fe, Zn, Cu. Белки – очень крупные молекулы, вторые на планете после ДНК, молекулярный вес от нескольких тысяч до сотен тысяч.

Белки – полимеры, мономерами которых являются аминокислоты. Так, в организмах на нашей планете содержится 20 типов аминокислот. Некоторые аминокислоты являются незаменимыми: они не синтезируются в организме человека, а должны поступать с пищей. Их восемь (триптофан, лизин, метионин, валин, лейцин, изолейцин, фенилаланин, треонин).

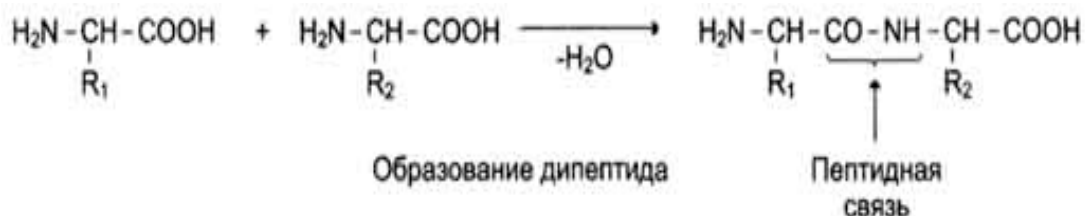
Построены все аминокислоты по одной схеме:



Различаются аминокислоты только по радикалу.

Образование полипептидной цепи

Оказавшись рядом во время синтеза белка, аминокислоты соединяются, и образуется дипептид.



Пептидная связь – ковалентная, т. е. очень прочная. Две аминокислоты образуют дипептид, если аминокислот много –

полипептид. Все белки – полипептиды, т. к. их молекулы включают тысячи аминокислотных остатков.

Последовательность аминокислот в первичной полипептидной цепи определяется генами. Это и есть **первичная структура** молекулы белка. В таком состоянии белок неактивен, т. е. не работает в клетке. Далее идет преобразование этой нити, которое зависит только от того, какие аминокислоты и в каком порядке собраны в белке.

Вторичная структура – это первичная полипептидная цепь, закрученная в спираль. Витки спирали удерживаются водородными связями. Для неактивных белков (кератин ногтей) это не спираль, а лестница. При вторичной структуре белок уже может быть активным, т. е. работать в клетке.

Третичная структура – за счет ионной связи (дисульфидные мостики), водородных связей и гидрофобных взаимодействий. Радикалы бывают гидрофильные и гидрофобные, поэтому они или притягиваются, или отталкиваются, и спираль превращается в глобулу (рис. 7). Большинство белков работает именно в этой структуре.

Четвертичная структура – некоторые белки состоят из нескольких полипептидных цепей и могут даже включать небелковые компоненты. Например, гемоглобин крови состоит из четырех полипептидных нитей и небелкового компонента гемма, содержащего железо. Железо определяет красный цвет нашей крови. Если в молекуле содержится не железо, а медь, кровь будет «голубая». Связи между компонентами обеспечиваются дисульфидными мостиками, водородными связями и гидрофобными взаимодействиями.

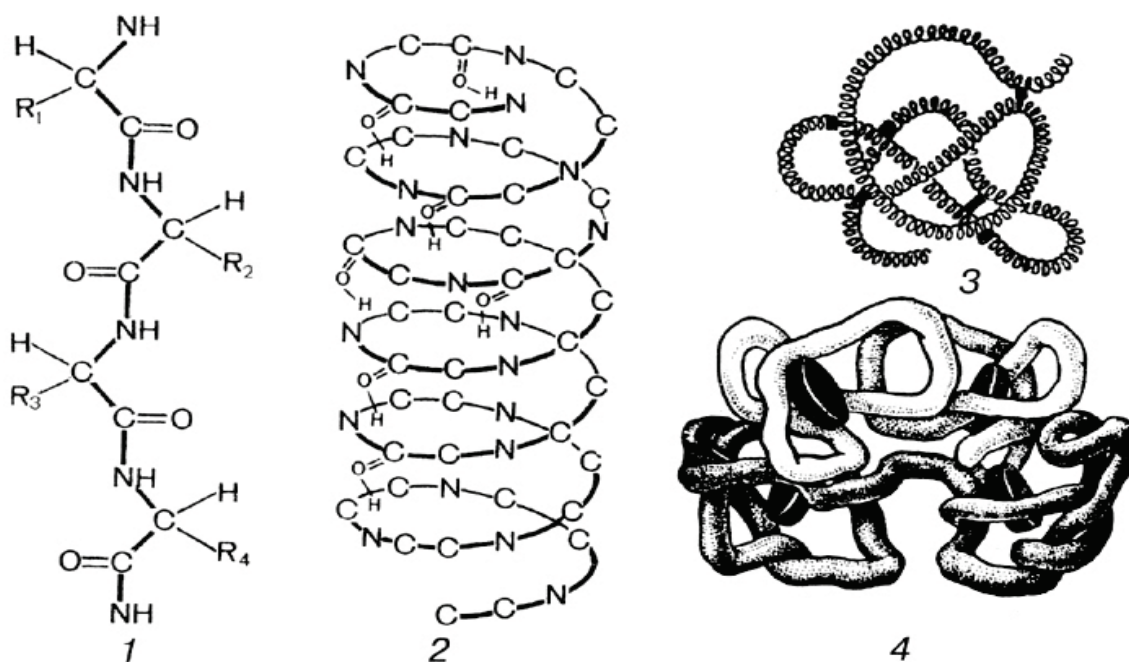


Рис. 7. Первичная (1), вторичная (2), третичная (3) и четвертичная (4) структура белка

Белки очень лабильны, чувствительны к условиям окружающей среды и под действием физических и химических факторов (температура, кислотность среды и т. д.) могут изменять свою структуру – *денатурировать*. Четвертичная структура переходит в третичную, третичная – во вторичную, вторичная – в первичную. При возвращении прежних условий белки могут восстановить свою структуру. Это называется *ренатурация*. Первичная структура перейдет во вторичную, вторичная – в третичную, третичная – в четвертичную. Процессы денатурации и ренатурации постоянно идут в клетке.

При нарушении первичной структуры, т. е. когда первичная полипептидная цепь распадается на отдельные аминокислоты, денатурация необратима. В новый белок аминокислоты могут собраться только по указанию ДНК. Таким образом, на нашей планете существует только один путь получения белков – по указанию ДНК в рибосомах.

По аминокислотному составу белки делятся на полноценные (т. е. содержат все или почти все незаменимые аминокислоты) (альбумин яйца, мясо, рыба, молоко), т. е. продукты, которые определяют рост и развитие ребенка. Неполюценные (не содержат полного набора аминокислот) – большинство растительных белков.

Функции белков

1. Строительная. Все биологические мембраны построены из белков и липидов, а следовательно, все мембранные органоиды клетки. Кроме того, белки составляют и основу немембранных компонентов – рибосом, образуют ее цитоскелет. Белок коллаген – главный компонент хрящей суставов, из белка кератина состоят волосы, ногти, перья.

2. Ферментативная (каталитическая). Все реакции в клетке идут с участием биологических катализаторов – ферментов. Они ускоряют и направляют химические реакции.

3. Энергетическая. При разложении белка выделяется энергия, 1 г белка дает 17,6 кДж энергии.

4. Защитная (иммунологическая). В организме человека содержатся защитные белки – антитела. Они связываются с возбудителями болезней (антигенами), образуя комплексы «антиген – антитело», которые не способны выполнять свои функции.

5. Двигательная (сократительная). Все виды движений выполняются сократительными (двигательными) белками. К таким белкам относятся актин и миозин. Белки обеспечивают движение жгутиков и ресничек, листьев растений, расхождений хромосом при делении клеток.

6. Регуляторная. Большинство гормонов – белки. Они контролируют развитие организма и все процессы его жизнедеятельности.

7. Сигнальная. В биологических мембранах находятся специальные белки-рецепторы. В ответ на химические и физические факторы они меняют структуру, а следовательно и конформацию молекул белков, обеспечивают прием сигналов и передачу их в клетку. Это обуславливает раздражимость.

8. Транспортная. Белки переносят атомы, группы атомов и молекулы (гемоглобин).

Таким образом, белки определяют практически все свойства и признаки организма.

4. Организация клетки

По характеру организации генетического материала можно выделить несколько типов клеточной организации.

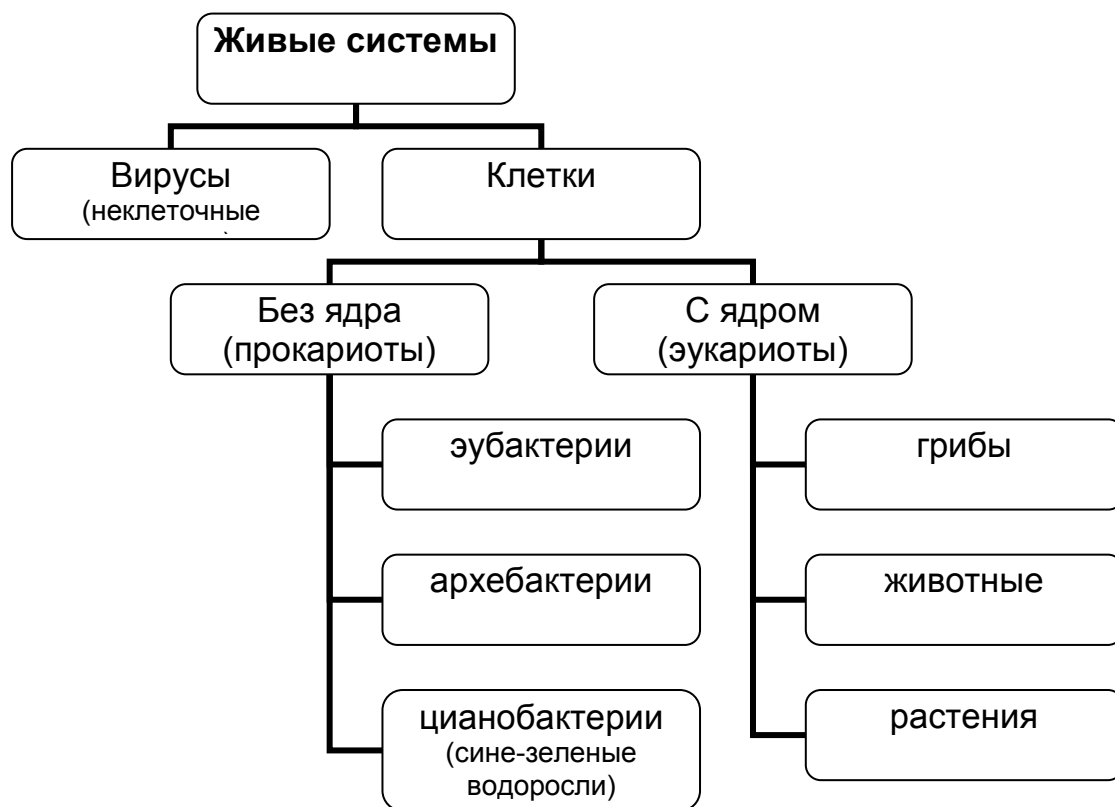


Рис. 8. Типы клеточной организации

Таблица 3


Характерные признаки прокариотических и эукариотических клеток

	<i>Признак</i>	<i>Прокариоты</i>	<i>Эукариоты</i>
1.	Размер клетки	0,5–5 мкм	Обычно до 40 км
2.	Плазматическая мембрана	+	+
3.	Клеточная стенка	Состоит из аминокислот и полисахаридов и мурамовой кислоты	+ (основной компонент у растений – целлюлоза, у грибов – хитин)
4.	Капсула	Если имеется, то состоит из мукополисахаридов	-
5.	Ядерная мембрана	-	+

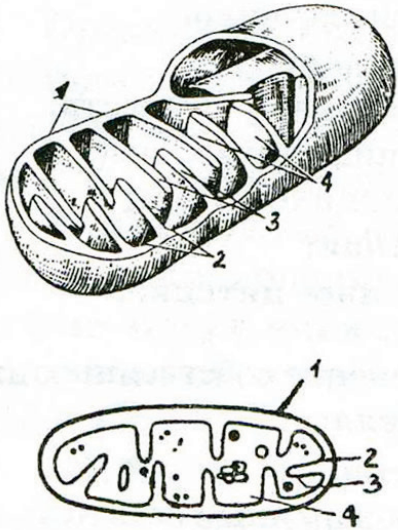
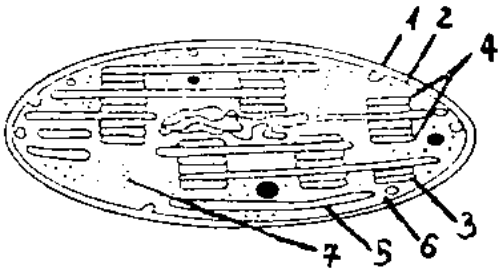
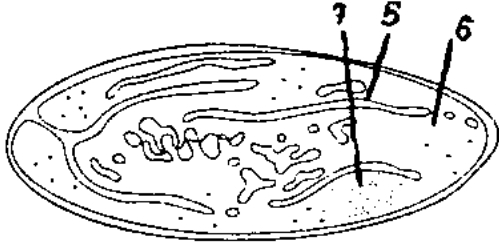
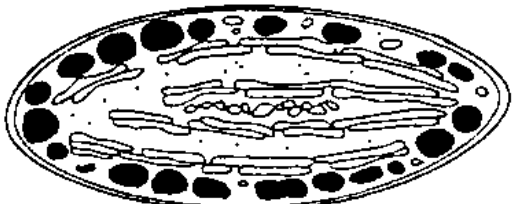
6.	Генетический материал	Одиночная кольцевая ДНК (нуклеоид), чистая ДНК, без связей с белком	В ядре несколько линейных хромосом, состоят из ДНК и белка
7.	Митохондрии	-	+
8.	Эндоплазматическая сеть	-	+
9.	Аппарат Гольджи	-	+
10.	Рибосомы	+(мелкие, до 70 S)	+(80 S и крупнее)
11.	Вакуоли	-	+(у растений)
12.	Лизосомы	-	+
13.	Фиксация азота	+(у некоторых видов)	-
14.	Деление клетки	Простое деление (бинарное)	Митоз, мейоз

4.1. Строение эукариотической клетки

Таблица 4

Клеточные органеллы	Строение	Функции
Одномембранные органеллы		
Эндоплазматическая сеть (ЭПС)	Система мембран, образующих трубочки, каналы, цистерны, пронизывающая цитоплазму и контактирующая с мембранами клетки	Соединяет все клеточные мембранные структуры в единую систему; пространственно разделяет клетку на отсеки с разными ферментными системами; транспорт веществ
Гладкая (агранулярная) 	Рибосом нет	Строительная (образование лизосом); биосинтез липидов и углеводов

<p>Шероховатая (гранулярная)</p> 	<p>Мембраны покрыты рибосомами</p>	<p>Биосинтез белка</p>
<p>Комплекс Гольджи (пластинчатый комплекс, или аппарат Гольджи)</p> 	<p>Система уплощенных мембранных цистерн и пузырьков (вакуолей, микровакуолей). Располагается около ядра</p>	<p>Синтез углеводов и липидов, сортировка. Накопление и транспорт продуктов секреции; секреция белков, липидов, углеводов; строительная (образование лизосом, плазматической мембраны)</p>
<p>Лизосомы</p>	<p>Пузырьки, ограниченные мембраной и содержащие гидролитические ферменты</p>	<p>Внутриклеточное расщепление и переваривание веществ, поступивших в клетку и находящихся в ней</p>
<p>Вакуоли</p> 	<p>Полости, заполненные клеточным соком. В растительных клетках центральная вакуоль занимает большую часть клетки, оттесняя ядро и органеллы к клеточной оболочке. В животной клетке вакуоли мелкие (пищеварение и осморегуляция)</p>	<p>Регуляция водно-солевого обмена; поддержание тургорного давления; запасная функция; откладывание пигментов, определяющих окраску цветов и плодов. Содержат гидролитические ферменты</p>
Двумембранные органеллы		
<p>Митохондрии</p>	<p>Ограничены двумя мембранами: наружная – гладкая (1); внутренняя (2) – образует складки – кристы (3), на которых располагаются ферменты, участвующие в синтезе АТФ.</p>	<p>Синтез АТФ; кислородное расщепление органических веществ (клеточное дыхание); синтез белков митохондрий</p>

	<p>Внутреннее пространство заполнено матриксом (4). В нем содержатся кольцевые ДНК, РНК, рибосомы (70S), ферменты цикла Кребса</p>	
<p>Пластиды (характерны для растительных клеток)</p> <p>хлоропласты</p> 	<p>Ограничены двумя мембранами: наружная – гладкая (1), внутренняя (2), (диски) – тилакиоды (3), которые собраны в стопки – граны (4). В мембранах тилакоидов находится зеленый пигмент – хлорофилл. Внутреннее содержимое – строма (6) – содержит кольцевые ДНК, РНК, рибосомы (70S), ферменты, зерна крахмала (7)</p>	<p>Фотосинтез: световая фаза происходит на мембранах тилакоидов, темновая – в строме</p> <p>Пигмент хлорофилл окрашивает листья, молодые стебли, плоды в зеленый цвет</p>
<p>хромопласты</p> 	<p>Содержат пигменты – каротиноиды, придающие желтую, красную и оранжевую окраску</p>	<p>Окрашивание листьев, цветов, плодов</p>
<p>Лейкопласты</p> 	<p>Бесцветные – пигменты отсутствуют либо находятся в неактивной форме</p>	<p>Запас питательных веществ (крахмал – клубни картофеля)</p>

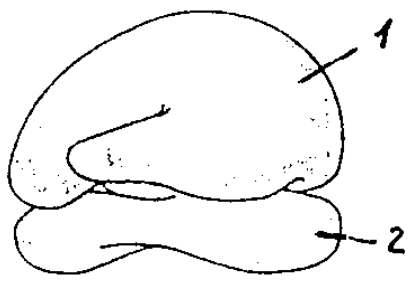
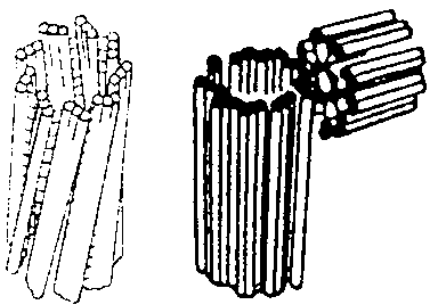
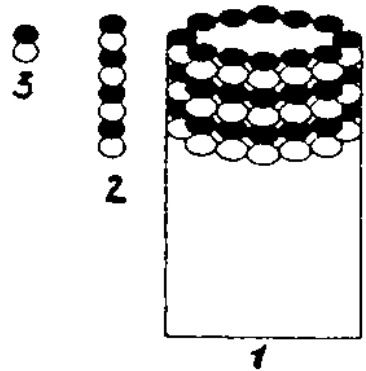
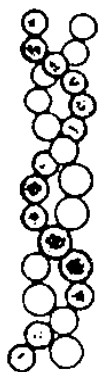
Немембранные органеллы		
<p>Рибосомы</p> 	<p>Очень малы и многочисленны, состоят из двух <i>субъединиц</i>: <i>большой</i> (1) и <i>малой</i> (2). Субъединицы образуются в ядрышке. Химический состав: р-РНК, белки, ионы Mg (поддерживают структуру)</p>	<p>Синтез белка (трансляция)</p>
<p>Клеточный центр (центросома)</p> 	<p>Состоит из двух <i>центриолей</i>, расположенных перпендикулярно друг к другу, и <i>центросферы</i>. Центриоль – цилиндр, стенка которого образована девятью триплетами из трех слившихся микротрубочек</p>	<p>Сборка микротрубочек цитоскелета; участие в образовании митотического веретена деления; участие в образовании жгутиков и ресничек</p>
<p>Микротрубочки</p> 	<p>Цилиндр (1), стенка которого образована <i>протофиламентами</i> (2) – из спирально упакованных субъединиц белка тубулина (3)</p>	<p>Участие в образовании клеточного центра, жгутиков, ресничек. Формирование цитоскелета</p>
<p>Микрофиламенты</p> 	<p>Тонкие нити из белка актина, пронизывающие цитоплазму. Молекулярная организация: двойная спираль из упорядоченных в цепь глобул актина</p>	<p>Структурный организатор цитоплазмы. Участвуют в движении клетки и перемещении цитоплазмы. Входят в состав сократительного аппарата мышечных элементов (в комплексе с миозином и белками мышц)</p>

Таблица 5

Характерные признаки растительных и животных клеток

	<i>Признак</i>	<i>Растения</i>	<i>Животные</i>
	Подвижность клеток	-	+
1.	Питание	фототрофное	гетеротрофное
2.	Фотосинтез	+	-
		(в хлоропластах)	
3.	Запасаемое вещество	крахмал	гликоген
4.	Деление	перегородкой	перешнуровкой
5.	Клеточный центр (центриоли)	-	+
6.	Вакуоли	+	-
7.	Пластиды	+	-
8.	Оболочка	+ (с целлюлозой)	-

5. Размножение

Размножение – присущее всем организмам свойство воспроизведения себе подобных. Размножение обеспечивает преемственность поколений за счет передачи генетической информации от родительского поколения к потомству.

Задачи размножения:

- 1) сохранение и увеличение численности вида;
- 2) обеспечение разнообразия потомства.

В течение индивидуального развития размножение может быть однократным (бабочки, лососевые рыбы, имеют многочисленное потомство) или многократным (млекопитающие, в том числе человек, менее плодовиты).

Выделяют три типа размножения: бесполое, вегетативное и половое. Все типы размножения существуют и не вытесняют друг друга. Следовательно, каждый из них имеет свои преимущества.

5.1. Типы размножения**Бесполое размножение**

При бесполом размножении потомки образуются из одной соматической клетки, которая делится на дочерние клетки, а те формируют новый организм. В основе этого типа размножения ле-

жит митоз. Следовательно, потомки идентичны родительской особи и представляют ее клон. Несомненным преимуществом бесполого размножения является его высокая скорость, которая способствует быстрому росту численности. Недостаток бесполого размножения – потомство генетически идентично, поэтому нет материала для естественного отбора. Бесполое размножение дает преимущество популяциям, живущим в постоянных условиях среды.

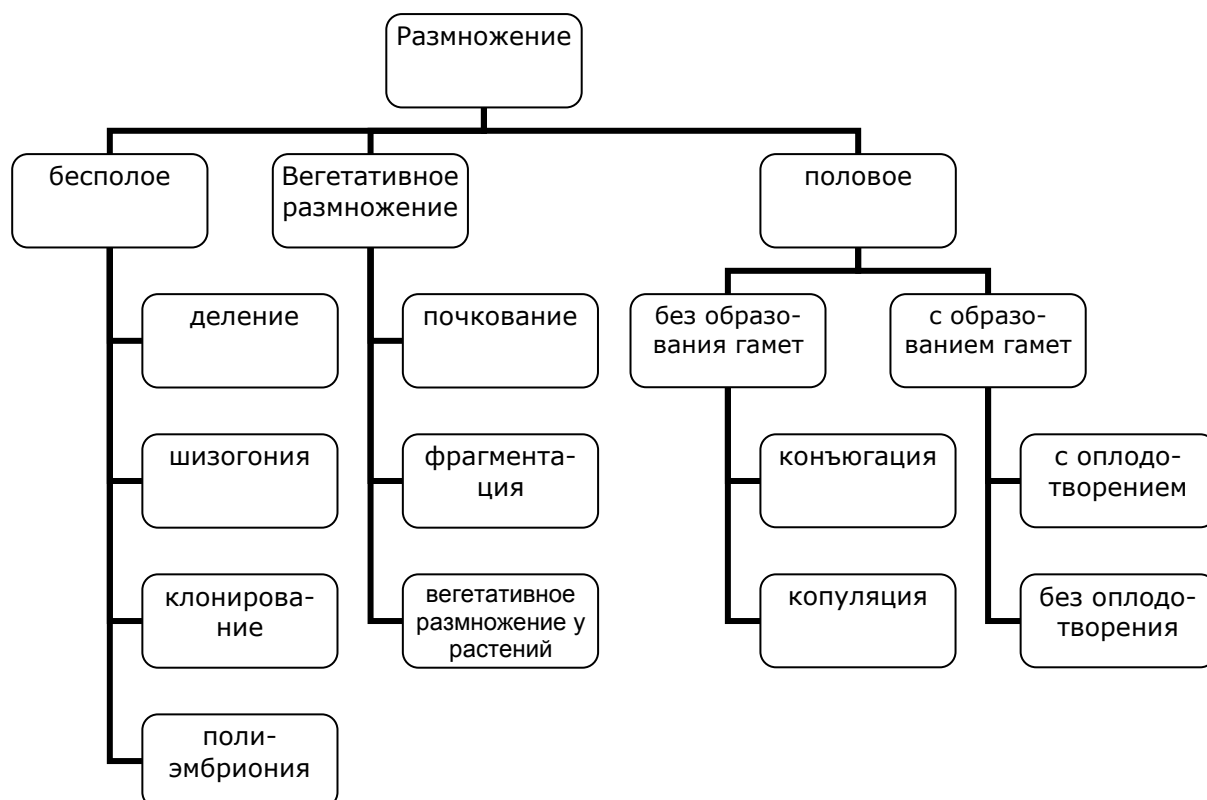


Рис. 9. Типы размножения

Вегетативное размножение

При вегетативном размножении новый организм возникает не из одной клетки, а из комплекса соматических клеток, который может включать различные ткани. Поэтому принципиально вегетативное не отличается от бесполого: оно также дает клоны. Преимущество вегетативного размножения: скорость его еще выше, чем при бесполом размножении.

Половое размножение

Размножение с помощью специализированных половых клеток гамет, которые, сливаясь, дают зиготу, а зигота – новый организм.

Преимущество – разнообразие потомства. Популяции, размножающиеся половым путем, гетерогенны, что дает материал для естественного отбора. Половое размножение дает преимущество в меняющихся условиях среды.

К недостаткам следует отнести низкую скорость размножения, обусловленную многими причинами, в том числе затратами на формирование гамет, поиск партнера, половое созревание потомства и др.

Формы бесполого размножения

Делением размножаются одноклеточные организмы (бактерии, сине-зеленые водоросли, простейшие и т. д.). При этом каждая особь делится на две дочерние клетки. Этому предшествует процесс удвоения ДНК. Затем у прокариот происходит разделение нуклеоида, а у эукариот – митотическое деление ядра, а следом цитокинез.

Шизогония – множественное внутреннее почкование. Встречается также у одноклеточных (споровики). При этом виде размножения происходит многократное деление ядра без цитокинеза, а затем и вся цитоплазма разделяется на множество дочерних клеток.

К бесполому размножению можно отнести и *клонирование* организмов, которое стало возможно благодаря научным достижениям (клонирование с/х растений и животных).

Полиэмбриония – явление развития более одного зародыша из одной зиготы у животных или образование нескольких зародышей в одном семени у растений. Её биологический смысл заключается в увеличении числа потомков, развивающихся из одной оплодотворенной яйцеклетки. Встречается у броненосцев, мышей, у человека – монозиготные близнецы.

Формы вегетативного размножения

Почкование встречается у бактерий, дрожжевых грибов, кишечнополостных. Новая особь образуется в виде выроста (почки) на теле родительской особи, а затем отделяется от нее, превращаясь в самостоятельный организм, совершенно идентичный родительскому.

Фрагментация – разделение особи на две или несколько частей, каждая из которых растет и образует новую особь. Фрагментация наблюдается у нитчатых водорослей, некоторых червей.

Вегетативное размножение встречается у растений и грибов. В этом случае отделенная от материнского организма, относительно большая, обычно дифференцированная часть развивается в самостоятельную особь. По своей сущности сходно с почкованием и фрагментацией. Нередко растения образуют структуры, специально предназначенные для вегетативного размножения: луковицы, корневища, клубнелуковицы, столоны, клубни. Некоторые из этих структур служат также для запасания питательных веществ, что позволяет растению пережить периоды неблагоприятных условий (холод, засуха).

Формы полового размножения

Без образования гамет:

- конъюгация – обмен наследственным материалом между двумя организмами. Формально это не размножение, так как не происходит увеличения численности, однако имеет место генетическая рекомбинация. Поэтому следует говорить о половом процессе (инфузории);

- копуляция – слияние одноклеточных организмов с последующим делением (простейшие).

С образованием специализированных клеток – гамет – они гаплоидны (редукция числа хромосом обеспечивается мейозом):

- Половое размножение с оплодотворением – наиболее распространенный способ размножения, характерный для большинства видов, в том числе и человека. Гаплоидные гаметы (яйцеклетки и сперматозоиды) образуются в мужских и женских половых органах в результате гаметогенеза. Восстановление пloidности происходит в результате оплодотворения, после слияния гамет образуется зигота, которая дает новый организм (млекопитающие).

- Половое размножение без оплодотворения. Развитие дочернего организма происходит из неоплодотворенной яйцеклетки (от *partenos*, греч. – девушка) – партеногенез. В природе партеногенез встречается у ряда растений, червей, насекомых, ракообразных, рыб, птиц, пресмыкающихся.

У некоторых животных любое яйцо способно развиваться как после оплодотворения, так и без него. Это случай *факультативного партеногенеза*. У пчел, муравьев из оплодотворенных яиц раз-

виваются самки, а из неоплодотворенных – самцы. Таким образом, происходит регулирование половой структуры популяции.

Облигатный (обязательный) партеногенез встречается крайне редко. Он характерен, например, для кавказской скальной ящерицы. В этом случае яйца способны развиваться только без оплодотворения, партеногенетически.

У многих видов (тли, дафнии) партеногенез носит циклический характер. В летнее время у этих видов существуют только самки, размножающиеся партеногенетически. Таким образом обеспечивается быстрое воспроизводство численности популяции. Осенью партеногенез у этих животных сменяется размножением с оплодотворением.

Биологическое значение партеногенеза заключается в возможности размножения при редких контактах разнополых особей (например, на экологической периферии ареала), а также в возможности резкого увеличения численности потомства, что важно для видов с большой циклической смертностью.

Размножение на уровне организмов обеспечивают два типа деления клеток: митоз и мейоз.

5.2. Жизненный цикл клетки

Жизненный (митотический) цикл клетки (клеточный цикл) – это период от начала митоза до следующего митоза. Продолжительность жизненного цикла различна у разных организмов. Например, у млекопитающих в культуре клеток она составляет около 24 часов.

Жизненный цикл клетки состоит из интерфазы – периода между делениями – и собственно самого митоза. На митоз приходится около 20% всего времени. Интерфазой называют стадию покоящегося ядра, однако это наиболее активная фаза с точки зрения биохимических процессов.

В интерфазе выделяют 3 периода (от англ. *gap* – интервал):

G₁ – предсинтетический период, 60% времени: активно проходит биосинтез, рост клетки, всех органоидов и структур. Каждая хромосома состоит из одной хроматиды (одна молекула ДНК). Генетическая характеристика клетки 2n2c.

S – синтетический период: происходит репликация ДНК, синтез гистонов. В хромосоме находится теперь две молекулы ДНК, которые упакованы в две хроматиды. Генетическая характеристика клетки к концу периода $2n4c$.

G_2 – постсинтетический период. Заканчивается подготовка клетки к делению: происходит запасание энергии, накопление структур, необходимых для митоза. Генетическая характеристика клетки в этот период $2n4c$.

Количество митозов, которое может пройти клетка, генетически детерминировано. Используя определенное количество митозов, клетка может перейти в особую фазу митотического цикла G_0 – дифференцированное состояние. В клетке могут идти активные метаболические процессы, но в митоз она не вступает. Клетка при этом продолжает жить и активно выполнять функции в ткани многоклеточного организма, но уже больше не делится. Разные клетки в разное время вступают в G_0 . Например, нервные клетки рано перестают делиться, клетки кожного эпителия длительное время сохраняют способность к делению.

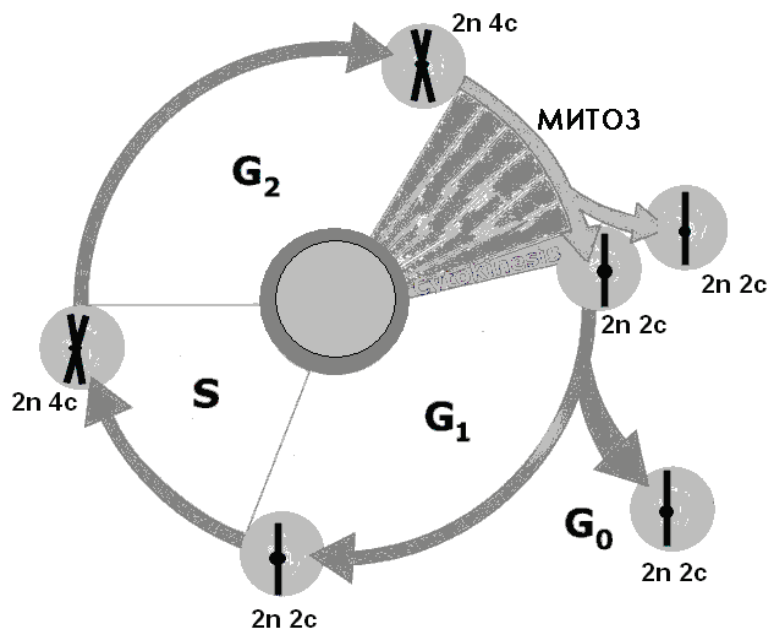


Рис. 10. Клеточный (митотический) цикл

В многоклеточном организме количество митозов генетически ограничено. Пройдя определенное количество митозов клетка гибнет. Это определяется клеточной памятью на хромосомном

уровне. Так, у человека клетки рассчитаны на 50 ± 10 митозов, что соответствует ≈ 120 годам. Раковые клетки не имеют генетической памяти, поэтому способны к бесконечному делению, что приводит к развитию опухоли.

5.3. Митоз

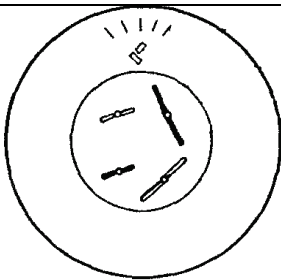
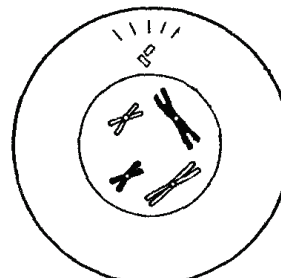
Каждая клетка образуется путем деления исходной материнской. Таким образом, деление клеток обеспечивает «биологическое бессмертие».

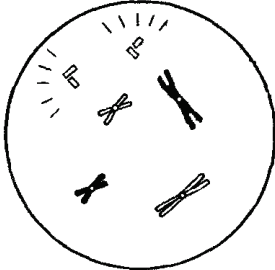
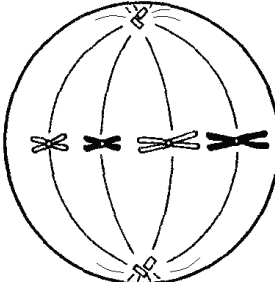
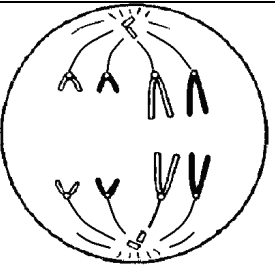
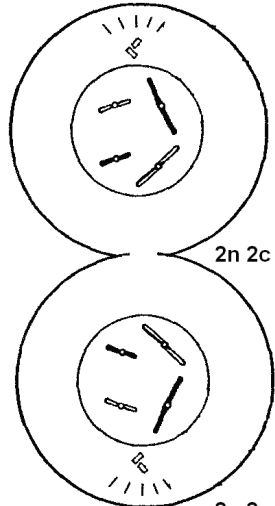
Митоз – не прямое деление клетки. Термин «митоз» от греч. *mitos* – нить.

Митоз представляет собой процесс непрерывно разворачивающихся в клетке событий. Для удобства исследования его было принято делить на 4 периода: профаза, метафаза, анафаза, телофаза.

Таблица 6

Морфологическая и генетическая характеристика фаз митоза

Фаза	Характерные черты	Схема
Интерфаза ранняя	Диплоидный набор хромосом и генетического материала	 2n 2c
Интерфаза поздняя	Заканчивается репликация ДНК, каждая хромосома состоит из двух хроматид	 2n 4c

Профаза	<ol style="list-style-type: none"> 1. Спирализация хромосом 2. Растворение ядерной оболочки и исчезновение ядрышек 3. Формирование веретена деления 	 <p>2n 4c</p>
Метафаза	Расположение в экваториальной плоскости редуплицированных одиночных хромосом	 <p>2n 4c</p>
Анафаза	<p>Разделение хромосом на хроматиды.</p> <p>Расхождение к полюсам хроматид, ставших самостоятельными хромосомами</p>	 <p>4n 4c (2n 2c+2n 2c)</p>
Телофаза	<ol style="list-style-type: none"> 1. Деспирализация хромосом 2. Образование ядерной оболочки и ядрышек 3. Цитокинез и образование двух диплоидных клеток 	 <p>2n 2c 2n 2c</p>

Биологический смысл митоза заключается в равномерном распределении наследственного материала между дочерними клетками: в результате митоза образуются дочерние клетки, генетически идентичные друг другу и материнской клетке. Таким

образом, митоз обеспечивает поддержание постоянства кариотипа в ряду поколений.

Процессы, которые обеспечиваются митозом:

- бесполое размножение,
- рост многоклеточного организма (благодаря митозу все клетки организма – клоны),
- регенерация (замещение клеток) у многоклеточного организма.

Митоз – наиболее распространенный, но далеко не единственный тип деления клеток.

5.4. Амитоз

При амитозе деление ядра происходит прямо путем перетяжки (прямое деление), а не как при митозе – за счет сложного многостадийного процесса упаковки хромосом, их удвоения, равномерного распределения между дочерними клетками. При этом делении ядро остается в интерфазном состоянии, ядро делится путем перетяжки, веретено деления не образуется. Часто амитоз не сопровождается делением цитоплазмы, что приводит к возникновению многоядерных клеток. Дочерние клетки могут содержать различное количество генетического материала, то есть являются «генетическими уродами». Эти клетки обречены на гибель, теряют способность к митозу. Амитоз возникает при различных изменениях работы клеток: при онкологических заболеваниях, при воспалительных процессах и т. д.

5.5. Мейоз

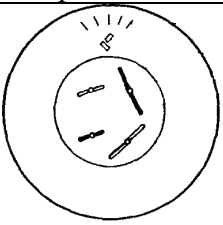
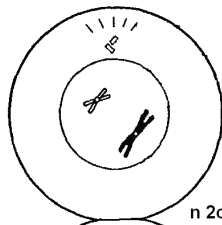
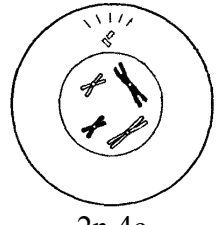
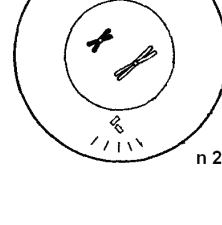
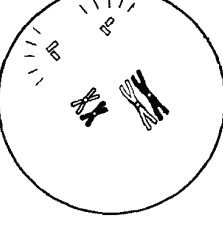
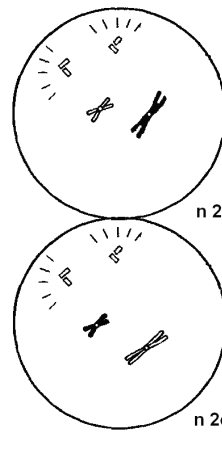
Мейоз (от гр. *meiosis* – уменьшение) – деление клеток, в результате которого происходит уменьшение (редукция) числа хромосом в два раза. В этом и заключается важнейшее биологическое значение мейоза: вывести из диплоидной клетки ($2n2c$) избыток генетической информации, сформировав гаплоидные клетки ($1n1c$). Мейоз лежит в основе образования половых клеток у животных и спор у растений.

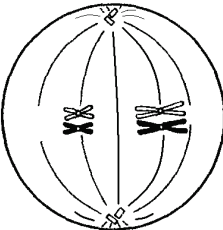
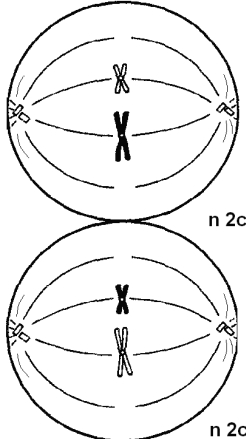
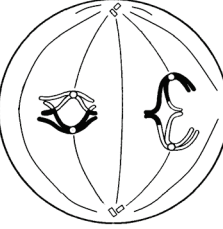
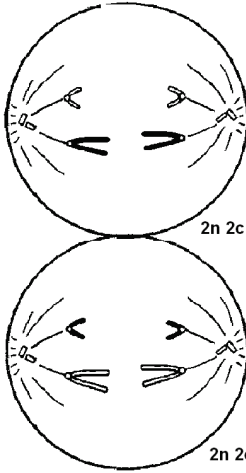
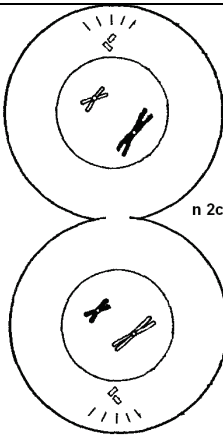
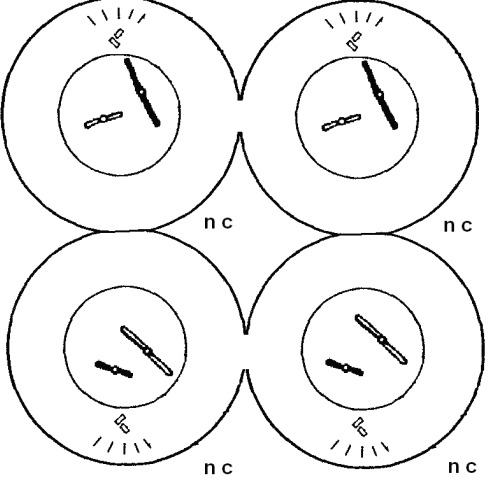
Подготовка клетки к делению осуществляется в интерфазе, к концу которой генетическая характеристика клетки становится

2n4c. Редукция числа хромосом достигается за счет двух последовательных делений: редукционного и эквационного. В каждом делении выделяют те же стадии, что и в митозе.

Таблица 7

Морфологическая и генетическая характеристика фаз мейоза

<i>I деление Редукционное</i>			<i>II деление Эквационное</i>		
Фаза	Характерные черты		Характерные черты		Фаза
Интерфаза ранняя (до S-периода)	Диплоидный набор хромосом и генетического материала	 2n 2c	Короткий промежуток между первым и вторым делениями (интерфаза без S-периода)	 n 2c	Интеркинез
		 2n 4c		 n 2c	
Профаза I	1. Спирализация хромосом 2. Конъюгация гомологичных хромосом и образование бивалентов (тетрад), кроссинговер 3. Растворение ядерной оболочки и исчезновение ядрышек 4. Формирование веретена деления	 2n 4c	Краткая, т. к. спирализация хромосом прошла в профазе I	 n 2c	Профаза II

Метафаза I	Расположение в экваториальной плоскости бивалентов (тетрад) гомологичных хромосом	 $2n \ 4c$	Расположение в экваториальной плоскости одиночных хромосом	 $n \ 2c$	Метафаза II
Анафаза I	Разделение бивалентов на хромосомы. Расхождение хромосом к полюсам	 $2n \ 4c$ $(n \ 2c + n \ 2c)$	Расхождение к полюсам хроматид, ставших самостоятельными хромосомами, удвоение числа хромосом	 $2n \ 2c$	Анафаза II
Телофаза I	1. Образование ядерной оболочки 2. Цитокинез и образование двух гаплоидных клеток.	 $n \ 2c$	1. Образование ядерной оболочки 2. Цитокинез и образование 4-гаплоидных клеток	 $n \ c$	Телофаза II

Процессы, происходящие во втором делении мейоза, по своему механизму сходны с происходящими в митозе.

В результате мейоза образуется 4 дочерние клетки. Генетическая характеристика каждой клетки пс.

Мейоз создает возможности для возникновения в гаметах новых комбинаций генов, результатом чего является гетерогенность потомства, это, в свою очередь, обеспечивает материал для естественного отбора.

Механизмы, обеспечивающие разнообразие гамет:

1. Кроссинговер. Происходит в *профазе I*, обеспечивает новые комбинации аллелей за счет разрушения групп сцепления.

2. Независимое расхождение хромосом в *анафазе I*. Приводит к случайному распределению материнских и отцовских хромосом между дочерними ядрами.

3. Случайное сочетание отцовской и материнской наследственности во время случайного оплодотворения.

5.6. Гаметогенез

Гаметогенез – процесс образования половых клеток. Он сочетает в себе и митотическое и мейотическое деление.

У высших животных женские гаметы (яйцеклетки) образуются в яичниках, мужские гаметы (сперматозоиды) – в семенниках. Процесс образования мужских половых клеток называют сперматогенез, женских половых клеток – овогенез. Условно обе формы размножения делятся на фазы или периоды.

Период размножения характеризуется многократными митотическими делениями, приводящими к образованию многочисленных сперматогоний и овогоний (клетки диплоидны $2n2c$). Фаза размножения у мужчин начинается с наступлением половой зрелости и продолжается постоянно в течение репродуктивного периода. В женском организме размножение овогоний начинается в эмбриональном периоде и заканчивается к 3-му году жизни.

Период роста сопровождается увеличением объема цитоплазмы, накоплением веществ, необходимых для дальнейших делений. Этот период соответствует интерфазе перед мейозом, происходит репликация ДНК, хромосомы становятся двуххроматидными ($2n\ 4c$). Период роста наиболее выражен у женских поло-

вых клеток (период большого роста), так как овоциты 1 порядка накапливают значительные количества питательных веществ.

Период созревания включает в себя два последовательных деления мейоза (деления созревания). При сперматогенезе из одного овоцита 1 порядка формируется четыре гаплоидные клетки – сперматиды (nc).

Деления созревания при овогенезе не равные. Из каждой диплоидной клетки (овоцит 1 порядка) после первого деления мейоза формируется крупный овоцит 2 порядка и маленькое направительное (редукционное) тельце. Второе деление мейоза происходит так же и завершается образованием яйцеклетки и еще одного редукционного тельца. В результате этой фазы из одного овоцита 1 порядка формируется 1 яйцеклетка (nc) и три редукционных тельца (nc), которые затем погибают.

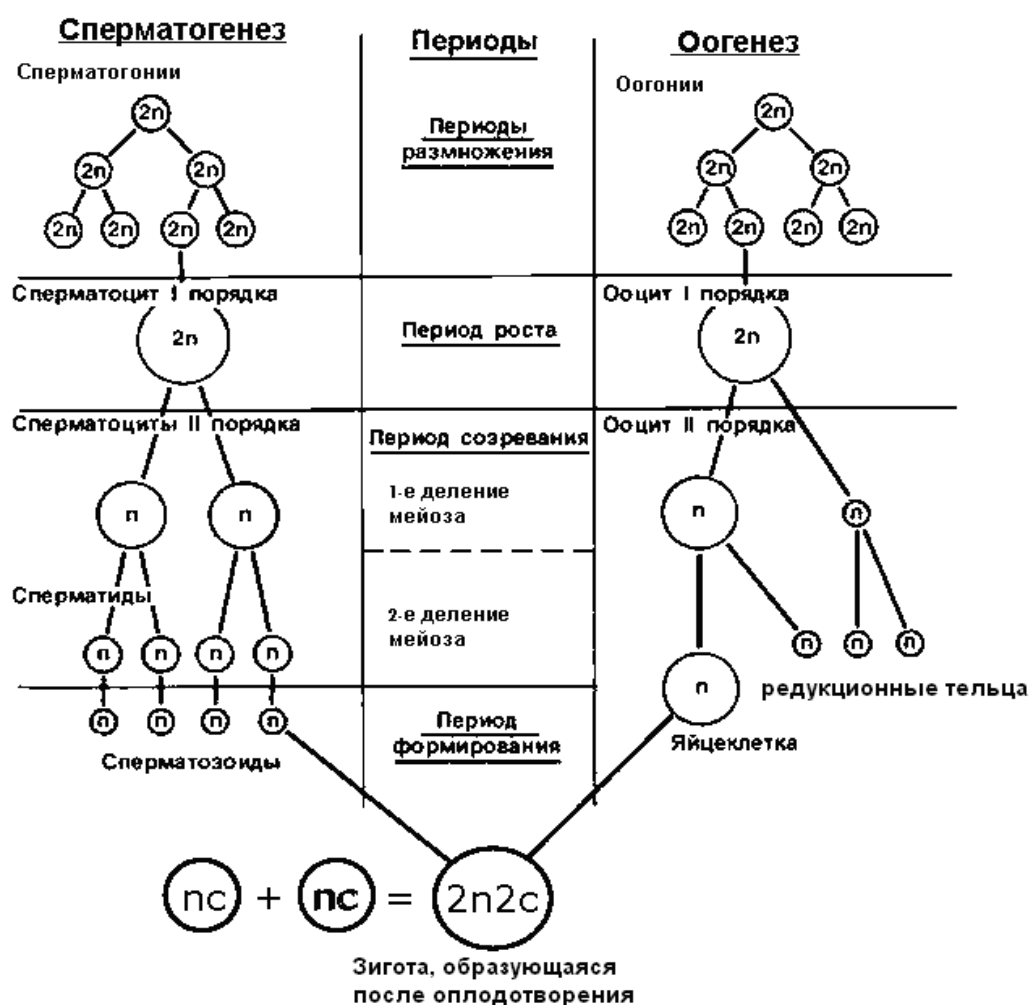


Рис. 11. Схема гаметогенеза животных

Оплодотворением называется процесс слияния сперматозоида с яйцеклеткой, приводящий к образованию диплоидной *зиготы*, которая дает начало новому организму.

Сближение и слияние гамет. Чтобы соединиться с яйцом, сперматозоид должен проникнуть через яйцевые оболочки. Для этого у некоторых животных в оболочках яйца имеются отверстия – микропиле. У яиц большинства животных микропиле нет, и проникновение сперматозоида происходит с помощью акросомы. Сперматозоид, вступив в контакт с яйцом, осуществляет акросомную реакцию: ферменты, заключенные в акросоме, выделяются наружу, вырост акросомы или вся головка сперматозоида проникают через размягченную ферментами область оболочки, и плазмалеммы гамет сливаются.

С этого момента сперматозоид и яйцо становятся единой клеткой – зиготой. В ней изменяется обмен веществ, активизируется синтез белков. Кульминационным моментом в оплодотворении является слияние ядер. Ядро сперматозоида (мужской пронуклеус) в цитоплазме яйца набухает и достигает величины ядра яйцеклетки (женского пронуклеуса). Оба пронуклеуса перемещаются навстречу друг другу и после встречи сливаются, образуя диплоидное ядро – синкарион. После этого зигота приступает к дроблению и дальнейшему развитию.

После оплодотворения ploидность восстанавливается. Таким образом, из поколения в поколение кариотип организмов данного вида остается неизменным. Если бы не было мейоза, то при оплодотворении ploидность каждый раз увеличивалась бы.

5.7. Жизненные циклы организмов

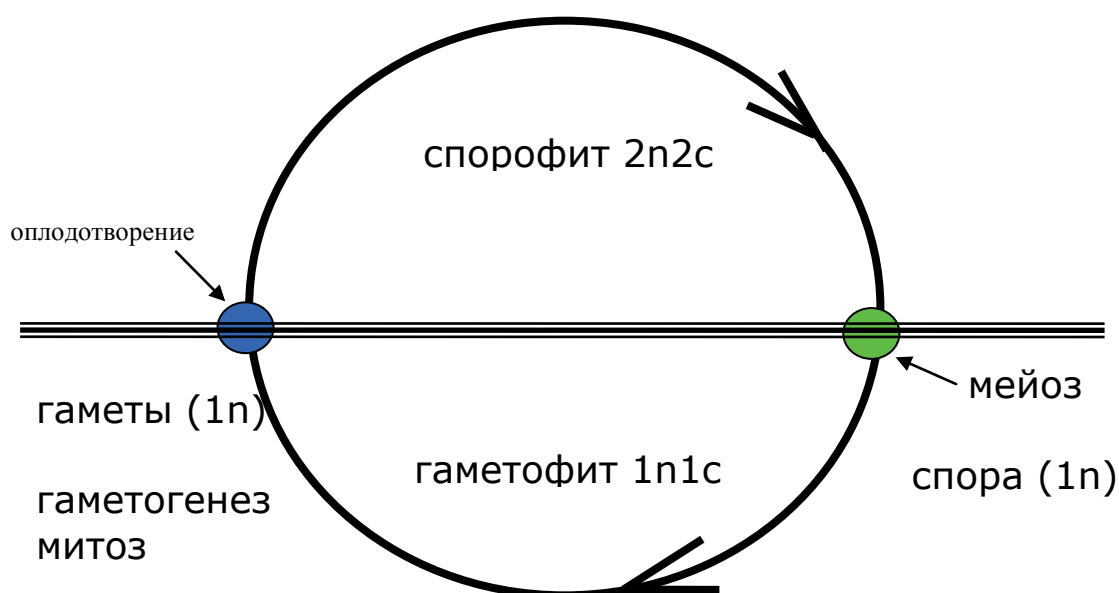
Жизненный цикл – свойственная данному виду последовательность развития от какого-то определенного исходного этапа до его повторения (например: *от споры до споры* или *от зиготы до зиготы*).

Для жизненного цикла многих организмов характерно чередование разных форм размножения, которое может сочетаться с чередованием морфологически разных поколений: полового и бесполого (инфузория), обоеполого и партеногенеза (пчелы, тли), обоеполого и вегетативного (гидра). Чередование полового (гаме-

тофит) и бесполого (спорофит) поколений имеет место у большинства растений.

Жизненные циклы растений

Для большинства растений характерно чередование полового (гаметофит) и бесполого (спорофит) поколений. Общая схема имеет следующий вид.



У спорофита (диплоидная стадия) обычно в специализированных органах – спорангиях – происходит спорогенез, в основе которого лежит мейоз. Мейоз приводит к редукции наследственного материала. В результате образуются споры (1n), которые дают начало гаметофиту (гаплоидная стадия). После развития у гаметофита происходит гаметогенез. У мхов и папоротников гаметогенез происходит в специализированных органах (мужские называются «антеридии», женские – «архегонии»). В основе гаметогенеза у растений лежит митоз. Гаметы также гаплоидны (1n). Гаплоидная стадия заканчивается оплодотворением. При слиянии гамет происходит объединение мужского и женского наследственного материала и образование зиготы – пloidность восстанавливается (2n). Из зиготы происходит развитие диплоидного спорофита. Жизненный цикл растения замыкается.

У водорослей взрослое растение гаплоидно (1n), а диплоидная стадия максимально сокращена: мейоз происходит сразу после оплодотворения.

У папоротников хорошо развиты обе стадии. Взрослое растение диплоидно. Гаметофит, на котором образуются мужские и женские половые органы, называется «заросток». Он развивается в лесной подстилке, имеет вид сердечка.

Эволюция растений шла в направлении уменьшения гаплоидного поколения и увеличения периода диплоидного поколения (спорофит).

У цветковых (покрытосеменных) растений преобладает диплоидное поколение. Спорогенез, затем развитие гаметофита происходит в половых органах цветка. Мужской гаметофит представлен пыльцевым зерном, содержащим 2 спермия. Женский гаметофит представлен зародышевым мешком, он находится в завязи цветка и состоит из 8 гаплоидных клеток, одна из них яйцеклетка, а две клетки образуют центральное ядро ($2n$). Оплодотворение у растений называется двойным.

Это особый вид оплодотворения. Он был открыт в 1898 г. С. Г. Навашиным.

Суть его заключается в том, что при формировании семени оплодотворяется не только яйцеклетка ($1n + 1n = 2n$), но и центральное ядро зародышевого мешка ($2n + 1n = 3n$). Из зиготы в дальнейшем развивается зародыш, а из центральной клетки с оплодотворенным центральным ядром – питательная ткань – вторичный триплоидный ($3n$) эндосперм. Двойное оплодотворение осуществляется спермиями из одной и той же пыльцевой трубки, содержимое которой изливается в зародышевый мешок. Преимущество двойного оплодотворения заключается в очень быстром образовании питательной ткани, обеспечивающей жизнедеятельность зародыша.

Литература

Основная

1. Биология: в 2 т. / под ред. В. Н. Ярыгина. – М. : Высшая школа, 2003.
2. Грин, Н. Биология: в 2-х т. / Н. Грин, У. Стаут, Д. Тейлор. – М. : Мир, 1990.

Дополнительная

1. Кемп, П. Введение в биологию / П. Кемп, К. Армс. – М. : Мир, 1998.
2. Аллелен, Р. Д. Наука о жизни / Р. Д. Аллелен. – М. : Прогресс, 1981.
3. Медников, Б. М. Аксиомы биологии / Б. М. Медников. – М. : Знание, 1982.
4. Карузина, И. П. Биология / И. П. Карузина. – М. : Медицина, 1977.

Оглавление

1. Введение в курс биологии.....	3
1.1. Биология как наука, методы биологии	3
1.2. Классификация биологических наук	4
1.3. Свойства живых систем.....	6
1.4. Уровни организации живых систем	7
2. Клеточная теория	8
2.1. История создания клеточной теории	8
2.2. Основные положения клеточной теории	9
3. Химия клетки.....	10
3.1. Химический состав живых систем	10
3.2. Вода	11
3.3. Липиды	15
3.4. Углеводы	17
3.5. Белки.....	19
4. Организация клетки	23
4.1. Строение эукариотической клетки.....	24
5. Размножение	28
5.1. Типы размножения.....	28

5.2. Жизненный цикл клетки.....	32
5.3. Митоз.....	34
5.4. Амитоз.....	36
5.5. Мейоз.....	36
5.6. Гаметогенез.....	39
5.7. Жизненные циклы организмов.....	41
Литература.....	44

Учебное издание

Прохорова Инна Мечиславовна
Ковалева Маргарита Игоревна
Фомичева Анна Николаевна

Биология с основами экологии

Часть 1

Методические указания

Редактор, корректор М. Э. Левакова
Верстка Е. Л. Шелехова

Подписано в печать 20.09.11. Формат 60×84 ¹/₁₆.
Бум. офсетная. Гарнитура "Times New Roman".
Усл. печ. л. 2,79. Уч.-изд. л. 2,24.
Тираж 50 экз. Заказ

Оригинал-макет подготовлен
в редакционно-издательском отделе
Ярославского государственного университета
им. П. Г. Демидова.

Отпечатано на ризографе.

Ярославский государственный университет им. П. Г. Демидова.
150000, Ярославль, ул. Советская, 14.

**И. М. Прохорова
М. И. Ковалева
А. Н. Фомичева**

Биология с основами экологии

Часть 1

Методические указания