

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«АЛТАЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ»**

Н.Ю. Давыдова

**ОСНОВНЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ
ЖИВЫХ СИСТЕМ**

Учебное пособие

Барнаул 2010

УДК 57:574(072)

Рецензенты:

к.с.-х.н., доцент, заведующая кафедрой экологии и природопользования Института природообустройства АГАУ Т.В. Лобанова;

старший преподаватель кафедры механики машин и сооружений Института техники и агроинженерных исследований АГАУ И.Л. Новожилов.

Давыдова Н.Ю. Основные закономерности живых систем: учебное пособие / Н.Ю. Давыдова. – Барнаул: Изд-во АГАУ, 2010. – 104 с.

Учебное издание включает следующие разделы: введение, глава 1 «Биология как наука», глава 2 «Уровни организации и признаки живой материи», глава 3 «Разнообразие жизни на Земле. Принципы классификации живых организмов», библиографический список и список интернет-ссылок. Разделы теоретической части завершаются вопросами для обсуждения и самоконтроля, предназначенными для закрепления полученных знаний. Пособие составлено в соответствии с требованиями к изучению дисциплины «Биология с основами экологии» студентами небиологических специальностей.

Предназначено для студентов Института техники и агроинженерных исследований (ИТАИ) всех форм обучения следующих специальностей: «Механизация сельского хозяйства» (110301), «Электрификация и автоматизация сельского хозяйства» (110302), «Механизация переработки сельскохозяйственной продукции» (110303), «Технология обслуживания и ремонта машин в агропромышленном комплексе» (110304).

Пособие может быть использовано студентами самостоятельно при подготовке к лабораторным занятиям и экзамену.

Рекомендовано к изданию методической комиссией факультета биолого-технологического менеджмента АГАУ (протокол № 1 от 15 сентября 2010 г.).

Рекомендовано к изданию методической комиссией Института техники и агроинженерных исследований (протокол № 1 от 16 сентября 2010 г.).

В учебном пособии использованы материалы лекций к.б.н., профессора кафедры генетики и разведения сельскохозяйственных животных факультета биолого-технологического менеджмента АГАУ Н.И. Коростелевой.

© Давыдова Н.Ю., 2010

© ФГОУ ВПО АГАУ, 2010

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
Глава 1. БИОЛОГИЯ КАК НАУКА	5
1.1. Предмет, задачи и методы биологии	5
1.2. Описательные методы в биологии: основы цитологии	10
1.3. Основные разделы в биологии	14
1.4. История биологии	17
1.5. Практическое применение и перспективные направления биологических исследований	23
Вопросы для обсуждения и самоконтроля	23
Глава 2. УРОВНИ ОРГАНИЗАЦИИ И ПРИЗНАКИ ЖИВОЙ МАТЕРИИ	24
2.1. Уровни организации живой материи	24
2.2. Признаки живой материи	27
Вопросы для обсуждения и самоконтроля	32
Глава 3. РАЗНООБРАЗИЕ ЖИЗНИ НА ЗЕМЛЕ. ПРИНЦИПЫ КЛАССИФИКАЦИИ ЖИВЫХ ОРГАНИЗМОВ	33
3.1. Царство Вирусы	34
3.1.1. Основные гипотезы происхождения вирусов	34
3.1.2. Характеристика царства Вирусы	35
3.1.3. Строение вирусов	38
3.1.4. Жизненный цикл вирусов	40
3.1.5. Роль вирусов в эволюции органического мира	42
Вопросы для обсуждения и самоконтроля	43
3.2. Надцарство Прокариоты (доядерные)	44
3.2.1. Происхождение доядерных организмов	44
3.2.2. Характеристика и систематика надцарства Прокариоты	44
3.2.3. Строение прокариотических клеток	45
3.2.4. Питание прокариот	51
3.2.5. Размножение прокариот	53
3.2.6. Роль бактерий в природе и жизни человека	56
Вопросы для обсуждения и самоконтроля	57
3.3. Надцарство Эукариоты (ядерные)	58
3.3.1. Происхождение ядерных организмов	58
3.3.2. Характеристика и систематика надцарства Эукариоты	58
3.3.3. Строение эукариотической клетки	62
3.3.4. Организация генетического аппарата эукариот	76
3.3.5. Размножение эукариот	83
Вопросы для обсуждения и самоконтроля	101
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	102
СПИСОК ИНТЕРНЕТ-ССЫЛОК	103

ВВЕДЕНИЕ

Курс «Биология с основами экологии» для студентов Института техники и агроинженерных исследований состоит из трех разделов: Общая биология; Анатомия и физиология человека; Экология и охрана природы. Раздел «Общая биология» открывает изучение курса и включает в себя самые разнообразные аспекты изучения биологии.

На протяжении многих тысячелетий людям казалось очевидным, что живая природа была создана такой, какой мы ее знаем сейчас, и всегда оставалась неизменной. Однако в мире природы происходила плавная эволюция. Полагают, что сейчас на нашей планете обитают около 2 млн видов животных, 0,5 млн видов растений, до 10 млн микроорганизмов. Причем эти цифры занижены. Животные населяют весь земной шар: сушу, пресноводные водоемы, моря и океаны. Удивительно многообразен растительный мир нашей планеты. Растения встречаются и на высочайших горных вершинах, и в глубинах океанов, и в безводных пустынях... И практически нет места на Земле, где бы не встречались бактерии.

В наши дни значение биологии постоянно возрастает. Познание законов жизни важно для сельского хозяйства и космоса, медицины и экологии. Не случайно некоторые учёные утверждают, что XXI век – век биологии, который приведёт человечество к управлению основными законами жизни. Раньше биология пыталась объяснить живой мир, а теперь, когда научились читать биологические тексты (гены), стало возможным попытаться изменить этот мир по собственному усмотрению.

Поэтому современный человек должен четко усвоить основные закономерности живых систем и научиться пользоваться ими. Особенно актуально это для технических специальностей, изначально далеких от современной биологии и ее достижений. Однако, к сожалению, представленные по курсу учебники пугают студентов объемом предлагаемого материала, а также сложностью его изложения.

При этом не все вопросы курса представлены в одном учебнике, и при подготовке студентов к экзамену и особенно к Интернет-экзамену, недостающий материал приходится выискивать в дополнительных источниках, либо студенты просто его не усваивают. Такими вопросами являются: методология биологии, перспективные направления биологических исследований, техника микроскопирования и т.д. Раздел пособия «История биологии», возможно, покажется чрезмерно подробным и усложненным, однако программа курса и вопросы Интернет-экзамена предполагают именно такой уровень знаний студентов данных специальностей.

Все это вызвало необходимость написания пособия, которое ориентировано именно на студентов данных специальностей и призвано помочь им быстро и полноценно освоить курс.

Данное пособие может быть использовано студентами как самостоятельно при подготовке к лабораторным занятиям и экзамену, так и непосредственно в процессе обучения.

ГЛАВА 1. БИОЛОГИЯ КАК НАУКА О ЖИВОЙ МАТЕРИИ

Все, что нас окружает, можно условно разделить на природу живую и неживую. Объекты неживой природы изучают такие естественные науки, как физика, химия и т.д. Живую природу как особую форму движения материи изучает наука **БИОЛОГИЯ**.

Биология – одна из старейших естественных наук, хотя термин «биология» (лат. «bios» – жизнь, «logos» – наука) для ее обозначения впервые был предложен лишь в 1797 году немецким профессором анатомии Теодором Рузом (1771-1802); после чего этот термин использовали: в 1800 году – профессор Дерптского университета (ныне Тарту) К. Бурдах (1776-1847), а в 1802 г. – независимо друг от друга еще два ученых – Ж.-Б. Ламарк. (1744-1829) и Л. Треврианус (1779-1864).

Биология – наука о живой природе, которая изучает ее во всех проявлениях и на всех уровнях организации, рассматривает многообразие строения и функционирования, особенности развития и взаимоотношения со средой обитания.

Жизнь на Земле представлена необычайным разнообразием форм, множеством видов живых существ. В настоящее время уже известно около 500 тысяч видов растений, более 1,5 млн видов животных, большое количество видов грибов и прокариот, населяющих нашу планету. Ученые постоянно обнаруживают и описывают новые виды как существующие в современных условиях, так и вымершие в минувшие геологические эпохи.

Биологические знания крайне важны потому, что биология служит теоретической, фундаментальной основой для многих научных направлений и специальностей – медицины, педагогики, сельского хозяйства и т.д.

1.1. Предмет, задачи и методы биологии

Основным **предметом** биологических исследований является живая материя во всех ее вариантах или **живая система**, под которой понимают любую форму проявления жизни от самой простой и элементарной – органических биополимеров и вирусов – до самой сложной, многокомпонентной и в то же время очень хрупкой – биосферы.

Живая система – это не просто живой организм, одноклеточный или многоклеточный, а именно система взаимозависимых частей, вместе образующих нечто совершенно новое.

Основные задачи биологии представлены на **Рис. 1**:

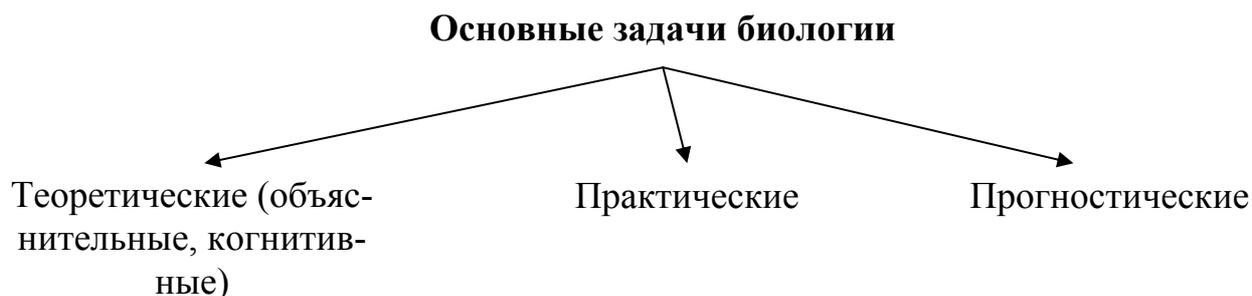


Рис. 1. Основные задачи биологии

Наиболее достоверная научная информация получается при комплексном применении различных методов исследования.

Теоретические задачи носят познавательный характер:

- раскрытие общих свойств живых систем;
- объяснение причин многообразия живых организмов (происхождение жизни на Земле, познание законов эволюции (развития) органического мира);
- выявление взаимосвязей живых организмов между собой и с окружающей средой.

Практические задачи – на основании знания теоретических законов биологии внедрить ее в практическую деятельность человека:

- знание законов генетики является теоретической основой селекции растений и животных;
- на основе знания законов молекулярной биологии и микробиологии осуществляется микробиологический синтез многих органических соединений;
- знание морфологии (анатомии и физиологии человека и животных) является теоретической базой для медицинских и ветеринарных разработок;
- раздел биологии - экология служит основой для разработки принципов рационального природопользования и охраны природы.

Прогностические задачи биологии связаны с предсказанием возможных последствий, связанных с тем или иным вмешательством человека.



Рис. 2. Основные методы биологии

Основные методы биологии представлены на **Рис. 2**:

Практические методы биологии всегда связаны с непосредственным привлечением объекта исследований – живой природы или живой системы.

1. Описательный метод является самым старым и основан на наблюдении за организмами. Он заключается в сборе фактического материала и описании его. Возникнув в самом начале биологического познания, этот метод дол-

гое время оставался единственным в изучении строения и свойств организмов, тканей и клеток. Использование этого метода позволило заложить основы биологических знаний, систематизировать знания о живом.

Описательный метод широко используется и в наше время, особенно в зоологии, ботанике, цитологии, экологии и др. Изучение клеток с помощью светового или электронного микроскопа и описание выявленных при этом микроскопических или субмикроскопических особенностей в их строении представляют собой один из современных примеров использования этого метода.

Описательные методы в цитологии, устройство светового микроскопа и правила работы с ним смотри ниже: **«Глава 1.2. Описательные методы в биологии: основы цитологии».**

2. Сравнительный метод заключается в сравнении изучаемых организмов, их структур и функций между собой с целью выявления сходств и различий. Этот метод утвердился в биологии в XVIII веке и оказался очень плодотворным в решении многих крупнейших проблем. С помощью данного метода в сочетании с описательным были получены сведения, позволившие в XVIII веке заложить основы систематики растений и животных (К. Линней), а также сформулировать клеточную теорию (М. Шлейден и Т. Шванн), учение об основных типах развития (К. Бэр). Метод широко был использован в XIX веке при обосновании теории эволюции, а также в перестройке ряда биологических наук на основе этой теории.

И в наше время сравнительный метод широко используется в разных биологических науках. Сравнение приобретает особую ценность тогда, когда невозможно дать определение понятия. Например, с помощью электронного микроскопа часто получают изображения, истинное содержание которых заранее неизвестно. Только сравнение их со светомикроскопическими изображениями позволяет получить желаемые данные.

3. Во второй половине XIX века благодаря Ч. Дарвину в биологию вошел **исторический метод**, который позволил поставить на научную основу исследование закономерностей появления и развития организмов, становление структуры и функций организмов во времени и пространстве. С введением этого метода в биологии немедленно произошли значительные качественные изменения. Исторический метод превратил биологию из науки чисто описательной в науку, объясняющую, как произошли и как функционируют многообразные живые системы. Благодаря этому методу биология сразу поднялась на несколько ступеней выше. В настоящее время исторический метод вышел, по существу, за рамки метода исследования. Он стал всеобщим подходом к изучению явлений жизни во всех биологических науках.

4. Экспериментальный метод заключается в активном изучении того или иного явления путем эксперимента. Эксперимент отличается от наблюдения тем, что организм искусственно ставится в заданные условия. Эксперименты могут проводиться в природе (полевые эксперименты): например, исследования, проводимые при создании лесозащитных полос, при мелиоративных и различных сельскохозяйственных работах.

Эксперимент может проводиться и в лабораторных условиях. При этом обычно учитывается влияние не всех, а лишь определенной группы факторов, заданной экспериментом. Поэтому выводы, полученные в ходе лабораторного эксперимента, требуют обязательной проверки в природе.

Экспериментальный метод широко вошел в биологию лишь в начале XIX века, в основном через физиологию, в которой стали использовать большое количество инструментальных методик, позволяющих регистрировать и количественно характеризовать приуроченность функций к структуре.

Другим направлением, по которому в биологию вошел экспериментальный метод, оказалось изучение наследственности и изменчивости организмов. Здесь главнейшая заслуга принадлежит Г. Менделю, который в отличие от своих предшественников использовал эксперимент не только для получения данных об изучаемых явлениях, но и для проверки гипотезы, формулируемой на основе получаемых данных.

В обосновании экспериментального метода важное значение имели работы, выполненные в микробиологии Л. Пастером (1822-1895), который впервые ввел эксперимент для изучения брожения и опровержения теории самопроизвольного зарождения микроорганизмов, а затем для разработки вакцинации против инфекционных болезней.

Начиная примерно с 40-х годов XX века экспериментальный метод в биологии подвергся значительному усовершенствованию за счет повышения разрешающей способности многих биологических методик и разработки новых экспериментальных приемов. Например, была очень повышена разрешающая способность генетического анализа, ряда иммунологических методик. В практику исследования были введены культивирование соматических клеток, выделение биохимических мутантов-микроорганизмов, соматических клеток и т.д. Экспериментальный метод стал широко обогащаться методами физики и химии, которые оказались исключительно ценными не только в качестве самостоятельных методов, но и в сочетании с биологическими методами. Например, структура и генетическая роль ДНК были выяснены в результате сочетанного использования химических методов (выделение ДНК, химические и физические методы определения первичной и вторичной структуры ДНК) и биологических методов (трансформация и генетический анализ бактерий). Сочетание методов позволило доказать и роль ДНК как носителя генетической информации.

В настоящее время экспериментальный метод характеризуется исключительными возможностями в изучении явлений жизни. Эти возможности определяются использованием микроскопии разных видов, включая электронную с техникой ультратонких срезов, биохимических методов, высокоразрешающего генетического анализа, иммунологических методов, разнообразных методов культивирования и прижизненного наблюдения в культурах клеток, тканей и органов, маркировки эмбрионов, техники оплодотворения в пробирке, метода меченых атомов, рентгеноструктурного анализа, ультрацентрифугирования, спектрофотометрии, хроматографии, электрофореза, секвенирования, конструкции биологически активных рекомбинантных молекул ДНК и т.д.

Теоретические методы в биологии не требуют непосредственного участия в работе объекта исследования – живой системы.

5. Математические методы обработки данных широко применяются в биологии. Методы математической статистики по определенной выборке позволяют судить о целом с большой долей вероятности, поскольку все живые системы обладают способностью к саморегуляции и поддержанию своей целостности.

6. Моделирование является высшей формой эксперимента. Обычно моделирование применяется в том случае, если эксперимент в природных условиях провести невозможно. Например, невозможно произвести ядерный взрыв, но можно предсказать его последствия, выстроив соответствующую модель.

При этом любые результаты, полученные путем моделирования, не являются стопроцентно точными, поскольку при создании модели какие-либо факторы могут оказаться неучтенными. Поэтому они могут быть признаны абсолютно верными лишь в случае, если они получили подтверждение на практике.

Впервые появившись в XIX веке, сегодня модели получают все более широкое распространение (**Рис. 3**):

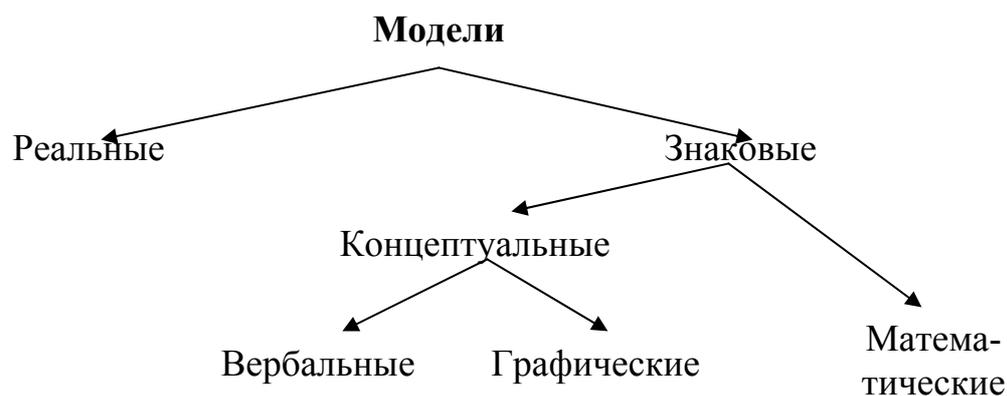


Рис. 3. Основные типы моделей в биологии

Реальные или физические модели – это биологические объекты, поставленные в заданные человеком условия. Такие модели отражают самые существенные черты оригинала, но их трудно создать. Например, аквариум может служить моделью озера; муравьи в аквариуме – моделью муравейника.

Реальные модели возникли первыми еще в XIX веке. Созданные Л. Пастером, Р. Кохом и другими микробиологами способы заражения лабораторных животных патогенными микроорганизмами и изучение на них патогенеза инфекционных болезней – это классический пример моделирования.

На современном этапе новые экспериментальные методы вызвали качественные изменения и в моделировании. Наряду с моделированием на уровне организмов, в настоящее время развивается моделирование на молекулярном, клеточном, а также на надорганизменном уровнях.

Знаковые модели представляют собой условное отображение оригинала с помощью подробного описания (концептуальные) или математических выражений (математические модели).

Концептуальные модели характеризуются подробным описанием системы с помощью научного текста (**вербальные модели**), схем, таблиц или графиков (**графические модели**).

Математические модели выражаются математическими символами, которые позволяют описать сложную биологическую систему, а уравнения – определить взаимодействие их компонентов. Математические модели являются приблизительным отображением реального мира и очень широко используются в экологии.

Первая математическая модель была создана в 1931 году В. Вольтерры, который описал простейшие экологические системы типа хищник-жертва и паразит-хозяин.

1.2. Описательные методы в биологии: основы цитологии

Наука о клетке называется **цитология**. Появление цитологии как науки стало возможным только с изобретением микроскопа, причем вначале был изобретен световой микроскоп, а затем, в начале XX века, и электронный.

Первым изобрел микроскоп Г. Галилей в 1609 году. Сконструировал действующий микроскоп одним из первых Корнелиус Дреббель в 1619 году.

В XVII веке постепенно усовершенствующийся микроскоп стали применять для изучения клеток и тканей живого организма. Первым человеком, увидевшим клетки, был английский учёный Роберт Гук. В 1665 году, пытаясь понять, почему пробковое дерево так хорошо плавает, Гук стал рассматривать тонкие срезы пробки с помощью усовершенствованного им микроскопа. Он обнаружил, что пробка разделена на множество крошечных ячеек, напомнивших ему монастырские кельи, и он назвал эти ячейки клетками (англ. «cell» - келья, ячейка, клетка).

В 1675 году итальянский врач М. Мальпиги, а в 1682 году – английский ботаник Н. Грю подтвердили клеточное строение растений. О клетке стали говорить как о «пузырьке, наполненном питательным соком».

В 1674 году голландский мастер Антоний ван Левенгук (1632-1723) с помощью микроскопа впервые увидел в капле воды «зверьков» – движущихся живых организмов (инфузорий, амёб, бактерий). Также он впервые наблюдал клетки животных – эритроциты и сперматозоиды.

Таким образом, уже к началу XVIII века учёные знали, что под большим увеличением растения имеют ячеистое строение, и видели некоторые организмы, которые позже получили название «одноклеточные».

В 1802-1808 годах французский исследователь Шарль-Франсуа Мирбель установил, что все растения состоят из тканей, образованных клетками. Ж.Б. Ламарк в 1809 году распространил идею Мирбеля о клеточном строении на животные организмы.

В 1825 году чешский учёный Я. Пуркине открыл ядро яйцеклетки птиц, а в 1839 ввёл термин «протоплазма».



Рис. 4. Теодор Шванн

В 1831 году английский ботаник Р. Броун впервые описал ядро растительной клетки, а в 1833 году установил, что ядро является обязательным органоидом клетки растения. С тех пор главным в организации клеток считается не мембрана, а содержимое.

Клеточная теория – важнейшее достижение биологии XIX века, она позволила заложить основы всей современной морфологии и, в частности, цитологии и гистологии.

Клеточная теория строения организмов была сформирована в 1839 году немецким зоологом **Т. Шванном (Рис. 4)** и **М. Шлейденом** и включала в себя ряд положений.

Основные положения клеточной теории:

1. Клетка – элементарная структурная и функциональная единица живой материи, она обладает всей совокупностью свойств, характеризующих живое.
2. Клетки всех организмов сходны по строению, выполняемым функциям, химическому составу и обмену веществ, т.е. гомологичны, что объясняется единством их происхождения.
3. Клетки многоклеточных организмов образуют ткани, из тканей – органы. Жизнь многоклеточного организма обусловлена суммой составляющих его клеток.
4. В 1855 году **Рудольф Вирхов** дополнил её ещё одним положением: Размножение всех клеток происходит путем их деления, а каждая новая клетка образуется в результате деления исходной материнской клетки.

Устройство светового микроскопа и правила работы с ним

Микроскоп – это оптический прибор, позволяющий получить обратное изображение изучаемого объекта и рассмотреть мелкие детали его строения, размеры которых лежат за пределами разрешающей способности глаза.

Разрешающая способность микроскопа дает отдельное изображение двух близких друг другу линий. Невооруженный человеческий глаз имеет разрешающую способность около 1/10 мм или 100 мкм. Лучший световой микроскоп примерно в 500 раз улучшает возможность человеческого глаза, т. е. его разрешающая способность составляет около 0,2 мкм или 200 нм.

Разрешающая способность и увеличение не одно и то же. Можно получить большое увеличение, но не улучшить его разрешение.

Различают полезное и бесполезное увеличения. Под **полезным** понимают такое увеличение наблюдаемого объекта, при котором можно выявить новые детали его строения. **Бесполезное** – это увеличение, при котором, увеличивая объект в сотни и более раз, нельзя обнаружить новых деталей строения.

В учебных лабораториях обычно используют световые микроскопы, на которых микропрепараты рассматриваются с использованием естественного или искусственного света. Наиболее распространены световые биологические микроскопы: БИОЛАМ, МИКМЕД, МБР, МБИ и МБС. Они дают увеличение в пределах от 56 до 1350 раз.

В микроскопе выделяют две системы: оптическую и механическую (Рис. 5). К оптической системе относят объективы, окуляры и осветительную систему (конденсор с диафрагмой и светофильтром, зеркало или электроосветитель).

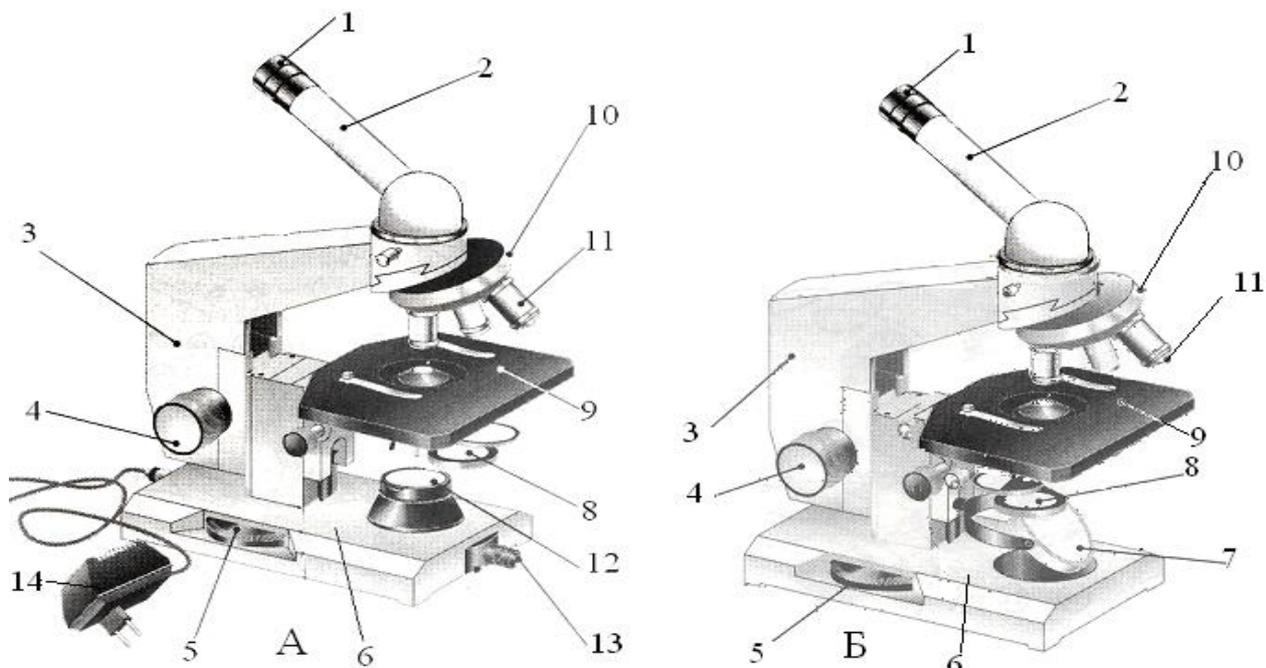


Рис. 5. Устройство световых микроскопов: А - МИКМЕД-1; Б - БИОЛАМ. 1 – окуляр, 2 – тубус, 3 – тубусодержатель, 4 – винт грубой наводки, 5 – микрометрический винт, 6 – подставка, 7 – зеркало, 8 – конденсор, ирисовая диафрагма и светофильтр, 9 – предметный столик, 10 – револьверное устройство, 11 – объектив, 12 – корпус коллекторной линзы, 13 – патрон с лампой, 14 – источник электропитания.

Объектив определяет полезное увеличение объекта. Объектив состоит из нескольких линз. Увеличение объектива обозначено на нем цифрами. В учебных целях используют обычно объективы X 8 и X 40.

Окуляр состоит из 2-3 линз. Увеличение окуляров обозначено на них цифрами: X 7, X 10, X 15. Окуляры не выявляют новых деталей строения, и в этом отношении их увеличение бесполезно.

Для определения общего увеличения микроскопа следует умножить увеличение объектива на увеличение окуляра. В случае использования бинокулярной или тринокулярной насадки в данное уравнение нужно добавить собственное увеличение насадки. Для бинокулярной насадки АУ-12 ЛОМО увеличение составляет 1,5X. В таких насадках, как АУ-26 или МФН-11, увеличение можно менять; собственное сменное увеличение насадки АУ-26 - 1,1X; 1,6X и 2,5X.

Осветительное устройство состоит из зеркала или электроосветителя, конденсора с ирисовой диафрагмой и светофильтром, расположенных под

предметным столиком. Они предназначены для освещения объекта пучком света.

Механическая система микроскопа состоит из подставки, коробки с микрометрическим механизмом и микрометрическим винтом, тубусодержателя, винта грубой наводки (макрометрический винт), кронштейна конденсора, винта перемещения конденсора, револьвера и предметного столика.

Правила работы с микроскопом

При работе с микроскопом необходимо соблюдать операции в следующем порядке:

1. Работать с микроскопом следует сидя.
2. Микроскоп осмотреть, вытереть от пыли мягкой салфеткой объективы, окуляр, зеркало.
3. Микроскоп установить перед собой, немного слева, на 2-3 см от края стола. Во время работы не сдвигать.
4. Открыть полностью диафрагму, поднять конденсор в крайнее верхнее положение.
5. Работу с микроскопом всегда начинать с малого увеличения.
6. Опустить объектив 8 X в рабочее положение, т.е. на расстояние 1 см от предметного стекла.
7. Глядя одним глазом в окуляр и пользуясь зеркалом с вогнутой стороной, направить свет от окна в объектив, а затем максимально и равномерно осветить поле зрения.
8. Положить микропрепарат на предметный столик так, чтобы изучаемый объект находился под объективом. Глядя сбоку, опускать объектив при помощи макровинта до тех пор, пока расстояние между нижней линзой объектива и микропрепаратом не станет 4-5 мм.
9. Смотреть одним глазом в окуляр и вращать винт грубой наводки (макрометрический винт) на себя, плавно поднимая объектив до положения, при котором хорошо будет видно изображение объекта. Нельзя смотреть в окуляр и опускать объектив. Фронтальная линза может раздавить покровное стекло, и на ней появятся царапины.
10. Передвигая препарат рукой, найти нужное место, расположить его в центре поля зрения микроскопа.
11. Если изображение не появилось, то надо повторить все операции пунктов 6-9.
12. Для изучения объекта при большом увеличении сначала нужно поставить выбранный участок в центр поля зрения микроскопа при малом увеличении. Затем поменять объектив на 40X, поворачивая револьвер так, чтобы он занял рабочее положение. При помощи микрометрического винта в основании микроскопа (штативе) добиться хорошего изображения объекта.
13. По окончании работы с большим увеличением установить малое увеличение, поднять объектив, снять с рабочего столика препарат, протереть чистой салфеткой все части микроскопа, накрыть его полиэтиленовым пакетом и поставить в шкаф.

1.3. Основные разделы биологии

Биология – это комплексная наука, ставшая в наше время такой в результате дифференциации и интеграции разных биологических наук. Существует немало классификаций биологических наук, хотя каждая из них не охватывает все аспекты биологического знания. Наиболее полной выглядит классификация, предложенная на **Рис. 6**:

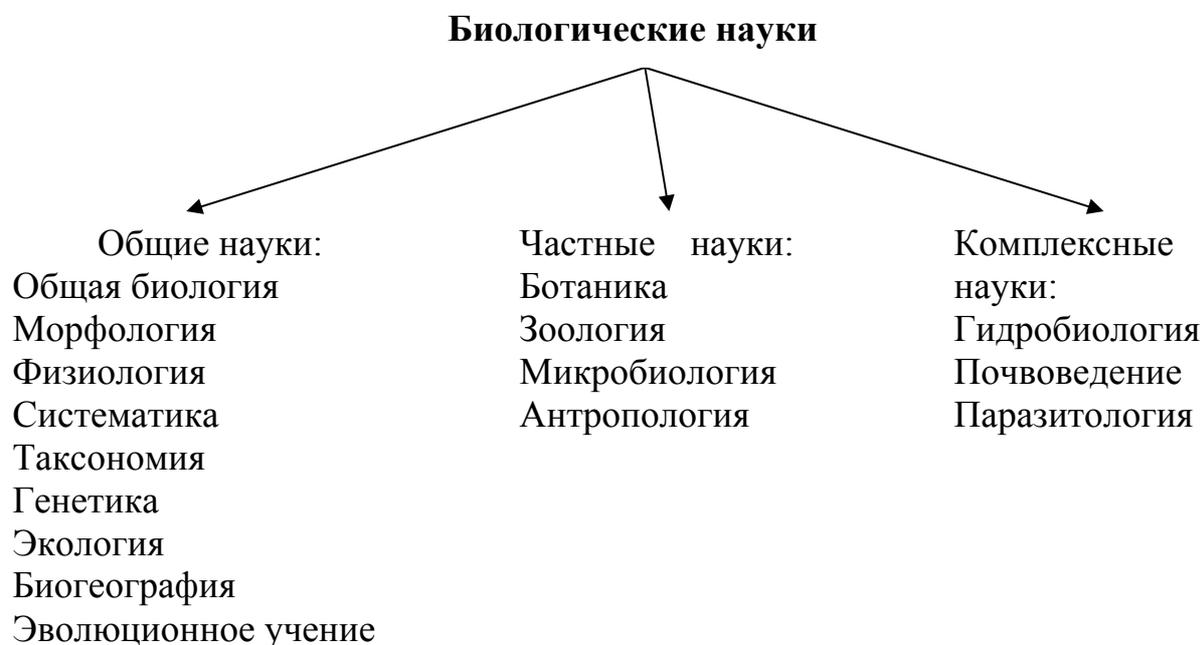


Рис. 6. Классификация биологических наук (по Б.Г. Иогансену, 1959)

Общие биологические науки изучают весь органический мир в строго определенном направлении, какую-то одну сторону его жизненных явлений, т.е. «немного обо всем».

Частные науки изучают конкретно объекты органического мира всесторонне, т.е. «все об одном».

В основе **комплексных наук** лежит изучение условий жизни организмов, их взаимоотношений как между собой, так и со средой обитания. Это науки, объединяющие в себе как общие, так и частные разделы биологии.

Значение **пограничных дисциплин** возрастает все больше: биофизики, биохимии, молекулярной биологии, генной инженерии, бионики, радиобиологии, цитогенетики, космической биологии и др.

Словарь основных разделов биологии:

- Альгология – наука о водорослях.
- Анатомия – наука, которая изучает строение органов и их систем.
- Антропология – наука, изучающая происхождение человека и его эволюцию, образование рас и физическое строение человека.
- Арахнология – наука, которая изучает пауков.
- Бактериология – наука, которая изучает бактерии.

- Биогеоботаника – наука о распространении растений.
- Биogeография – наука, изучающая закономерности географического распространения животных и растений, а также характер фауны (совокупность видов животных) и флоры (совокупность видов растений) отдельных территорий.
- Бионика – прикладная наука о применении в технических устройствах и системах принципов организации, свойств, функций и структур живой природы, т.е. формы живого в природе и их промышленные аналоги.
- Биотехнология – совокупность методов и приемов получения полезных для человека продуктов и явлений с помощью биологических агентов. В ее состав входят генная, клеточная и экологическая инженерии.
- Биофизика – раздел физики и современной биологии, изучающий физические аспекты существования живой природы на всех ее уровнях, начиная от молекул и клеток и заканчивая биосферой в целом; изучает действие физических факторов на живые организмы.
- Биохимия – наука о химическом составе живых клеток и организмов, о химических процессах, лежащих в основе их жизнедеятельности.
- Ботаника – наука о растениях.
- Бриология – наука о мхах.
- Вирусология – наука, которая изучает вирусы.
- Гельминтология – наука, изучающая червей.
- Генетика – наука о наследственности и изменчивости.
- Генная инженерия – совокупность приемов, методов и технологий получения рекомбинантных РНК и ДНК, выделения генов из организма (клеток), осуществления манипуляций с генами и введения их в другие организмы.
- Герпетология – наука, которая изучает пресмыкающихся.
- Гидробиология – наука, изучающая водные организмы (гидробионты), рассматривает систематику, морфологию, экологию (общие науки), животных, растений, микроорганизмов (частные науки), обитающих только в водной среде.
- Гистология – наука о тканях.
- Дендрология – наука о деревьях и кустарниках.
- Зоология – наука о животных.
- Ихтиология – наука, которая изучает рыб.
- Карцинология – наука о ракообразных.
- Космическая биология – наука, изучающая возможности жизни и существования живых организмов в космосе; рассматривает отсутствие влияния на организм силы тяжести, возможность существования организмов в вакууме и т.д.
- Лихенология – наука о лишайниках.
- Малакология – наука, которая изучает моллюсков.
- Маммология – наука, изучающая млекопитающих.

- Микология – наука о грибах.
- Микробиология – наука, изучающая микроорганизмы – бактерий, микоплазмы, актиномицеты, дрожжи, микроскопические водоросли и грибы.
- Молекулярная биология – комплекс биологических наук, изучающих механизмы хранения, передачи и реализации генетической информации, строения и функции белков и нуклеиновых кислот.
- Морфология – наука, изучающая как внешние характеристики организма, таксона или его составных частей (форма, структура, цвет), так и внутреннее строение живого организма.
- Общая биология – наука, разрабатывающая общие проблемы, касающиеся сущности, развития и проявления жизни на разных уровнях ее организации.
- Орнитология – наука, которая изучает птиц.
- Паразитология – наука, изучающая паразитов растений, животных и человека, их биологические особенности, цикл размножения и развития, способы заражения и распространения.
- Почвоведение – наука о почвах; изучает происхождение, развитие, строение, состав, свойства, географическое распространение и рациональное использование почв.
- Протозоология – наука, которая изучает простейших.
- Птеридология – наука о папоротниках.
- Радиобиология – наука о действии всех видов ионизирующих излучений на живые организмы, их сообщества и биосферы в целом.
- Систематика – ее определяют более широко – наука о многообразии живых организмов и родственных отношениях между ними.
- Таксономия – более узкая дисциплина (или раздел систематики), занимающаяся принципами, методами и правилами классификации организмов.
- Териология – синоним маммологии, часто используется в русскоязычной литературе.
- Физиология – наука о закономерностях функционирования и регуляции биологических систем разного уровня организации.
- Цитогенетика – наука, изучающая закономерности наследственности во взаимосвязи со строением и функцией внутриклеточных структур.
- Цитология – наука о клетке.
- Эволюционное учение – наука об историческом развитии (эволюции) живой природы.
- Экология – наука, которая изучает взаимоотношения живых организмов между собой и с окружающей средой.
- Эмбриология – наука, которая изучает развитие организма на самых ранних стадиях (с момента оплодотворения), предшествующих метаморфозу, вылуплению или рождению.
- Энтомология – наука, которая изучает насекомых.

1.4. История биологии

Биология, как и другие области человеческой культуры, зародилась в античных странах Средиземноморья. Основы знаний о животных и растениях были заложены в трудах Аристотеля и его ученика Теофраста. Важную роль сыграли сочинения Диоскорида, составившего описания лекарственных веществ (и среди них около 600 растений), и Плиния, попытавшегося собрать сведения обо всех природных телах в своей «Истории мира».

Аристотель (384 - 322 до н. э.) в трудах «О частях животных» и «История животных» рассмотрел вопрос о том, каким образом следует заниматься познанием животных. В работе «О порождении животных» Аристотель рассмотрел вопросы о размножении и развитии животных. Книга Теофраста (370-280 до н.э.) «Исследования о растениях» развивала идеи Аристотеля о необходимости формулировать определения на основе сущностных свойств, но на этот раз – в отношении растений.

В зоологии Аль-Джахиз (781-869 гг.) высказывал идеи об эволюции и пищевых цепях. Он же был ранним представителем учения о влиянии природных условий на национальный характер и развитие национальных государств.

Курдский автор Аль-Динавари (828-896 гг.) считается основателем арабской ботаники. Он описал более 637 видов растений и обсуждал фазы их роста и развития.

В анатомии и физиологии персидский врач Ар-Рази (865-925 гг.) экспериментально опроверг учение Галена о «четырех жизненных соках». Прославленный врач Авиценна (980-1037 гг.) в своем труде «Канон врачебной науки» ввел понятие о клинических исследованиях и фармакологии.

Испанский врач Ибн Зухр (1091-1161 гг.) путём вскрытия доказал, что чесотку вызывает подкожный паразит, а также ввел экспериментальную хирургию и медицинские исследования на животных. Во время голода в Египте в 1200 г. Абд аль-Латиф аль-Багдади наблюдал и изучал строение человеческого тела.

Лишь немногие европейские учёные приобрели известность в Средние века. Среди них Хильдегарда Бингенская, Альберт Великий и Фридрих II (император Священной Римской империи) составили канон естественной истории для ранних европейских университетов, в которых медицина значительно уступала преподаванию философии и богословия.

Дальнейшая история биологии начиная с XVI века дана в форме таблицы (Таблица 1):

Таблица 1. Знаменательные даты в развитии биологии

Дата	Ученый	Сделанные открытия
1500	Леонардо да Винчи	Установил невозможность выживания животных в атмосфере, в которой не происходит горение
1609	Г. Галилей	Изобрел первый микроскоп
1619	К. Дреббель	Сконструировал первый действующий микроскоп

1628	В. Гарвей	Открыл кровообращение
1651	В. Гарвей	Сформулировал положение «Все живое из яйца»
1661	М. Мальпиги	Открыл капилляры
1665	Р. Гук	Обнаружил клеточную структуру пробки
1668	Ф. Реди	Экспериментально доказал развитие личинок мух из отложенных яиц
1674	А. Левенгук	Открыл бактерий и простейших
1676	А. Левенгук	Описал пластиды и хроматофоры
1677	А. Левенгук	Впервые увидел сперматозоид человека
1688	Д. Рей	Ввел понятие о виде как систематической единице
1694	Р. Камерариус	Экспериментально доказал наличие пола у растений
1727	С. Гейлс	Установил воздушное питание у растений
1753	К. Линней	Разработал принципы систематики организмов и бинарную номенклатуру
1754	Дж. Блэк	Открыл углекислый газ
1766	К. Кавендиш	Открыл водород
1778	Дж. Пристли	Открыл выделение кислорода растениями
1779	Ян Ингенхауз	Показал связь между светом и зеленой окраской растений
1802-1808	Ш.Ф. Мирбель	Установил, что ткани растений состоят из клеток
1809	Ж.-Б. Ламарк	Сформулировал первую теорию эволюции органического мира
1809	Ж.-Б. Ламарк	Привлек внимание к влиянию среды на изменчивость организмов
1814	Г. Киргхов	Установил способность экстрактов ячменя превращать крахмал в сахар с помощью ферментов
1823	Т. Э. Найт	Отметил доминантность и рецессивность признаков садового гороха
1825	Я. Пуркинье	Открыл ядро яйцеклетки птиц
1828	К. Бэр	Описал закон зародышевого сходства
1831	Р. Броун	Открыл клеточное ядро
1838-1839	Т. Шванн, М. Шлейден	Сформулировали первые положения клеточной теории
1839	Ю. Либих	Сформулировал положение о «неживой» природе ферментов
1839	Я. Пуркинье	Ввел термин «протоплазма»

1845	А. Кольбе	Впервые синтезировал органическое соединение (уксусную кислоту) из неорганических предшественников
1853	Ф. Кебер	Описал проникновение сперматозоида в яйцеклетку
1855-1858	Р. Вирхов	В книге «Целлюлярная патология» сформулировал положение «Каждая клетка из клетки»
1859	Ч. Дарвин	Опубликовал книгу «Происхождение видов путем естественного отбора, или сохранение благоприятствуемых пород в борьбе за жизнь»
1862	Л. Пастер	Опровергнул теорию самопроизвольного зарождения жизни
1862	Ю. Сакс	Показал фотосинтетическое происхождение крахмала
1862	И.М. Сеченов	Открыл явления торможения в ЦНС
1864	Э. Геккель, Ф. Мюллер	Сформулировали биогенетический закон
1865	Г. Мендель	Опубликовал законы наследственности
1866	Э. Геккель	Ввел понятие «Экология»
1868-1871	Ф. Мишер	Открыл нуклеиновые кислоты
1871	М.М. Манассеина	Доказал, что способность ферментировать сахар (превращать его в спирт) принадлежит не дрожжевым клеткам, а содержащимся в них ферментам
1874	И.Д. Чистяков	Открыл митоз у растительных клеток
1875	Э. Пфлюгер	Доказал, что процессы окисления происходят в тканях, а не в крови
1875	Э. Страсбургер	Дал первое описание хромосом
1878	Ф.В. Кюне	Предложил термин «энзим» для обозначения ферментов
1878	В. Флеминг, П.И. Перемешко	Открыли митотическое деление животных клеток
1880	Н.И. Лунин	Открыл витамины
1883	И.И. Мечников	Сформулировал биологическую (фагоцитарную) теорию иммунитета
1892	Д.И. Ивановский	Открыл вирусы на вирусе табачной мозаики
1893	С.Н. Виноградский	Открыл нитрифицирующие бактерии и объяснил их роль в круговороте азота
1897	Г. и Э. Бухнеры	Показали, что брожение может происходить вне живых клеток, т.е. начали исследование гликолиза

1898	В.И. Беляев	Впервые описал мейоз у растений
1898	О.Г. Навашин	Открыл двойное оплодотворение у цветковых растений
1899	Н.Ф. Гамалея	Открыл бактериофагов
1900	К. Ландштейнер	Открыл группы крови у человека
1900	К. Корренс, К. Чермак, Г. Де Фриз	Вторично переоткрыли законы наследственности
1900-1901	И.П. Павлов	Сформулировал представление об условно-рефлекторной деятельности
1903	К.А. Тимирязев	Привлек внимание к роли зеленых растений в космическом круговороте энергии и веществ
1906	Т. Морган	Начал использование дрозофилы в качестве экспериментальной генетической модели
1910	Т. Морган	Доказал сцепление генов в хромосомах
1910	С.П. Костычев	Доказал единство брожения и дыхания
1910	А.Н. Северцов	Сформулировал теорию филэмбриогенеза – макроэволюции
1914	Т. Морган	Сформулировал хромосомную теорию наследственности
1920	О. Леви	Открыл нейросекрецию
1920	Н.И. Вавилов	Сформулировал закон гомологических рядов наследственности
1921	Г. Шпеман	Открыл влияние одной части зародыша на другую и выяснил роль этого явления в детерминации частей развивающегося зародыша
1922	А. Флеминг	Открыл лизоцим
1923	Т. Тунберг	Охарактеризовал фотосинтез в качестве окислительно-восстановительной реакции
1924	А.И. Опарин	Опубликовал естественно-научную теорию происхождения жизни на Земле (теория биопоэза) – теорию биохимической эволюции
1926	С.С. Четвериков	Объяснил роль мутаций в естественном отборе
1926	С.С. Четвериков	Основал науку – генетику популяций, ставшую основой синтетической теории эволюции – синтеза генетики и классического дарвинизма
1926	Д. Сампер	Получил кристаллическую уреазу (первый искусственный фермент)

1926	В.И. Вернадский	Опубликовал труд «Биосфера»
1929	А. Флемминг	Выделил природный пенициллин
1931	В.А. Энгельгардт	Открыл дыхательное фосфорилирование на уровне клеток
1932	М. Кнолль, Э. Руска	Создали первый электронный микроскоп просвечивающего типа
1933	Ф. Кегль	Выделил и охарактеризовал ауксины растений
1934	Н.П. Дубинин, А.С. Серебровский и др.	Обосновали центровую теорию гена
1937	Г.А. Кребс	Обосновал цикл трикарбоновых кислот
1939	Е.Н. Павловский	Сформулировал теорию природной очаговости трансмиссивных болезней
1940	Г. Флори, Э. Чейн	Получили химически чистый антибиотик – пенициллин
1940	В.Н. Сукачев	Сформулировал теорию биогеоценозов
1941	Д. Билд, Э. Татум	Экспериментально доказали, что синтез бактериальными клетками факторов роста контролируется генами
1943	С. Лурия, М. Дельбрюк	Доказали существование спонтанных мутаций
1944	О. Эвери, С. Маклеод, М. Маккарти	Доказали генетическую роль ДНК
1944	К.И. Скрябин	Сформулировал учение о девакации гельминтов
1945	К. Портер	Открыл эндоплазматическую сеть
1945	П. Медавар	Доказал иммунологическую природу отторжения при трансплантации (пересадке) тканей и органов
1946	Д. Ледерберг, Э. Татум	Открыли систему рекомбинации у бактерий
1948	Н. Винер	Обосновал единство принципов управления в технических системах и живых организмах
1951	Л. Полинг	Сформулировал представление о вторичной структуре белков и открыл α -спираль
1952	В. Макклинтон	Открыл мигрирующие (транспозированные) генетические элементы растений
1953	Д. Уотсон, Ф. Крик	Сформулировали представления о структуре ДНК
1957		Запущен второй искусственный спутник Земли с лайкой на борту (СССР)
1960	Р. Вудворд	Синтезировал хлорофилл

1960	Г. Барский	Установил гибридизацию культивируемых соматических клеток
1961	Ф. Крик, Л. Барнет, С. Бреннер, Р. Уотс-Тобин	Определили тип и общую структуру генетического кода
1961	Дж. Гёрдон	Начал клонирование животных
1962	Ф. Жакоб, Ж. Моно	Сформулировали представления о регуляции активности генов
1964	Э. Кондо, С. Митоухаши	Открыли транспозируемые (перемещаемые) генетические элементы микроорганизмов
1966	М. Ниренберг, М. Очоа, Х. Корана	Расшифровали генетический код
1968	Х. Корана	Осуществил химический синтез гена
1968	М. Месельсон, Р. Юан, С. Ланн, В. Арьер	Открыли рестрикционные эндонуклеазы
1970	Х. Темин, Д. Балтимор	Открыли обратную транскрипцию
1973	С. Коэн, А. Чанг	Опубликовали результаты первых экспериментов по молекулярному клонированию
1975	Ц. Мильштейн	Открыл гибридомы и способ получения моноклеточных антител
1982	Р. Полтимер, Р. Бринстер	Показали возможность изменения фенотипа млекопитающих (получение трансгенных мышей) с помощью рекомбинантных молекул ДНК
1982	Т. Чек	Открыл каталитическую активность рибонуклеиновой кислоты
1988	Д. Блау, Р. Лаун	Установил фактор, «лицензирующий» и позволяющий один раунд репликации ДНК на клетку
1993	П. Стилман, Д. Холл	Осуществили первые эксперименты по индукции монозиготных близнецов человека
1994	К. Кеньон	Идентифицировал семейства гомеопатических (Hox) генов, которые существенны в определении плана строения хордовых
1995	Ж. Тестарт, Я. Тесарик, К. Мендоза	Установили возможность оплодотворения женских половых клеток мужскими сперматидами
1997	И. Вилмут, К. Кэмпбелл и др.	Установили возможность клонирования потомства млекопитающих путем оплодотворения яйцеклеток, лишенных ядер, ядрами соматических клеток

1.5. Практическое применение и перспективные направления биологических исследований

Практическое применение биологических знаний чрезвычайно велико. Впервые практика стала формулировать свои заказы биологии с введением в эту науку экспериментального (инструментального) метода. Изначально биология оказывала влияние на практику опосредованно, в частности, через медицину и сельское хозяйство.

Прямое влияние биологии на производство началось с создания основ биотехнологии в тех областях промышленности, которые основываются на биосинтетической деятельности микроорганизмов. На основе биологических знаний осуществляется синтез многих органических кислот, антибиотиков, аминокислот, ферментов (например, интерферона), витаминов, гормонов (например, инсулина, соматостатина и др.).

Большое значение имеет биология для сельскохозяйственного производства. Например, теоретической основой селекции растений и животных является генетика. В последние годы в сельскохозяйственное производство также вошла генетическая инженерия. Она открыла новые перспективы в увеличении производства пищи. Она оказывает существенное влияние на поиск новых источников энергии, новых путей сохранения окружающей среды, очистки ее от различных загрязнений.

Биологическое познание прямым образом связано с медициной, причем эти связи уходят в далекое прошлое. Больше того, многие выдающиеся медики далекого прошлого были одновременно и выдающимися биологами (Гиппократ, Герофил, Эразистрат, Гален, Авиценна, Мальпиги и др.). На сегодняшний день многие разделы биологии имеют важнейшее значение в разработке основ диагностики, лечения и профилактики наследственных болезней: клеточная теория, микробиология, анатомия и физиология человека и животных, эволюционное учение, генетика и другие.



Вопросы для обсуждения и самоконтроля:

- 1. Что изучает биология? Что понимают под «живой системой»?**
- 2. Какие задачи стоят перед современной биологией?**
- 3. Какими методами пользуется биология? Какие из них нельзя назвать современными?**
- 4. Что Вы знаете о методе «моделирования»?**
- 5. Каково устройство светового микроскопа и правила работы с ним?**
- 6. На какие разделы можно поделить современную биологию? Что лежит в основе такого деления?**
- 7. Каковы основные вехи в развитии биологии как науки? Какие ученые, по вашему мнению, внесли наибольший вклад?**
- 8. Каково на сегодняшний день практическое применение биологических знаний?**
- 9. Каковы перспективные направления биологических исследований?**
- 10. Важна ли биология специалистам вашей профессии? Почему?**

ГЛАВА 2. УРОВНИ ОРГАНИЗАЦИИ, СВОЙСТВА ЖИВОЙ МАТЕРИИ

2.1. Уровни организации живой материи

Рассмотрение организации живой материи начинается с выяснения строения и свойств сложных органических молекул. Клетки многоклеточных организмов входят в состав тканей, две или несколько тканей образуют орган, совокупность органов образует организм. Сложно устроенный многоклеточный организм, имеющий в своем составе ткани и органы, в то же время представляет собой элементарную единицу биологического вида. Взаимодействующие между собой виды вместе со средой их обитания составляют сообщества или экосистемы, а совокупность всех экосистем на Земле образуют биосферу.

В соответствии с этим выделяют следующие уровни организации живой материи:

I. Молекулярно-генетический. Любая живая система, как бы сложно она ни была организована, проявляется на уровне функционирования биологических макромолекул – биополимеров: нуклеиновых кислот, белков, полисахаридов, а также других важных органических веществ. С этого уровня начинаются важнейшие процессы жизнедеятельности организма: обмен веществ и превращение энергии, передача наследственной информации и др.

Этот уровень изучают такие биологические науки, как молекулярная биология, биохимия, биофизика.

II. Клеточный. Клетка является структурной и функциональной единицей, а также единицей развития всех живых организмов, обитающих на Земле. Свободноживущих неклеточных форм жизни не существует.

Этот уровень изучает раздел морфологии – цитология.

III. Тканевой. Ткань – совокупность клеток и межклеточного вещества, имеющих общее происхождение, сходное строение и объединенных выполнением определенных функций.

Ткани бывают растительные и животные.

У растений выделяют шесть типов тканей:

1. Образовательные – функция – формирование всех других тканей растения;
2. Покровные – защищают растения от неблагоприятных условий внешней среды;
3. Основная ткань (паренхима) - составляет основу органов, заполняя все промежутки между клетками других тканей;
4. Проводящие - проводят питательные вещества по растению;
5. Механические ткани – придают растению прочность;
6. Выделительные ткани – накапливают и частично выводят продукты жизнедеятельности растений.

У животных выделяют четыре основные группы тканей:

1. Эпителиальные – покрывают поверхность тела снаружи, выстилают изнутри полые органы, стенки полостей тела, образуя железы. Они выпол-

няют защитную, секреторную и выделительную функции; обеспечивают обмен веществ между организмом и внешней средой.

2. Соединительные – в эту группу объединены семь разнообразных тканей (кровь и лимфа, рыхлая волокнистая соединительная ткань, плотная соединительная ткань, костная, хрящевая, ретикулярная, жировая ткани), которые занимают внутреннее положение и выполняют множество разнообразных функций: защитную, трофическую, гомеостатическую, пластическую и механическую. Все они состоят из клеток и большого количества межклеточного вещества, образованного основным аморфным веществом, эластическими и коллагеновыми волокнами.
 3. Мышечные – обеспечивают двигательные процессы в организме. Различают скелетную поперечно-полосатую, сердечную поперечно-полосатую и гладкую мышечные ткани.
 4. Нервная – является основным компонентом нервной системы – головного и спинного мозга. Она состоит из нервных клеток (нейронов) и связанных с ними вспомогательных клеток – нейроглии. Она воспринимает раздражения внешней среды и обеспечивает соответствующий ответ.
- Этот уровень изучает раздел морфологии – гистология.

IV. Органный. Во многих классификациях этот уровень отсутствует, поскольку орган нельзя рассматривать как отдельно существующий живой организм и отдельно сам по себе ни один орган жить не может.

Органы – это структурно-функциональные объединения нескольких типов тканей. Например, сердце как орган включает в свой состав эпителиальные, мышечные и нервные ткани и выполняет важные функции в организме, важнейшая из которых – обеспечение движения крови по сосудам.

Этот уровень изучает раздел морфологии – анатомия.

V. Организменный. **Организм** представляет собой целостную одноклеточную или многоклеточную живую систему, способную к самостоятельному существованию. Многоклеточный организм образован совокупностью тканей и органов, специализированных для выполнения различных функций.

Этот уровень изучает большое число биологических наук: морфология, эмбриология, физиология, генетика, эволюционное учение, ботаника, зоология и др. Одновременно этот же уровень изучает и наука экология, а точнее, ее раздел аутоэкология, который ставит своей задачей выяснение взаимосвязей между отдельным организмом и средой обитания, выявление цикличности (суточной, сезонной) в его жизнедеятельности.

VI. Популяционно-видовой. **Популяция** – совокупность свободно скрещивающихся особей одного вида, объединенных общим местом обитания – ареалом; длительно существует относительно обособленно от других особей того же вида. Является надорганизменной системой (т.е. сложнее одного организма) и одновременно элементарной единицей вида и эволюции.

Вид – совокупность особей, сходных морфологически, физиологически и биохимически, способных скрещиваться между собой и давать плодовитое потомство. По-другому можно сказать, что сумма популяций есть вид. Особи одного вида имеют общую эволюционную судьбу.

Этот уровень изучает разделы биологии – систематика и эволюционное учение, и разделы экологии – демэкология (экология популяций) и эйдэкология (экология вида).

VII. Биогеоценотический (экосистемный). Биогеоценоз – совокупность организмов разных видов и различной сложности организации со всеми факторами конкретной среды их обитания – компонентами атмосферы, гидросферы и литосферы. Он включает (**Рис. 7**): **биоценоз** – сумму живых организмов разных видов – растения, животные и микроорганизмы, и **биотоп** – среду обитания биоценоза – воздух, почву и воду. Например, если биогеоценоз – это озеро, то он состоит из биоценоза (все рыбы, животные, растения и микроорганизмы в этом озере) плюс биотоп (вода этого озера, его почва и воздух над ним).

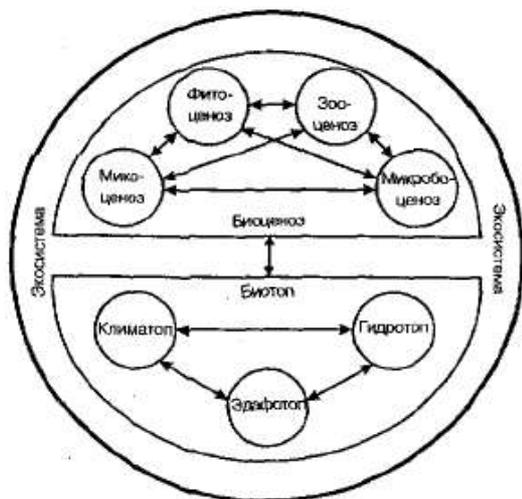


Рис. 7. Структура биогеоценоза по В.Н. Сукачеву

Биогеоценоз всегда имеет определенные границы, заданные границами фитоценоза (совокупности растений).

Этот уровень изучает раздел экологии – синэкология (экология сообществ).

VIII. Биосферный. В.И. Вернадский (**Рис. 8**) разработал целостное учение о биосфере – единой динамической системе на планете, управляемой жизнью. И вышедшая в Ленинграде в 1926 году скромно оформленная книжка «Биосфера» объемом в 150 страниц стала крупнейшим событием в истории естествознания XX века.



Рис. 8. Портрет В.И. Вернадского

Биосфера – это своеобразная оболочка Земли, содержащая всю совокупность живых организмов и ту часть вещества планеты, которая находится в непрерывном обмене с этими организмами.

Эта «живая оболочка» Земли охватывает нижнюю часть атмосферы, всю гидросферу и верхнюю часть литосферы, которые являются областью сущест-

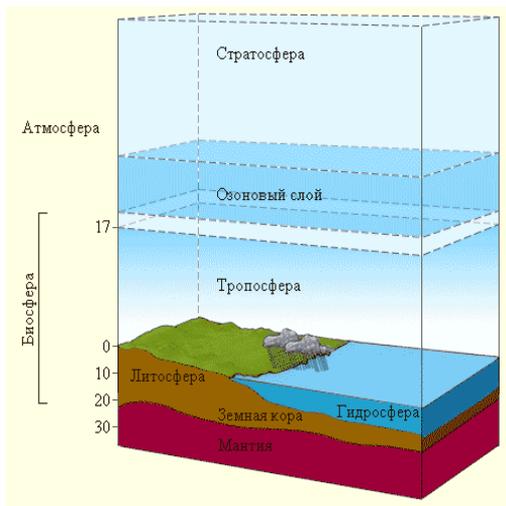


Рис. 9. Биосфера и ее строение

вождения и функционирования живого вещества (сумма всех живых организмов на планете) или затронуты жизнедеятельностью организмов (в том числе и в историческом прошлом) (Рис. 9).

Биосфера – самый высокий уровень организации жизни на нашей планете. На этом уровне происходят круговорот веществ и превращение энергии, связанные с жизнедеятельностью всех живых организмов, обитающих на Земле.

Этот уровень изучает раздел экологии – экология макросистем высшего ранга или мегаэкология.

2.2. Признаки (критерии, свойства) живой материи

Мир живых существ, включая человека, представлен биологическими системами различной структурной организации и разного уровня соподчинения, или согласованности. Как бактериальная клетка, так и клетка простейших представляет собой целый организм, способный выполнять все функции, необходимые для обеспечения жизнедеятельности. А вот клетки, входящие в состав многоклеточного организма, специализированы, т.е. могут осуществлять отдельные функции и не способны самостоятельно существовать вне организма.

Любой живой организм, одноклеточный или многоклеточный, обладает рядом признаков или характерных черт, совокупность которых отличает живое от неживого.

1. Единство химического состава. В состав живых организмов входят те же химические элементы, что и в объекты неживой природы. Однако соотношение различных элементов в живом и неживом неодинаково. Элементарный состав неживой природы наряду с кислородом представлен в основном кремнием, железом, магнием, алюминием и т.д. В живых организмах 98% химического состава приходится на четыре элемента – углерод, кислород, азот и водород.

При этом в живых организмах эти элементы участвуют в образовании сложных органических молекул:

- нуклеиновых кислот (ДНК – хранение информации о структуре белков; РНК – перенос информации),
- белков (структурные компоненты клетки и катализаторы химических реакций),
- углеводов (источники энергии и структурные компоненты клетки),
- липидов или жиров (источники энергии и структурные компоненты клетки), обеспечивающих многочисленные и разнообразные процессы метаболизма в живых организмах.

2. Единый принцип структурной организации. Все живое состоит из клеток. Клетка может быть и отдельным организмом, и элементарной составной частью многоклеточного растения или животного. Она бывает и довольно просто устроенной, как бактериальная клетка, или значительно более сложно, как клетки одноклеточных животных – простейших.

3. Обмен веществ (метаболизм). Все живые организмы способны к обмену веществ с окружающей средой, поглощая из нее элементы, необходимые для питания, и выделяя продукты жизнедеятельности. В круговороте органических веществ самыми существенными являются процессы превращения веществ – процессы синтеза и распада (**Рис. 10**):



Рис. 10. Обмен веществ и превращение энергии на уровне организма (В.Б. Захаров, С.Г. Мамонтов и др., 1996)

Живые организмы поглощают из окружающей среды различные вещества. Вследствие целого ряда сложных химических превращений вещества из окружающей среды уподобляются веществам живого организма, из них строится его тело. Эти процессы называются **ассимиляцией** или **пластическим обменом**.

Другая сторона обмена – **процессы диссимиляции**, в результате которых сложные органические соединения распадаются на простые, при этом утрачивается их сходство с веществами организма и выделяется энергия, необходимая для реакций биосинтеза. Поэтому диссимиляцию называют еще **энергетическим обменом**.

Обмен веществ обеспечивает постоянство химического состава и строения всех частей организма и как следствие – постоянство их функционирования в непрерывно меняющихся условиях окружающей среды.

4. Энергозависимость. Живые тела представляют собой открытые для поступления энергии системы. Под **открытыми** понимают динамические, т.е. не на-

ходящиеся в состоянии покоя системы, устойчивые лишь при условии непрерывного доступа к ним энергии и материи извне. Следовательно, живые организмы существуют до тех пор, пока в них поступают энергия и материя в виде пищи из окружающей среды.

Живые организмы в отличие от объектов неживой природы отграничены от окружающей среды оболочками (наружная клеточная мембрана у одноклеточных, покровная (эпителиальная) ткань у многоклеточных). Эти оболочки затрудняют обмен веществ между организмом и внешней средой, сводят к минимуму потери веществ и поддерживают пространственное единство системы.

5. Саморегуляция (авторегуляция) и гомеостаз. Это способность живых организмов, обитающих в непрерывно меняющихся условиях окружающей среды, поддерживать постоянство своего химического состава и интенсивность течения физиологических процессов.

При этом недостаток поступления каких-либо питательных веществ мобилизует внутренние резервы организма, а избыток вызывает запасание этих веществ. Подобные реакции осуществляются разными путями благодаря деятельности регуляторных систем – нервной и эндокринной. Сигналом для включения той или иной регулирующей системы может быть изменение концентрации какого-либо вещества или состояния какой-либо системы. Например, повышение концентрации глюкозы в крови приводит к усилению выработки гормона поджелудочной железы – инсулина, уменьшающего содержание этого сахара в крови. Снижение уровня глюкозы в крови замедляет выделение гормона в кровяное русло.

6. Размножение (репродукция, самовоспроизведение). Размножение – это свойство организмов воспроизводить себе подобных. Что лежит в основе процесса самовоспроизведения? Обратим внимание на то, что этот процесс осуществляется практически на всех уровнях организации живой материи. Благодаря репродукции не только целые организмы, но и клетки, органеллы клеток (митохондрии, пластиды и др.) после деления сходны со своими предшественниками. Из одной молекулы ДНК – дезоксирибонуклеиновой кислоты – при ее удвоении образуются две дочерние молекулы, полностью повторяющие исходную.

В основе самовоспроизведения лежат реакции матричного синтеза, т.е. образования новых молекул и структур на основе информации, заложенной в последовательности нуклеотидов ДНК. Следовательно, самовоспроизведение – одно из основных свойств живого, тесно связанное с явлением наследственности.

7. Наследственность. Заключается в способности организмов передавать свои признаки, свойства и особенности развития из поколения в поколение. Наследственность обеспечивает материальную преемственность (поток информации) между организмами в ряду поколений.

Признаком называют любую особенность строения на самых различных уровнях организации живой материи, а под **свойствами** понимают функциональные особенности, в основе которых лежат конкретные структуры.

Наследственность обусловлена стабильностью, т.е. постоянством строения молекул ДНК и воспроизведением ее химического строения (редупликации) с высокой точностью.

8. Изменчивость. Это свойство как бы противоположно наследственности, но в то же время тесно связано с ней, так как при этом изменяются наследственные задатки – гены, определяющие развитие тех или иных признаков. Если бы репродукция матриц – молекул ДНК – всегда происходила с абсолютной точностью, то при размножении организмов осуществлялась бы преемственность только существовавших прежде признаков, и приспособление видов к меняющимся условиям среды оказалось бы невозможным.

Следовательно, **изменчивость** – это способность организмов приобретать новые признаки и свойства, в основе которой лежат изменения биологических матриц.

Изменчивость создает разнообразный материал для естественного отбора, т.е. отбора наиболее приспособленных особей к конкретным условиям существования в природных условиях, что, в свою очередь, приводит к появлению новых форм жизни, новых видов организмов.

9. Эволюция. Под эволюцией понимают развитие жизни на Земле. Это есть атрибут жизни в целом, она характеризуется повышением уровня организации ведущих представителей каждой геологической эпохи по сравнению с предыдущей. Сюда относятся появление крупных новшеств у животных: многоклеточность, двусторонняя симметрия, дифференцировка головного конца, при выходе на сушу – появление легочного дыхания и преобразование системы кровообращения, стремительное развитие коры головного мозга у приматов и др.

Этот путь не был единственным. Например, за $3,5 \cdot 10^{10}$ лет своего существования бактерии пережили все катаклизмы на Земле, приспособившись к ним с помощью мутаций, позволяющих им жить в горячих серных источниках, воде ядерных реакторов. Однако уровень их организации остался таким же, как и у их далеких предков.

Возрастание сложности организации живого сопровождается развитием систем, повышающих способность к выживанию особей в экстремальных условиях. В этих ситуациях низкоорганизованным формам за сохранение вида приходится платить несравненно большим числом жертв, чем высшим формам.

10. Рост и развитие. Под **развитием** понимают необратимое направленное закономерное изменение объектов живой природы. В результате развития возникает новое качественное состояние объекта, вследствие которого изменяется его состав и структура. **Рост** – это количественное изменение (увеличение или уменьшение) размеров тела: его линейных размеров и массы.

Примером разделения процессов роста и развития может служить метаморфоз у насекомых. Среди насекомых есть виды (с так называемым полным циклом превращения), которые в развитии проходят четыре стадии: яйцо→личинка→куколка→взрослая особь. К ним, например, относятся бабочки (отряд Чешуекрылые). Из яйца выходит личинка – гусеница, которая активно питается и растет, затем выросшая гусеница окукливается, и внутри куколки происходят процессы развития. Из куколки выходит качественно новая особь – бабочка.

У большинства же видов живых организмов рост и развитие довольно трудно разделить, поскольку рост (количественные изменения) обычно сопровождается развитием (качественными изменениями). Например, у ребенка процессы роста и развития тесно взаимосвязаны, и их трудно разделить.

Развитие живой материи представлено онтогенезом и филогенезом.

Онтогенез – это индивидуальное развитие организма. На протяжении онтогенеза постепенно и последовательно проявляются индивидуальные свойства организма. В основе этого лежит поэтапная реализация наследственных программ. **Филогенез** – это необратимое и направленное развитие живой природы, сопровождающееся образованием новых видов и прогрессивным усложнением жизни. Результатом эволюции является все многообразие живых организмов на Земле.

11. Раздражимость. Любой организм неразрывно связан с окружающей средой. **Раздражимость** – это свойство живых организмов избирательно реагировать на внешние воздействия. Всякое изменение окружающих условий среды представляет по отношению к организму раздражитель, а его реакция на внешние раздражители служит показателем его чувствительности и проявлением раздражимости.

Реакция многоклеточных животных на раздражение осуществляется через посредство нервной системы и называется **рефлексом**. Организмы, не имеющие нервной системы, например растения и простейшие, лишены и рефлексов. Их реакции, выражающиеся в изменении характера движения или роста, принято называть **таксисами** (изменение движения в определенном направлении) или **тропизмами** (определенный характер роста, свойственен растениям).

12. Дискретность и непрерывность. Жизнь на Земле проявляется в виде отдельных – дискретных форм. Это означает, что отдельный организм или иная биологическая система состоит из отдельных, изолированных, но тесно взаимосвязанных частей, образующих структурно-функциональное единство. Например, любой вид состоит из отдельных особей. Тело особи состоит из пространственно отграниченных органов, которые состоят из отдельных клеток.

Дискретность строения организма – основа его структурной упорядоченности, она создает возможность постоянного самообновления его путем замены «износившихся» частей без прекращения выполняемой функции. Дискретность вида предопределяет возможность его эволюции путем гибели или устранения

от размножения неприспособленных особей и сохранение индивидов с полезными для выживания признаками.

С другой стороны, жизнь непрерывна во времени и пространстве, т.е. потеря или гибель одной из частей не приводит к потере всей системы. Например, гибель отдельных клеток не ведет к смерти организма, гибель отдельных особей не ведет к вымиранию вида и т.д.

13. Ритмичность. Периодические изменения в окружающей среде оказывают глубокое влияние на живую природу и на собственные ритмы живых организмов. В биологии под **ритмичностью** понимают периодические изменения интенсивности физиологических реакций и формообразовательных процессов с различными периодами колебаний (от нескольких секунд до года и столетия). Хорошо известны суточные ритмы сна и бодрствования у человека; сезонные ритмы активности и спячки у некоторых млекопитающих (суслики, ежи, медведи и пр.). Ритмичность направлена на согласование функций организма с окружающей средой, т.е. на приспособление к периодически меняющимся условиям существования.

14. Иерархичность или соподчиненность. Вся живая материя на Земле построена по иерархическому принципу. Иерархичность живого изучает наука систематика. При этом она не просто изучает таксономические группы организмов, а выявляет их на основе родства между ними, пытается проследить происхождение одних видов от других и выстроить систематическое древо живого. Т.е. фактически она пытается объяснить многообразие ныне существующих форм жизни.

Таким образом, живые организмы резко отличаются от объектов физики и химии – неживых систем – своей исключительной сложностью и высокой структурной и функциональной упорядоченностью. Эти отличия придают жизни качественно новые свойства. Живое представляет собой особую ступень развития материи.



Вопросы для обсуждения и самоконтроля:

- 1. По какому принципу выделяют уровни в современной биологии?**
- 2. Что Вы можете рассказать об уровнях организации живого? Какие науки изучают каждый уровень?**
- 3. Что такое признаки живой материи? Можно ли сказать, что если система обладает комплексом этих признаков, то она живая?**
- 4. Какие признаки живых систем Вы знаете? Что Вы можете сказать о каждом из них?**
- 5. Какие организмы долго вызывали сомнения в том, что они живые? Какие признаки живого у них имеются, а какие - отсутствуют?**
- 6. Какие признаки кажутся Вам наиболее важными для характеристики системы как живой? Какие из них, по Вашему мнению, имеют второстепенное значение?**

ГЛАВА 3. РАЗНООБРАЗИЕ ЖИЗНИ НА ЗЕМЛЕ. ПРИНЦИПЫ КЛАССИФИКАЦИИ ЖИВЫХ ОРГАНИЗМОВ

Все живые организмы на Земле состоят из клеток, неклеточных форм жизни нет (Рис. 11).



Рис. 11. Макросистематика живой материи на Земле

Существование царства Вирусы лишь подтверждает этот постулат, поскольку все вирусы внутриклеточные паразиты. Лишь внутри клетки они ведут себя как живые организмы – размножаются. Вне живой клетки они ведут себя, как объекты неживой природы и напоминают минерал.

3.1.Царство Вирусы

История открытия вируса:

Впервые вирусы были обнаружены в 1892 г. русским ботаником Д.И. Ивановским при изучении возбудителя листовой мозаики табака. В ходе работы Ивановский выяснил, что возбудитель не растет на питательных средах, проходит сквозь бактериальные фильтры и имеет размеры во много раз мельче бактерий. Термин «вирус» был предложен в 1899 г. голландским ботаником М. Бейеринком. В 2002 г. в университете Нью-Йорка впервые был искусственно создан вирус (вирус полиомиелита).

3.1.1. Основные гипотезы происхождения вирусов

Вирусы (лат. «virus» - яд) – сборная группа, не имеющая общего предка. В настоящее время существует несколько гипотез, объясняющих происхождение вирусов:

1-я ГИПОТЕЗА: вирусы являются результатом крайнего проявления регрессивной эволюции бактерий или других одноклеточных организмов. Гипотеза регрессивной эволюции не может объяснить разнообразия генетического материала у вирусов, неклеточной их организации, способа размножения и отсутствия белок-синтезирующих систем. Поэтому в настоящее время эта гипотеза имеет, скорее, историческое значение.

2-я ГИПОТЕЗА: вирусы являются потомками древних, доклеточных форм жизни — протобионтов, предшествовавших появлению клеточных форм, которые перешли к паразитическому образу жизни. Эта гипотеза также не разделяется в настоящее время большинством ученых, так как она не объясняет тех же вопросов, что и первая гипотеза.

3-я ГИПОТЕЗА: вирусы произошли от генетических элементов клеток, ставших автономными, хотя неясно, какие из этих элементов дали начало столь большому разнообразию генетического материала у вирусов. Эта гипотеза, которую иронически называли гипотезой «взбесившихся генов», находит наибольшее число сторонников, однако не в том первоначальном виде, в каком она была высказана, т.к. и она не объясняет наличие у вирусов множества форм генетического материала (однонитчатая ДНК, двунитчатая РНК), отсутствующих в клетках, образование капсида, существование двух форм симметрии и т.п.

Вероятно, вирусы действительно являются производными генетических элементов клеток, но они возникали и эволюционировали вместе с возникновением и эволюцией клеточных форм жизни. Природа как бы испробовала на вирусах все возможные формы генетического материала (разные виды РНК и ДНК), прежде чем окончательно остановила свой выбор на канонической его форме — двунитчатой ДНК, общей для всех клеточных форм организмов, начиная от бактерии и кончая человеком.

Поэтому можно выделить несколько вариантов появления различных групп вирусов:

1-й ВАРИАНТ ТРЕТЬЕЙ ГИПОТЕЗЫ: происхождение крупных ДНК-содержащих вирусов. Полагают, что крупные ДНК-содержащие вирусы происходят от более сложных внутриклеточных паразитов (микоплазмы, риккетсии), утративших значительную часть генома. Так, например, ДНК вируса оспы кодирует функционально избыточные ферменты, которые, по-видимому, достались ему в наследство от более сложных форм существования. О сравнительно давнем обособлении данной группы инфекционных агентов свидетельствует наличие некоторых вирусных белков, негомологичных с белками бактерий и эукариот.

2-й ВАРИАНТ ТРЕТЬЕЙ ГИПОТЕЗЫ: происхождение ДНК-содержащих бактериофагов. Произошли от мобильных элементов (участков ДНК, способных к самостоятельной репликации в клетке). К ним, по-видимому, можно отнести некоторых ДНК-содержащих бактериофагов и вирусов эукариот.

3-й ВАРИАНТ ТРЕТЬЕЙ ГИПОТЕЗЫ: происхождение крупных РНК-содержащих вирусов. Происхождение некоторых РНК-содержащих вирусов связывают с виридами. **Вириды** – это мельчайшие из известных возбудителей болезней. Они намного меньше самых малых вирусов и лишены белковой оболочки. Известны только вириды растений. Они состоят из однонитевой молекулы РНК, которая автономно воспроизводится в зараженных клетках.

Считается, что приобретение виридами кодирующих участков и привело к появлению первых РНК-содержащих вирусов. Примером вируса, содержащего выраженные виридоподобные участки, является вирус гепатита Дельта.

Таким образом, различные группы вирусов возникали в исторически неодинаковое время из разных генетических элементов клеток. Поэтому существующие в настоящее время разные группы вирусов имеют полифилетическое происхождение, т. е. не имеют единого общего предка. Тем не менее, универсальность генетического кода распространяется и на вирусы, свидетельствуя тем самым, что и они являются порождением органического мира Земли.

Образование вирусов не явилось единовременным событием, а происходило многократно и продолжает происходить до сих пор. Поэтому следует отметить большую роль вирусов в эволюции органического мира.

3.3.2. Характеристика царства Вирусы

Характерные черты царства Вирусы:

- тело вируса не имеет клеточного строения, они представляют собой молекулы нуклеиновых кислот (ДНК или РНК), заключенные в защитную белковую оболочку – капсид;
- имеют очень мелкие размеры, примерно от 20 до 400 нм (один нанометр равен одной миллиардной части метра или 10^{-9} м). По размерам вирусы делят на крупные (300—400 нм в диаметре), средние (80—125 нм) и мелкие (20—30 нм). Крупные вирусы можно видеть в световой микроскоп, остальные изучают только с помощью электронного микроскопа. Вирусы

в среднем в пятьдесят раз меньше бактерий; вследствие этого они легко проходят через фильтр, который задерживает бактерий;

- они могут существовать только как внутриклеточные паразиты и не могут размножаться вне клеток тех организмов, в которых они паразитируют;
- содержат лишь один тип нуклеиновых кислот – либо ДНК, либо РНК, которые кодируют от 3 до 100 генов (все клеточные организмы содержат ДНК и РНК одновременно);
- нет рибосом, т.е. полностью отсутствует система синтеза белка;
- отсутствует обмен веществ. Имеют очень ограниченное число ферментов, используют обмен веществ хозяина, его ферменты, энергию, полученную при обмене веществ в клетках хозяина;
- «споры» вирусов (т.е. состояние, в котором вирус находится в окружающей среде) могут существовать вне клетки хозяина, в этот период они имеют форму кристаллов и не обнаруживают никаких признаков жизни;
- в отличие от бактерий их не удается культивировать на обычных питательных средах. Для медицинских целей (получения вакцин и т.д.) вирусы культивируют в организмах растений и животных, в куриных эмбрионах, в культурах клеток и тканей.

Представители царства Вирусы:

В настоящее время известно около 200 форм вирусов животных, 170 растительных вирусов и 50 вирусов, паразитирующих в бактериях. Они объединены в 20-25 семейств.

Систематика вирусов до сих пор разработана недостаточно. Обычно их выделяют в царство Вирусы. Группирование в семейства и роды производят на основании содержащейся в них нуклеиновой кислоты, формы капсида и особенностей размножения. Виды вирусов не имеют бинарных латинских названий и, как правило, обозначаются тривиальными названиями (вирус полиомиелита, вирус гриппа и т. д.).

Чаще всего выделяют три группы вирусов: вирусы растений, вирусы животных и вирусы, поражающие бактерий, – бактериофаги.

Вирусы растений (Рис. 12): вирусное заражение растений обычно приводит либо к появлению желтых пятен на листьях – мозаичная болезнь листьев табака, гороха и других культур, либо к морщинистости и карликовости листьев. Вирусы вызывают задержку роста растений, что впоследствии приводит к снижению урожая. Ряд серьезных заболеваний вызывают вирусы желтой мозаики турнепса, табачной мозаики, карликовости кустистости томатов и бронзовости томатов. Появление полосок на неко-

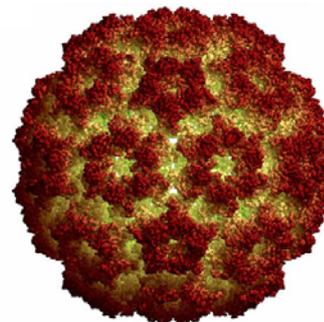


Рис. 12. Вирус, поражающий растения – томаты.

торых сортах тюльпанов также обусловлено вирусом. Вирусы растений всегда относятся к РНК-содержащим вирусам.

Вирусы животных (Рис. 13). К серьезным заболеваниям животных можно отнести ящур крупного скота, рожистое воспаление у свиней, чуму птиц и миксоматоз у кроликов.



Рис. 13. Вирус герпеса у животных

У человека при непосредственном контакте передаются:

- ✓ вирус герпеса («лихорадка» на губах),
- ✓ вирус СПИДа (синдром приобретенного иммунодефицита);
- ✓ вирус бешенства,
- ✓ цитомегаловирусная инфекция.

Воздушно-капельным путем передаются:

- ✓ вирус гриппа,
- ✓ вирусы простуды (обычно риновирусы – это РНК – содержащие вирусы),
- ✓ аденовирусы, вызывающие респираторные заболевания,
- ✓ вирус оспы,
- ✓ вирус кори,
- ✓ вирус эпидемиологического паратита (в простонародье, свинки),
- ✓ вирус краснухи,
- ✓ вирус полиомиелита (детского паралича).

Переносчиками-членистоногими – клещами, комарами – передаются:

- ✓ вирус желтой лихорадки (желтухи) или гепатита,
- ✓ вирус энцефалита.

Вирусы бактерий или бактериофаги. Бактериофаги – наиболее мелкие вирусы: их размеры варьируют от 20 до 200 нм (**Рис. 14**). Бактериофаги, размножаясь внутри бактериальной клетки, вызывают ее гибель или лизис. Поэтому, одной из областей использования бактериофагов является антибактериальная терапия – альтернатива применению антибиотиков. Бактериофаг применяют

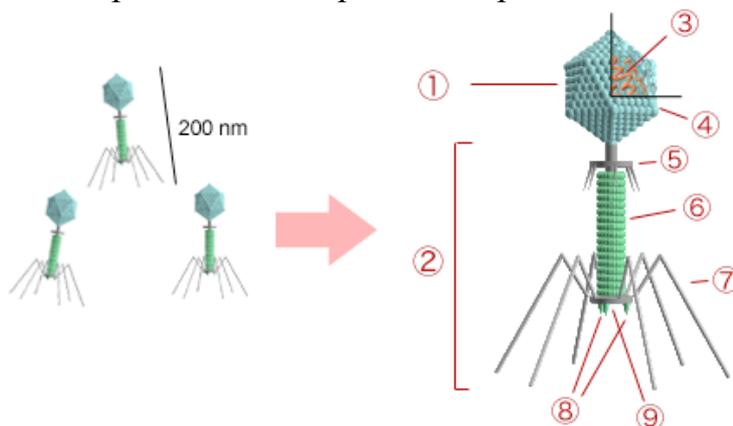


Рис. 14. Вирус, поражающий бактерий – бактериофаг

в качестве лечения и профилактических средств. Холерный бактериофаг оказался эффективным при ликвидации вспышек холеры. Специфические бактериофаги применяют также в качестве средства для предупреждения заражения холерой или дизентерией.

Применение бактериофага с целью предупреждения инфекционного заболевания называется фагопрофилактикой. Бактериофаг применяют также при диагностике некоторых инфекций (чумы, холеры, дизентерии, брюшного

тифа и др.). Использование бактериофага в этих целях основано на его специфичности, т.е. на способности заражать и лизировать только определенные виды бактерий. Если возникает необходимость установить природу (видовую принадлежность) бактерии, выделенной из организма больного или объектов окружающей среды, тогда к культуре прибавляют известный бактериофаг. Лизис бактерии указывает на принадлежность к определенному возбудителю заболевания.

3.1.3. Строение вирусов

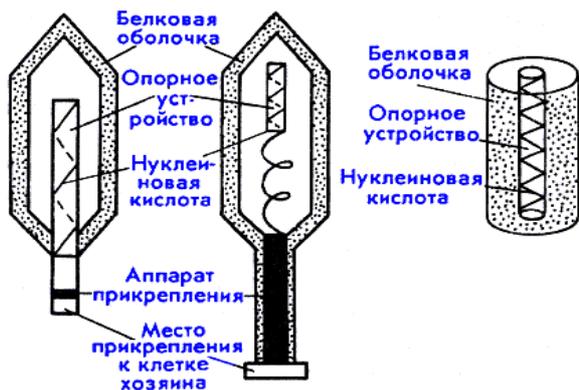


Рис. 15. Схема строения вируса (слева) и бактериофага (справа)

Вирусы не имеют клеточного строения. Они состоят из генетического материала – либо только ДНК, либо только РНК, составляющих **сердцевину** вируса (Рис. 15), и окружающей эту сердцевину защитной белковой оболочки, которую называют **капсидом**. Полностью сформированная вирусная частица называется **вирионом**.

Капсид вирусов часто бывает построен из идентично повторяющихся субъединиц – **капсомеров** (Рис. 16). Из капсомеров образуются структуры с высокой степенью симметрии, способные кристаллизоваться.

Исходя из типа симметрии белкового капсида, выделяют два способа его укладки: спиральный и кубический (геометрический) (Рис. 17).

Спиральный способ – капсомеры расположены по спирали вокруг сердцевины вируса. Наблюдается у вирусов растений.

Кубический способ укладки – капсомеры формируют структуру, напоминающую кристалл, капсид имеет строго геометрическую симметрию – икосаэдр, цилиндр. Такая структура капсида преду-

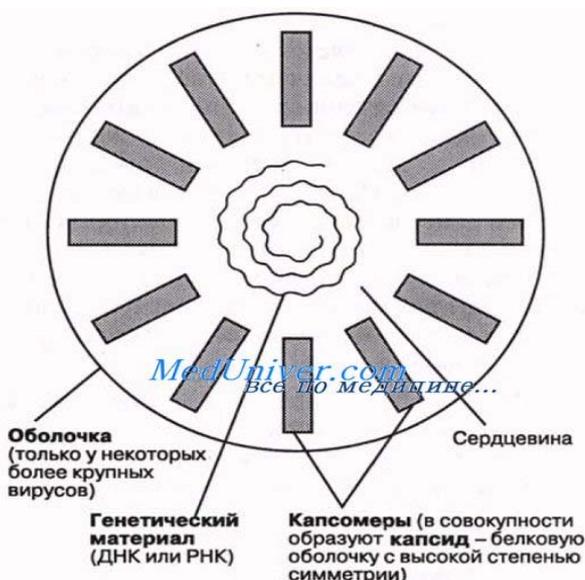


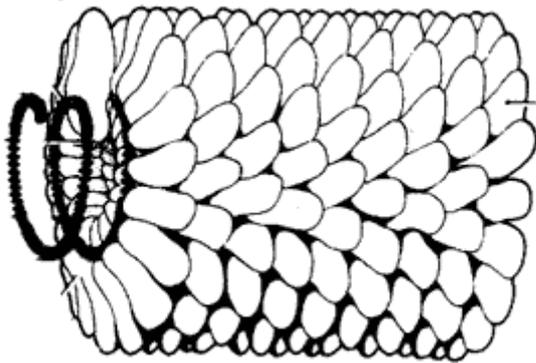
Рис. 16. Поперечный разрез вируса: схема строения

смаатривает идентичность связей между составляющими ее белками и, следовательно, может быть построена из стандартных белков одного или нескольких видов, что позволяет вирусу экономить место в геноме. Такой способ укладки встречается у вирусов животных.

Смешанный способ укладки белкового капсида характерен для бактериофагов (Рис. 18).

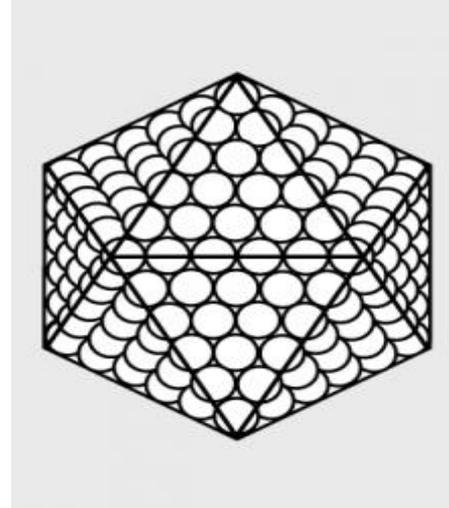
Способы укладки белкового капсида

Спиральная укладка белкового капсида (у вирусов растений)



Вирус табачной мозаики

Кубическая укладка белкового капсида (у вирусов животных)



Аденовирус

Рис. 17. Способы укладки белкового капсида вирусов

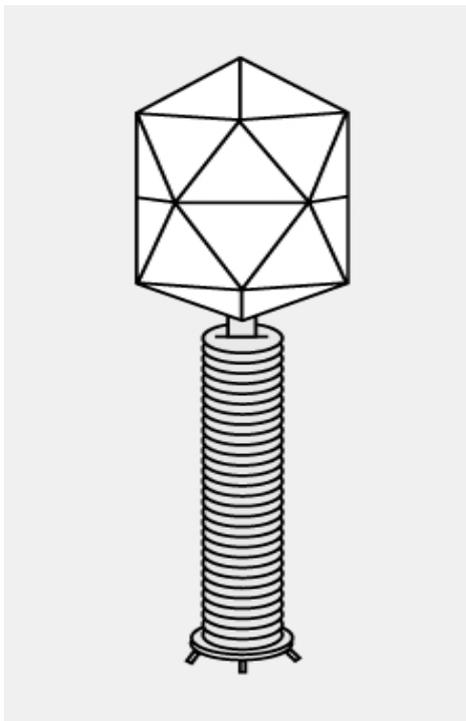


Рис. 18. Смешанный тип укладки (симметрии) капсида (бактериофаг)

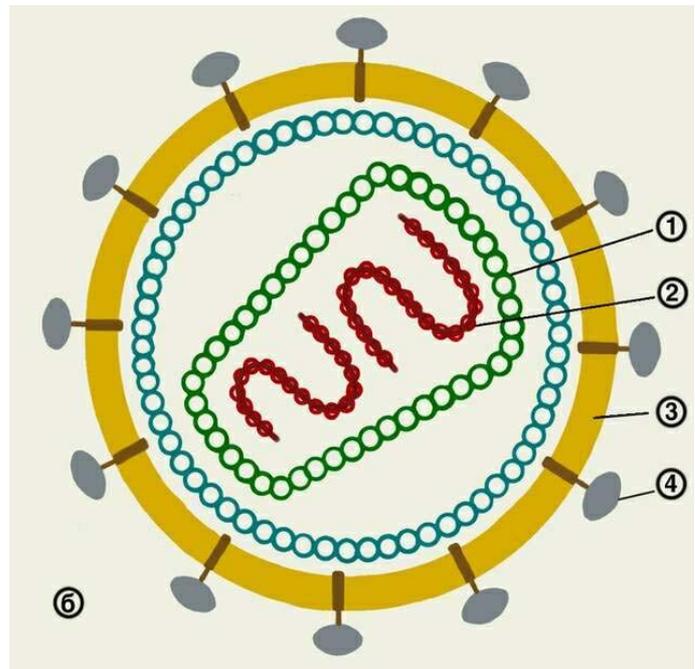


Рис. 19. Схема строения вируса иммунодефицита (СПИДа) человека:
1 – капсомеры; 2 – геном;
3 – липопротеиновая оболочка, состоящая из липидов (жиров) и белков (суперкапсид); 4 – углеводно-белковые комплексы

У некоторых вирусов, таких как вирусы герпеса, гриппа или СПИДа, есть еще и дополнительная липопротеиновая оболочка, которая возникает из мембраны клетки-хозяина (**Рис. 19**) и состоит из соединения липидов (жиров) и белков.

Особенности строения бактериофага

Бактериофаг имеет смешанный тип укладки белкового капсида: ярко выраженная икосаэдрическая головка имеет кубическую, а хвост обладает спиральной симметрией.

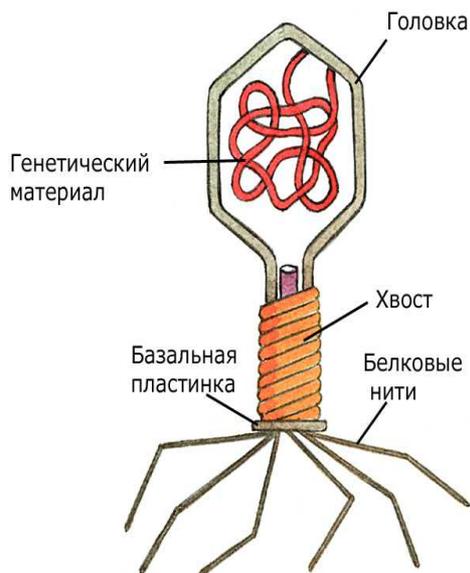


Рис. 20. Схема строения бактериофага

Бактериофаги состоят из головки и хвоста (**Рис. 20**). **Головка** содержит нуклеиновую кислоту в виде нити. **Хвост** состоит из сократительного наружного чехла, внутреннего стержня, базальной пластинки и шести тонких фибрилл. Последними бактериофаг «заякоривается» на поверхности клетки-хозяина, сократительный чехол сжимается, как поршень шприца, и впрыскивает генетический материал вируса внутрь клетки-хозяина. Все структуры так же, как головка бактериофага, включают в себя строго индивидуальные белки.

3.1.4. Жизненный цикл вирусов

Активная жизнедеятельность вируса сводится к его воспроизведению или репродукции, причем поскольку все вирусы – внутриклеточные паразиты, протекает процесс размножения вируса внутри клетки-хозяина.

Жизненные циклы большинства вирусов схожи. А вот в клетку они проникают по-разному, поскольку, в отличие от вирусов животных, бактериальным и растительным вирусам приходится проникать еще через клеточную стенку.

Описание жизненного цикла вируса:

1. Проникновение вируса внутрь клетки-хозяина.

- **Бактериофаги** проникают внутрь клетки путем инъекции (впрыскивания): фаг приближается к бактерии, и хвостовые нити связываются с рецепторными участками на поверхности бактериальной клетки; хвостовые нити изгибаются и «заякоривают» шипы и базальную пластинку на поверхности клетки; хвостовой чехол сокращается, заставляя полый стержень входить в клетку; этому способствует фермент лизоцим, который находится в базальной пластинке. **Лизоцим** – фермент, разрушающий клеточные оболочки бакте-

рий путем их растворения. Таким образом, нуклеиновая кислота фага (ДНК или РНК) вводится внутрь клетки, при этом белковая оболочка вируса остается на внешней поверхности клетки.

- **Вирусы растений и животных** могут попасть вместе с пиноцитозными пузырьками или путем погружения части оболочки клетки с приклеившимся к ней вирусом в цитоплазму, а также путем растворения оболочки клетки.
2. Вирус или его генетический материал (у бактериофагов) инактивирует ДНК и РНК хозяина, а его ферменты совсем расщепляют её.
 3. Нуклеиновая кислота вируса реплицируется (удваивается) за счет подавления процессов клетки-хозяина.
 4. Нуклеиновая кислота вируса «подчиняет» себе клеточный аппарат синтеза белка, и в цитоплазме синтезируются белки капсида вируса.
 5. В результате спонтанной самосборки белковой оболочки вокруг нуклеиновой кислоты вируса образуются новые частицы вируса – вирионы; под контролем РНК вируса синтезируется лизоцим.
 6. Лизис клетки-хозяина: клетка лопается под воздействием лизоцима; высвобождается около 200-1000 новых вирусов; новые вирусы инфицируют другие клетки.
 7. Стадии 1-6 по времени занимают около 30 минут; этот период называется латентным периодом.

Схематично этот процесс изображен на **Рис. 21**:

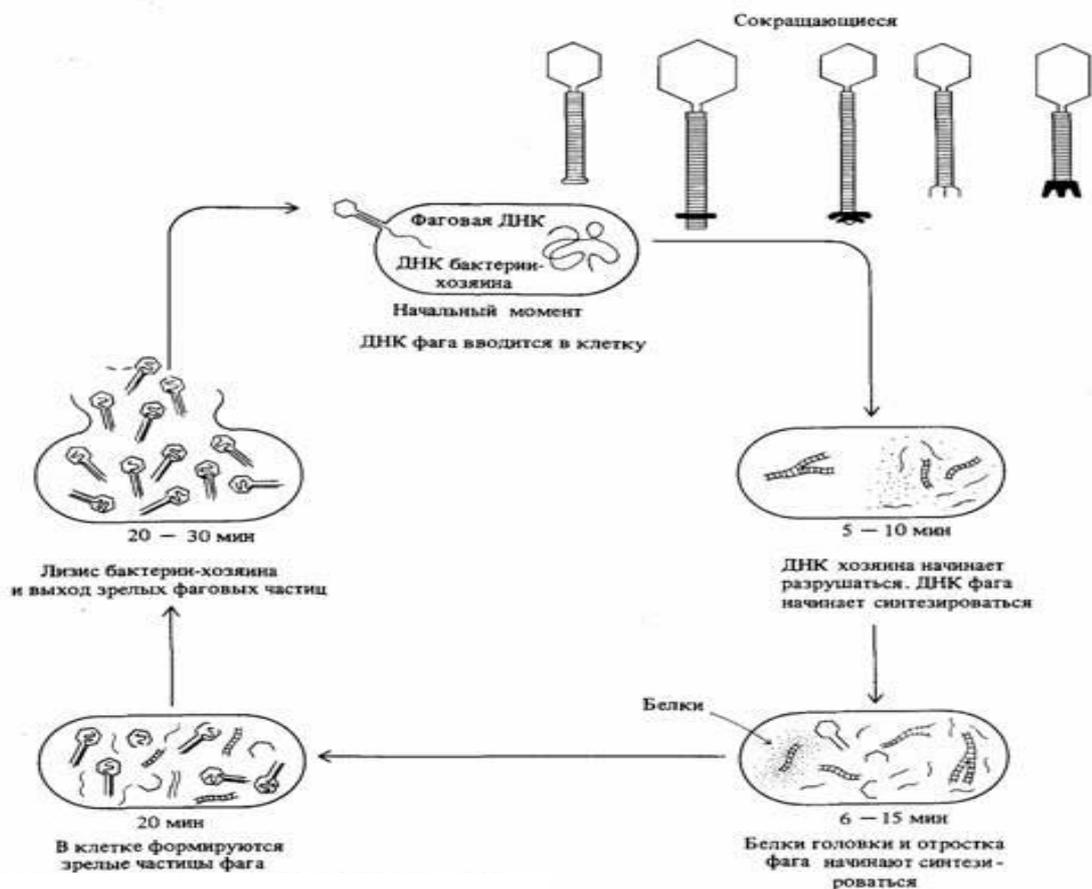


Рис. 21. Жизненный цикл бактериофага

В случае развития **вирусной инфекции по латентному (скрытому) пути** жизненный цикл вируса протекает по-другому:

1. Вирус (у вирусов растений и животных) или его генетический материал (у бактериофагов) проникает внутрь клетки-хозяина вышеперечисленными способами;
2. Генетический материал вируса встраивается в генетический материал клетки-хозяина, и на этом процесс развития вируса временно приостанавливается, т.е. размножение вируса на этой стадии «замирает». При этом хозяин называется **вирусоноситель**, т.е. он вирус «носит», но сама вирусная инфекция при этом не развивается.
3. Это продолжается до тех пор, пока организм хозяина (или иммунитет – у многоклеточных организмов) не ослабеет.
 - Если снижение иммунитета произошло, то в некоторых из зараженных клеток латентный вирус активизируется, размножается, и его потомки покидают клетку – инфекция развивается по литическому или персистентному пути.
 - Если же ослабления не произошло, то при делении клетки копируется материал вируса и передается дочерним клеткам.

Варианты выхода новых вирионов из клетки:

1. **Литическая инфекция** – образующиеся вирусы одновременно покидают клетку, она разрывается и гибнет. Вышедшие из нее вирусы поражают новые клетки.
2. **Персистентная (стойкая) инфекция** – новые вирусы покидают клетку-хозяина постепенно. Клетка продолжает жить и делиться, производя новые вирусы, хотя ее жизнедеятельность может измениться.

3.3.5. Роль вирусов в эволюции органического мира

Вирусы обычно рассматриваются как паразиты – возбудители инфекционных болезней, наносящих вред человеку, животным, растениям. Однако такой подход нельзя признать правильным. Была высказана гипотеза, согласно которой вирусы являются важным фактором эволюции органического мира. Преодолевая видовые барьеры, вирусы могут переносить отдельные гены или группы генов, а соединение вирусной ДНК с хромосомами клеток может приводить к тому, что вирусные гены становятся клеточными генами, выполняющими важные функции.

Основным положением эволюционной теории Ч. Дарвина является признание борьбы за существование и естественного отбора как движущих сил эволюционного процесса. Открытия Г. Менделя и последующее развитие генетики дополнили основные положения эволюционной теории учением о наследственной изменчивости, имеющей случайный характер, в частности о мутациях, которые являются “материалом” для естественного отбора. Однако справедливо отмечалось, что эти теории хорошо объясняют лишь процессы микроэволюции, и плохо объясняют процессы макроэволюции – образование крупных таксономических групп.

За последнее время накопилось значительное число фактов, свидетельствующих о существовании в природе в широких масштабах обмена готовыми блоками генетической информации, в том числе у представителей разных, эволюционно далеких групп. Например, в геноме высших приматов существует белок синцитин, который был привнесён ретровирусом.

В результате такого обмена могут быстро и скачкообразно изменяться наследственные свойства путем встраивания чужеродных генов. Новые генетические качества могут возникнуть также благодаря неожиданному сочетанию собственных и встроенных генов (возникновение новой функции). Наконец, простое увеличение генома за счет неработающих генов открывает возможность эволюции последних.

Особая роль в обеспечении этих процессов принадлежит вирусам, которые являются не только внутриклеточными (генетическими) паразитами, но и важными факторами эволюции органического мира, причем не только на ранних (умеренные фаги, плазмиды), но и на поздних (ретровирусы) стадиях эволюции. Участие в ней вирусов позволяет объяснить некоторые факты обнаружения одинаковых генов у эволюционно далеких друг от друга таксономических групп. Образно выражаясь, вирусы являются распространителями передового опыта в биосфере.

Интересна в этом плане гипотеза французского ученого Патрика Фортерра, высказанная в 2006 году (<http://en.biocenter.kz/articles/199-2009-10-15-10-00-29.html>). Фортерр начал обдумывать роль вирусов в эволюции уже с 80-х годов прошлого века. В то время он занимался изучением бактериофага T₄ (вируса, заражающего бактерии). Ученый высказал идею, что ДНК – основа наследственности, могла впервые появиться у вирусов. Эта гипотеза не является общепризнанной и не подтверждена экспериментально, однако она объясняет некоторые противоречия современной теории происхождения жизни на Земле.



Вопросы для обсуждения и самоконтроля:

- 1. Что Вы знаете о вирусах? Почему их относят к неклеточным формам жизни?**
- 2. Какие Вы знаете гипотезы происхождения вирусов? Какую Вы считаете наиболее верной?**
- 3. Кто и на каком объекте открыл вирусы?**
- 4. Как устроены вирусы? Есть ли отличия в строении разных вирусов?**
- 5. Дайте толкование понятию « бактериофаг»? Чем он характеризуется?**
- 6. Какие Вы знаете вирусные заболевания?**
- 7. Зная жизненный цикл вируса, предложите, как можно бороться с вирусными заболеваниями. Всегда ли необходим контакт для развития вирусной инфекции?**
- 8. Какие Вы знаете способы развития вирусной инфекции?**
- 9. «Вирусы в природе – только внутриклеточные паразиты...» Согласны ли Вы с этим утверждением? Обоснуйте вашу позицию.**

3.2. Надцарство Прокариоты (доядерные)

3.2.1. Происхождение доядерных организмов

Появились в эволюции первыми. Вначале, когда жизнь на Земле только зародилась (около 3,5 млрд. лет тому назад), первые примитивные прокариотические клетки получали все необходимые для жизни органические вещества прямо из окружающей среды, в которой те находились в изобилии. По мере истощения ресурсов Мирового океана преимущество получили организмы, способные сами синтезировать органическое вещество, используя энергию химических связей – хемосинтетики или энергию Солнца – фотосинтетики. Примерно 2,3 млрд. лет назад появились фотосинтезирующие цианобактерии или сине-зеленые водоросли. Их широкое распространение привело к накоплению кислорода в атмосфере. В результате около 2,25 млрд. лет назад начал формироваться озоновый экран, задерживающий ультрафиолетовые лучи и жесткие проникающие формы излучений. Благодаря этому генетический материал живых организмов стал относительно стабилен, уменьшилась скорость мутаций, и стало возможным появление разнообразных форм жизни.

3.2.2. Характеристика и систематика надцарства Прокариоты

Общие характерные черты надцарства Прокариоты:

- клетки не имеют оформленного ядра, генетический материал в виде кольцевой молекулой ДНК – нуклеоида прикрепляется какой-либо частью к цитоплазматической мембране или ее выростам, не отделяется мембраной от остальной цитоплазмы, т.е. ядро как структура еще не появилось;
- клетки устроены проще; органоиды, состоящие из двух мембран (митохондрии, эндоплазматическая сеть, аппарат Гольджи, пластиды), в цитоплазме отсутствуют, а их функции выполняют мезосомы – складки цитоплазматической мембраны;
- по разнообразию биохимических процессов превосходят всех других организмов и в качестве источника энергии могут использовать самые разнообразные органические и неорганические соединения, солнечный свет, а некоторые из них способны фиксировать молекулярный азот;
- размеры клеток относительно невелики, их диаметр варьирует от 0,5 до 5 мкм (1 микромметр равен 10^{-6} м или одной тысячной миллиметра);
- многоклеточных форм нет.

Подцарство Сине-зеленые водоросли (Цианобактерии, Оксифотобактерии). Характерные черты:

- осуществляют фотосинтез с выделением кислорода, содержат хлорофилл, как у зеленых водорослей, но процесс фотосинтеза осуществляется на цитоплазматической мембране;
- строение самой клетки и генетические структуры типичны для прокариот (нуклеоид прикреплен к мембране, имеется толстая клеточная стенка, со-

держашая муреин, нет мембранных органоидов в цитоплазме, только рибосомы). **Муреин** представляет собой полимер, состоящий из углеводов, поперечно-сшитых боковыми цепями аминокислотных остатков. Структура муреина такова, что каждая клетка окружена особым сетчатым мешком, являющимся одной огромной молекулой;

- многие виды способны усваивать азот, серу, фосфор, калий и другие минеральные элементы в виде ионов минеральных солей и использовать их для синтеза таких важных компонентов живой клетки, как аминокислоты, белки, нуклеиновые кислоты, макроэргические соединения, вещества вторичного обмена.

Подцарство Бактерии. Характерные черты:

- имеют типичное для прокариот строение;
- цитоплазма в состоянии геля, поэтому клетки выдерживают высокие температуры и высушивание;
- имеется толстая клеточная стенка, опорным каркасом которой служит муреин;
- по способу окраски клеточной стенки все бактерии делят на грамотрицательные (оболочка не окрашивается) и грамположительные (оболочка окрашивается) по реакции на анилиновые красители (1884 г., Х.К. Грам), что лежит в основе систематики бактерий.

Строение прокариотических клеток

Подцарство Бактерии. Внешнее (морфологическое) и внутреннее (цитологическое) строение клетки

Прокариотическая клетка (клетки бактерий и сине-зеленых водорослей) имеет ряд существенных **отличий от эукариотической клетки**:

1. в клетке прокариот отсутствуют органоиды, заключенные в специальные мембраны (митохондрии, эндоплазматическая сеть, аппарат Гольджи, лизосомы, хлоропласты);
2. прокариоты не способны к фагоцитозу и пиноцитозу;
3. отсутствуют внутренние токи цитоплазмы;
4. генетический материал прокариот локализован в одной хромосоме (хотя ее копий – плазмид может быть несколько);
5. содержат один тип рибосом с константой осаждения 70S;
6. прокариоты имеют ряд структурных компонентов (жгутики, реснички, споры, капсула), которые либо отсутствуют, либо имеют иное строение у эукариот.

I. Классификация бактериальных клеток по форме

По внешнему виду бактерии делятся на три формы: шаровидные (кокки), палочковидные (бациллы) и извитые (вибрионы, спириллы) (**Рис. 22**):



Рис. 22. Основные формы бактерий: 1 – стафилококки; 2, 3 – диплококки; 4 – стрептококки; 5 – тетракокки; 6 – сардины; 7, 8 – палочки, не образующие спор; 9 – палочки, образующие споры; 10 – вибрионы; 11 – спираиллы; 12 – спирохеты

1. Кокки (шаровидные) (Рис. 22: 1-6): кокковые формы различаются по форме деления и расположению в мазках. Они делятся в одной, двух, трех и более взаимно перпендикулярных плоскостях. При делении в одной плоскости они располагаются парами (диплококки) или цепочками (стрептококки); в двух плоскостях – по четыре (тетракокки), в трех плоскостях образуют пакеты (сарцины); при беспорядочном делении располагаются одиночно (микрোকки) или в виде гроздьев винограда (стафилококки).

Представители: диплококки – пневмококки (*Diplococcus pneumoniae*) – единственный представитель, вызывает пневмонию; стрептококки – многие виды *Streptococcus*, некоторые из них инфицируют дыхательные пути, вызывая различные болезни, в том числе *S. pyogenes* вызывает скарлатину и ангину, *S. thermophilus* придает пикантный вкус йогурту, *S. lactis* – симбионт кишечника человека; стафилококки – стафилококк золотистый, поселяющийся в носоглотке; различные штаммы стафилококков, вызывающие фурункулез, воспаление легких, пищевые отравления и другие болезни.

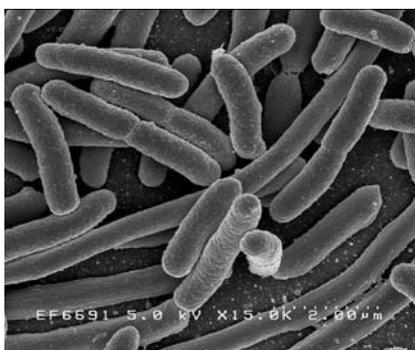


Рис. 23. Палочковидная бактерия *Escherichia coli*

2. Бациллы (палочковидные формы), подобно коккам, располагаются по длине парами – диплобактерии или цепочками – стрептобактерии (Рис. 22: 7-8; Рис. 23). Палочковидные формы могут быть прямые и искривленные, строго цилиндрические и неравномерно утолщенные, с концами закругленными, заостренными или обрубленными. Бациллы могут быть с эндоспорами, которые различаются по положению, размерам и форме (Рис. 22: 9).

Представители: одиночные бациллы: *Escherichia Coli* – обычный кишечный симбионт, *Lactobacillus Salmonella typhi* – возбудитель брюшного тифа; бациллы, образующие цепочки – *Asotobacter* – азотфиксирующие бактерии; бациллы, образующие споры – *Bacillus anthracis* – возбудитель сибирской язвы, *Clostridium tetani* – возбудитель столбняка, *C. botulinum* – возбудитель ботулизма.

3. **Извитые формы** имеют спиральную симметрию. В эту группу входят вибрионы, спириллы и спирохеты. Вибрионы (лат. «Vibrio» – извиваюсь) имеют форму запятой. Спириллы (лат. «Spira» – изгиб) – микроорганизмы, имеющие форму спирально извитых палочек с 4-6 завитками. Спирохеты (греч. «Speria» – изгиб, «chaite» – длинный волос) – клетки, имеющие более восьми спиральных завитков (**Рис. 22: 10-12**).

Представители: к вибрионам относится возбудитель такой страшной болезни, как холера – *Vibrio cholerae*. Представителем группы спириллы будет *Treponema pallidum* – возбудитель сифилиса. Спирохеты – безвредные микроорганизмы, живущие в сточных или загрязненных водоемах, гниющих отбросах.

II. Классификация прокариотических клеток по положению жгутиков

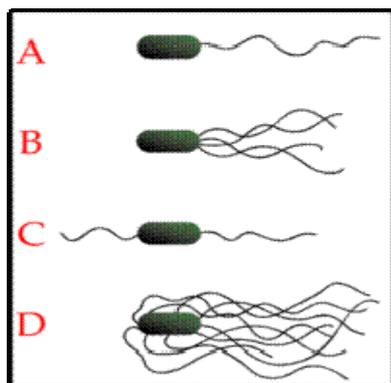


Рис. 24. Варианты расположения жгутиков у бактерий:

- A – монотрихи,**
B – лофотрихи,
C – амфотрихи,
D – перитрихи

По характеру движения подвижные бактерии разделяют на плавающие и скользящие (ползающие). Подвижность скользящих бактерий обеспечивают волнообразные сокращения тела. Орган движения плавающих бактерий — жгутики. Последние – очень тонкие белковые извитые нити, начинающиеся на внутренней стороне оболочки бактерий. Многие бактерии не имеют жгутиков. Расположение жгутиков — характерный признак, имеющий таксономическое значение.

В зависимости от расположения жгутиков выделяют четыре основные группы прокариот (**Рис. 24**):

Монотрихи – бактерии, имеющие только один жгутик (например, представители рода *Vibrio*);

Лофотрихи – (от греч. «lophos» – пучок + «trichos» – волос) жгутики расположены в виде пучка на одном конце, пучок образован из 2-50 жгутиков (например, представители рода *Pseudomonas*);

Амфотрихи – (от греч. «amphi» – двусторонний + «trichos» – волос) один или несколько жгутиков прикреплены к противоположным концам бактерии (например, бактерии рода *Spirillum*);

Перитрихи – (от греч. «peri» – вокруг + «trichos» – волос) – жгутики расположены по всей поверхности клетки (например, у бактерий рода *Proteus*).

При помощи жгутиков бактерии активно передвигаются. Монотрихи и лофотрихи перемещаются прямолинейно, стремительно, перитрихи – медленно, совершая вращательные движения. Бактерии, не имеющие жгутиков, могут передвигаться только пассивно с током жидкости.

Цитологическое строение бактериальной клетки

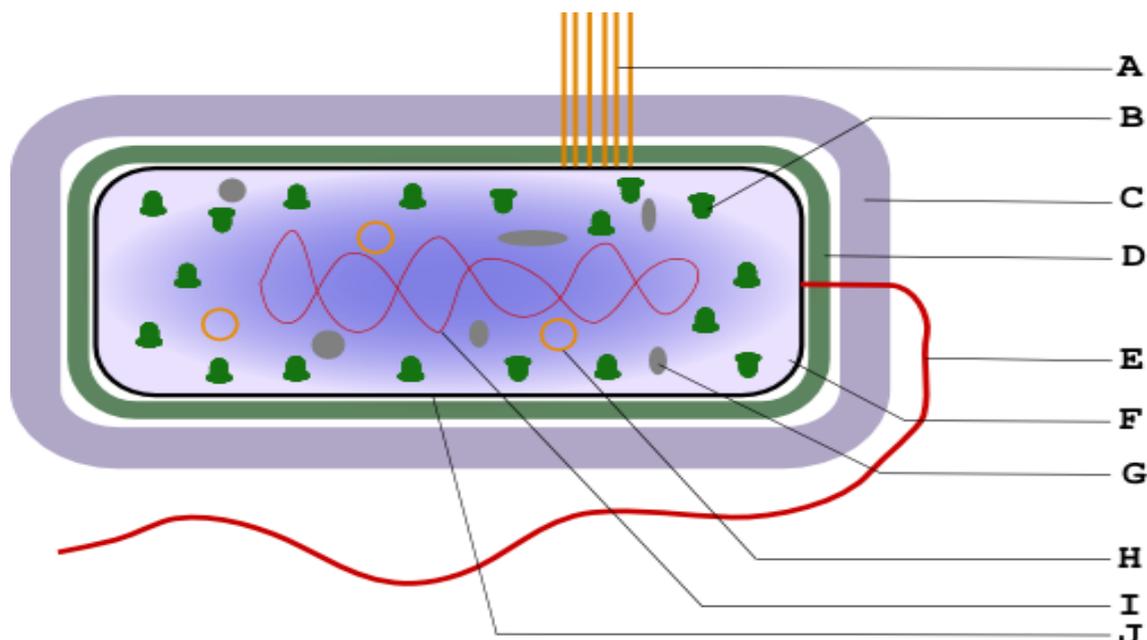


Рис. 25. Строение бактерии: упрощённая схема. Созданная автором загрузкой в Sodipodi в апреле 2005. Описание: А – реснички; В – рибосомы; С – слизистая капсула; D - клеточная стенка; Е – жгутик; F – цитоплазма; G – вакуоль; H - плазмиды; I – нуклеоид; J - цитоплазматическая мембрана

К основным компонентам бактериальной клетки относят клеточную стенку, цитоплазматическую мембрану, цитоплазму, рибосомы, нуклеоид. Временные структуры образуются лишь на определенных этапах жизненного цикла бактерий. К ним относятся капсула, жгутики, пили, споры (**Рис. 25**).

Клеточная стенка (Рис. 25 D) – это внешняя оболочка клетки толщиной 10-100 нм. Она выполняет ряд важных функций: служит внешним каркасом клетки, защищая ее от повреждающих факторов среды, придает клетке форму, участвует в обмене веществ (метаболизме), у патогенных бактерий содержит токсические вещества.

Основным компонентом клеточной стенки всех бактерий является муреин (лат. «murgus» – стенка). Это полимер, соединяющий мономерные субъединицы муреина в сетчатую структуру.

В 1884 г. применен метод окраски бактерий несколькими анилиновыми красителями (генцианвиолет и фуксин), в результате чего одни бактерии приобретали фиолетовый цвет, другие – красный. Секрет окраски заключался в том, что определенная группа бактерий прочно фиксировала на своей поверхности комплекс генцианвиолета и йода, поэтому окрашивалась в фиолетовый цвет. Такие бактерии называют грамположительными. Другие микроорганизмы после действия этилового спирта обесцвечивались и воспринимали цвет дополнительного красителя – красного фуксина: такие микроорганизмы принято называть грамотрицательными.

Клеточная стенка грамположительных бактерий имеет большую толщину (до 100 нм), она плотно прилегает к мембране. У грамотрицательных бактерий клеточная стенка намного тоньше – 5-15 нм, между цитоплазматической мембраной и клеточной стенкой имеется пространство (Рис. 26).

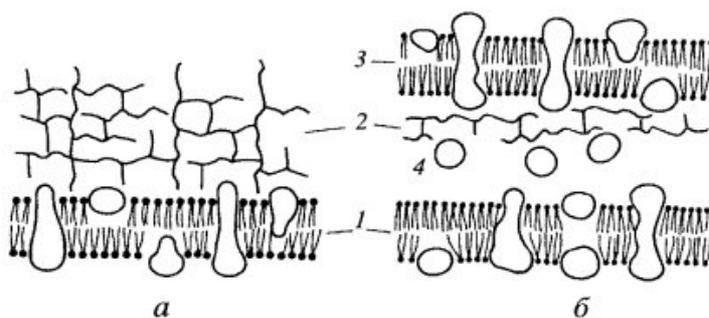


Рис. 26. Схема строения клеточной стенки грамположительных (а) и грамотрицательных (б) бактерий: 1 – цитоплазматическая мембрана, 2 – муреиновый слой, 3 – белково-липидный слой, 4 – пространство между мембраной и стенкой

Слизистая капсула (Рис. 25 С) – слизистый слой, покрывающий всю поверхность бактериальной клетки. Капсулу образуют не все микроорганизмы. В

зависимости от толщины слизистого слоя различают микрокапсулу (менее 0,2 мкм), макрокапсулу (более 0,2 мкм). Основное вещество капсулы – углеводы и фосфаты. Капсула может быть легко отделена от клетки, но это не приводит к ее гибели. Несмотря на это, капсула выполняет важную биологическую роль: защищает от неблагоприятных факторов внешней среды, поглощает влагу, служит средством прикрепления бактерий к субстрату.

Цитоплазматическая мембрана (Рис. 25 J) – неотъемлемая часть любой бактериальной клетки. Химический состав цитоплазматической мембраны представлен на 75 % белками и на 15 % липидами. Структурно цитоплазматическая мембрана состоит из трех слоев: двух белковых и между ними находится липидный. Цитоплазматическая мембрана – полифункциональная структура. Она выполняет роль осмотического барьера клетки, благодаря своей полупроницаемости способна контролировать поступление питательных веществ в клетку, а также является местом протекания различных реакций.

Мезосомы – в процессе роста клетки цитоплазматическая мембрана способна образовывать выпячивания, которые называются мезосомами. Последние могут быть в виде концентрических мембран, пузырьков, трубочек, в форме петли. Мезосомы связаны с нуклеоидом. Они участвуют в делении клетки и спорообразовании.

Цитоплазма (Рис. 25 F) – представляет собой сложную коллоидную систему, состоящую из воды (75%), в которой растворены РНК, ферменты, продукты обмена веществ и структурные элементы (рибосомы, включения, нуклеоид).

Нуклеоид (Рис. 25 I) – генетический материал у прокариот называется нуклеоидом. Он представляет собой двойную нить ДНК, замкнутую в кольцо, которая в развернутом и деспирализованном виде имеет длину около 1,4 нм, т.е. в 1000 раз превосходит длину самой клетки. Кроме ДНК в состав нуклеоида входят РНК-полимераза, собственно РНК, основные белки и липиды. Отличительная особенность нуклеоида прокариот от ядра у эукариотических клеток – отсутствие ядерной оболочки. Однако в большинстве случаев у бактерий обна-

руживается уплотнение цитоплазмы, соответствующее центральной ядерной зоне.

Генетический материал бактерии заключен в одной хромосоме. Хромосома микроорганизмов всегда связана с цитоплазматической мембраной, при этом число точек прикрепления может быть около 20 и более. У грамположительных бактерий чаще всего наблюдается соединение нуклеоида с мезосомой. Такая структура называется нуклеидосомой.

Плазмиды (Рис. 25 Н) – кроме хромосом у бактерий обнаружены и внехромосомные генетические элементы – плазмиды. Термин дан Д. Ледербергом в 1952 г. Плазмиды представляют собой ДНК, замкнутую в кольцо размером до 5% от величины хромосомы, и несут гены, придающие бактериям дополнительные свойства.

Рибосомы (Рис 25 В) – одна из главных составляющих цитоплазмы у прокариот. Основная функция рибосом – синтез белка. Структурно рибосомы делятся на две субъединицы: 30S и 50S. Каждая субъединица состоит из РНК и белка. Количество рибосом в одной бактериальной клетке может достигать 50 тыс. Перед началом синтеза белка происходит объединение этих субъединиц в одну – 70S. В отличие от клеток эукариот рибосомы бактерий не объединены в эндоплазматическую сеть.

Включения – это не обязательный компонент бактериальной клетки. Они разнообразны по форме, химическому составу и назначению. Могут быть твердыми, жидкими и газообразными. Принято различать два типа включений: ограниченные белковой мембраной и лишенные мембран.

Газовые вакуоли (Рис. 25 G) относятся к мембранным включениям. Это преимущественно полые цилиндры длиной до 1000 нм и диаметром около 80 нм. Состав газа в вакуолях соответствует газовому составу окружающей среды. Наиболее богата газовыми вакуолями цитоплазма водных бактерий.

Основная масса включений – это **запасные питательные вещества**. К ним относятся включения гликогена, крахмала, серы, полифосфата (волютина) и др.

Жгутик (Рис. 25 Е) – орган движения бактерий. Именно благодаря жгутикам бактерии были открыты А. Левенгуком, т. к. движение есть свойство живой материи. Однако как «орган» бактерий жгутик был впервые обнаружен в 1838 г. Жгутик не является жизненно важной структурой и поэтому присутствует не у всех микроорганизмов. Длина жгутика может превышать длину клетки и обычно составляет 10-90 мкм.

Реснички (пили, фимбрии) (Рис. 25 А) представляют собой прямые тонкие (3-25 нм) полые выросты длиной до 15 мкм на поверхности бактериальной клетки. Различают два типа ресничек: общего назначения и половые (sex-пили). Пили общего назначения предназначены для прилипания к субстрату (клеткам растений, грибов, животных и человека, а также неорганическим соединениям). Половые пили необходимы бактериям для обмена генетической информацией (ДНК) между клетками (половой процесс).

Термин «пили» был предложен американским микробиологом Ч. Бринтоном, а «фимбрии» – англичанином Д. Дьюгидом.

Строение клеток сине-зеленых водорослей (цианобактерий)

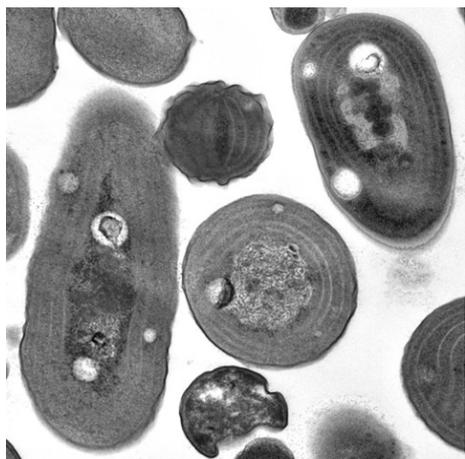


Рис. 27. Клетки сине-зеленых водорослей

Сине-зеленые водоросли по форме вегетативных клеток можно разделить на две основные группы: виды с более или менее шаровидными клетками (шаровидные, широкоэллипсоидные, груше- и яйцевидные) (Рис. 27) и виды с клетками, сильно вытянутыми (или сжатыми) в одном направлении (удлиненно-эллипсоидные, веретеновидные, цилиндрические – от короткоцилиндрических и бочонковидных до удлиненно-цилиндрических). Клетки живут отдельно, а иногда соединяются в колонии или образуют нити (последние также могут жить отдельно или образовывать студенистые колонии).

Нитчатые формы могут быть простые и разветвленные. Ветвление у сине-зеленых водорослей бывает двояким – настоящим и ложным. Настоящим называют такое ветвление, когда боковая ветвь возникает в результате деления одной клетки перпендикулярно к основной нити (порядок *Stigonematales*). Ложным ветвлением называют образование боковой ветви путем разрыва нити одним или обоими концами. В первом случае говорят об одиночном, во втором – о двойном (или парном) ложном ветвлении. Ложным ветвлением можно считать и петлеобразное ветвление, характерное для семейства *Scytonemataceae*, и редко встречающееся V-образное ветвление – результат повторного деления и роста двух соседних клеток в двух взаимно противоположных направлениях по отношению к длинной оси нити.

У сине-зеленых водорослей, как и у бактерий, ядерный материал не ограничен мембраной от остального содержимого клетки, внутренний слой клеточной оболочки состоит из муреина и чувствителен к действию фермента лизоцима. Для сине-зеленых водорослей характерна сине-зелёная окраска, но встречается розовая и почти чёрная, что связано с наличием пигментов. В цитоплазме находятся пластинки, осуществляющие фотосинтез; они расположены концентрическими слоями вдоль клеточной мембраны. Хлоропласты и митохондрии у сине-зеленых водорослей отсутствуют.

Питание прокариот

Своеобразие процесса питания бактерий состоит в том, что поступление питательных веществ в клетку происходит по всей поверхности, которая очень велика по сравнению с общей величиной бактерии. Второй особенностью является необыкновенная быстрота метаболических процессов и третьей – высокая адаптация к меняющимся условиям среды.

По типу питания прокариот делят на две группы – автотрофные и гетеротрофные (Рис. 28).

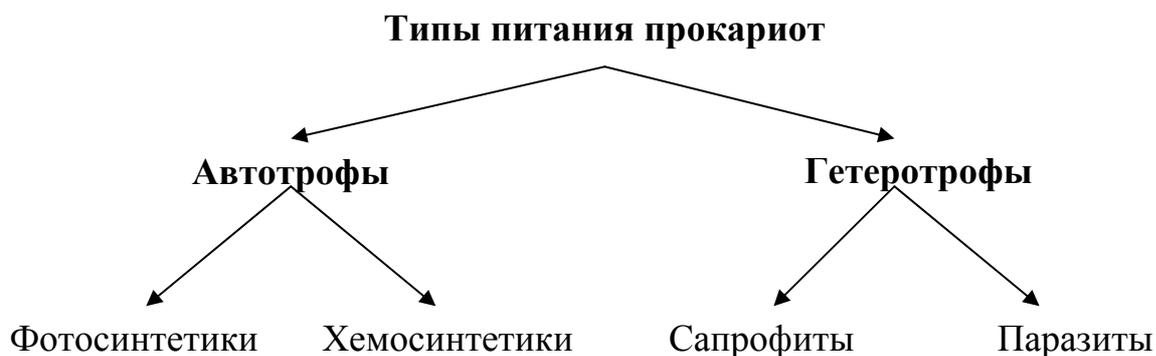


Рис. 28. Классификация прокариот в зависимости от типа питания

Автотрофы сами синтезируют органические вещества из неорганических. В зависимости от того, какую энергию используют автотрофы для синтеза органических веществ, различают фото - (зеленые и пурпурные серобактерии, сине-зеленые водоросли) и хемосинтезирующие бактерии (нитрифицирующие, железобактерии, бесцветные серобактерии и др.).

Фотосинтетики используют для синтеза органических соединений энергию солнечного света. У сине-зеленых бактерий фотосинтез происходит на специальных фотосинтетических пластинках, при этом выделяется кислород. Фотосинтезирующие бактерии содержат особый хлорофилл – бактериохлорофилл, отличающийся от хлорофилла высших растений. У многих бактерий фотосинтез проходит без выделения кислорода, поскольку донором водорода является не вода, а сероводород, перекись водорода, спирты. В XIX в. биологи заинтересовались странными микробами, внутри клеток которых были обнаружены кристаллики серы. Русский ученый С.Н. Виноградский в 1887 г. доказал, что подобные бактерии, окисляя сероводород, используют образующуюся при этом энергию на построение органических веществ из углекислого газа и воды. В результате такого процесса получается серная кислота или сера, кристаллики которой и были обнаружены в клетке.

К **хемосинтетикам** относятся бактерии-нитрификаторы. Они способны превращать аммиак в селитру. За один год на 1 га почвы ими может быть образовано более 0,25 т селитры. В районе Бухары почва глинистых пустынь нередко содержит до 2% селитры. Особенно много ее на местах старых городищ, древних караван-сараяв, кладбищ. Скопление органических остатков в этих районах послужило для микробов сырьем при образовании селитры. Некоторые бактерии способны усваивать азот из воздуха и вступать в симбиоз с бобовыми растениями.

Гетеротрофные бактерии употребляют только готовые органические вещества, сами их синтезировать не могут. В зависимости от поедаемого типа органического вещества делятся на **сапрофитов** (употребляют мертвое органическое вещество – отмершие остатки живых организмов) и **паразитов** (паразитируют в живых клетках растений, животных и человека). К сапрофитам относятся бактерии гниения и брожения. Первые расщепляют азотсодержащие соединения, вторые – углеродсодержащие. В обоих случаях выделяется энергия, необходимая для их жизнедеятельности.

3.2.5. Размножение прокариот

Размножение – способность организмов воспроизводить новое поколение особей того же вида, в результате чего обеспечивается непрерывность и преемственность жизни.

Все прокариоты существуют в гаплоидном состоянии, поскольку молекула ДНК представлена в клетке в единственном числе.

Выделяют следующие виды размножения прокариот (Рис. 29):

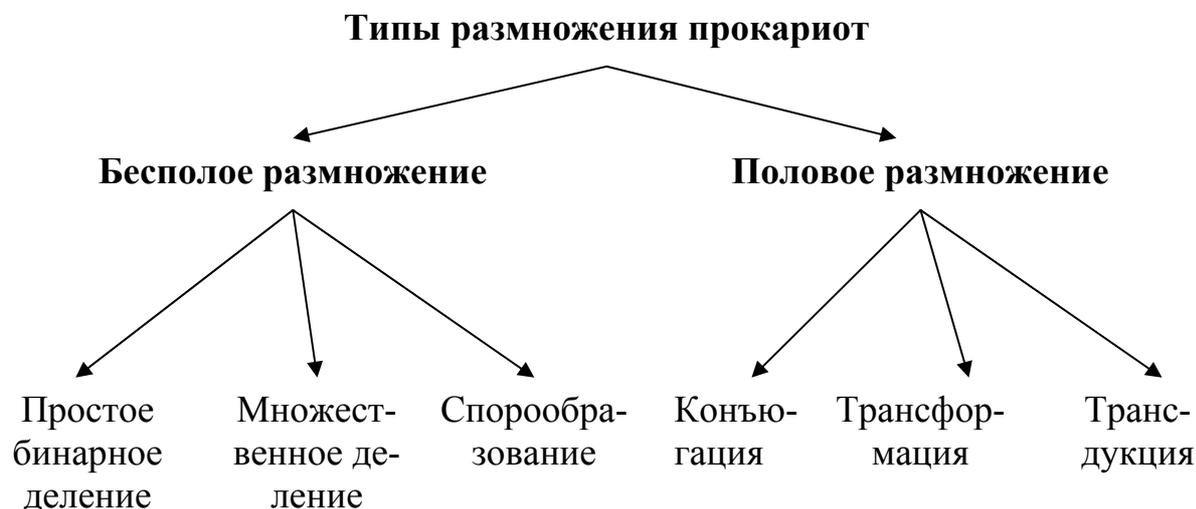


Рис. 29. Классификация прокариот по типу размножения

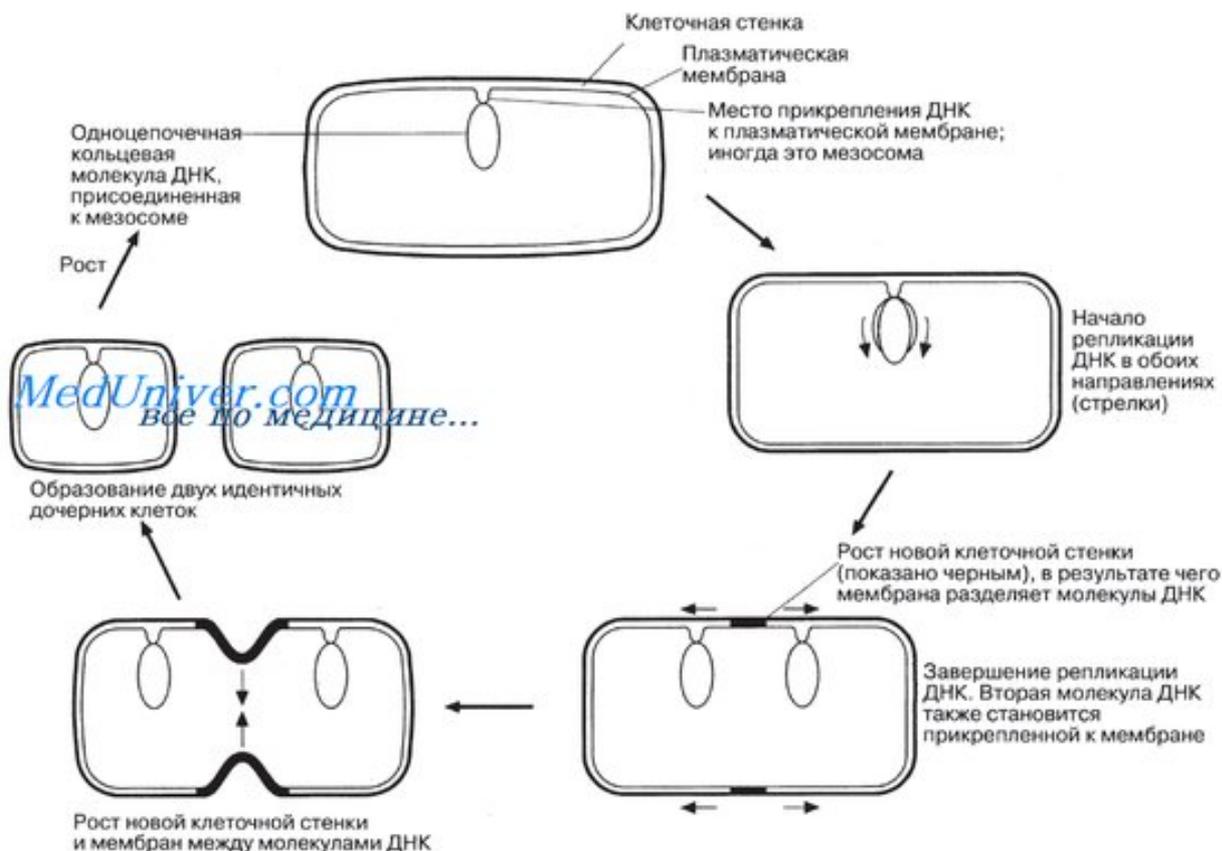


Рис. 30. Бесполое размножение у бактерий

Бесполое размножение – в размножении участвует только одна особь, потомки генетически идентичны родительской особи. Прокариотические клетки могут делиться на равные части перетяжкой или почковаться, т.е. образовывать дочернюю клетку меньшего размера, чем материнская, но никогда не делятся путем митоза.

Простое бинарное деление или почкование (Рис. 30) – деление клетки на две дочерние клетки – характерно для большинства бактерий и сине-зеленых водорослей. При почковании на одном из полюсов материнской клетки формируется и растёт почка, материнская клетка проявляет признаки старения и обычно не может дать более четыре дочерних. Почкование имеется у разных групп бактерий и, предположительно, возникало несколько раз в процессе эволюции. Почкование может протекать двумя разными способами:

- большинство грамположительных бактерий и нитчатых цианобактерий синтезируют поперечную перегородку от периферии к центру при участии мезосом, затем перетяжка соединяется с клеточной мембраной;
- грамотрицательные бактерии образуют перетяжку путем искривления мембраны и клеточной стенки внутрь.

Множественное деление – это ряд быстрых последовательных бинарных делений, приводящий к образованию от 4 до 1024 новых клеток; встречается редко, описано для одной группы одноклеточных цианобактерий.

Спорообразование свойственно только небольшой группе бактерий, у которых известны два типа спор: эндогенные, образующиеся внутри клетки, и микроцисты, образующиеся из целой клетки. При образовании спор (микроцист) в бактериальной клетке уменьшается количество свободной воды, снижается ферментативная активность, клетка сжимается и покрывается очень плотной оболочкой. Споры обеспечивают возможность переносить неблагоприятные условия. Они выдерживают длительное высыхание, нагревание свыше 100°C и охлаждение почти до абсолютного нуля. В обычном же состоянии бактерии неустойчивы при высушивании, воздействии прямых солнечных лучей, повышении температуры до 65-80°C и т.д. В благоприятных условиях споры набухают и прорастают, образуя новую вегетативную клетку бактерий.

Бесполое размножение – древний и простой способ размножения. Поскольку дочерние клетки генетически однородны, то степень их адаптации к постоянно изменяющимся условиям среды часто оказывается недостаточной. Поэтому в процессе эволюции широкое распространение получило половое размножение.

Половое размножение – это размножение, в котором участвуют две особи. Оно наблюдается у прокариот, но в самой примитивной форме.

Половое размножение бактерий отличается от полового размножения эукариот тем, что у бактерий не образуются гаметы и не происходит слияния клеток. Однако главнейшее событие полового размножения, а именно обмен генетическим материалом, происходит и в этом случае.

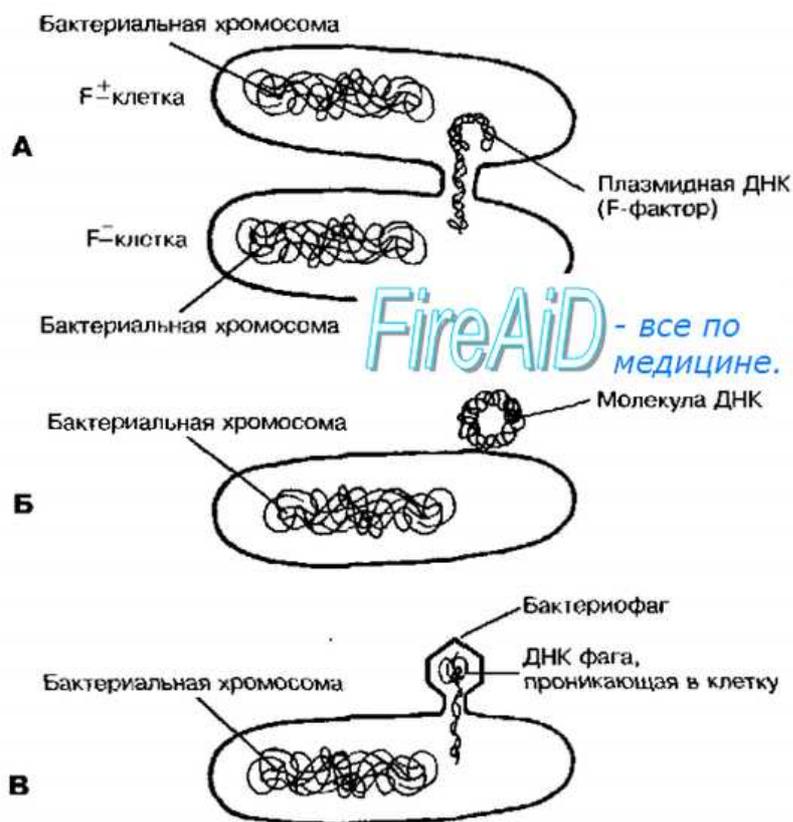


Рис. 31. Механизмы переноса бактериальной ДНК. Конъюгация (А), трансформация с использованием отдельной молекулы ДНК (Б) трансдукция с помощью бактериофагов (В).

Конъюгация – это процесс обмена частью генетического материала (плазмидами) между двумя бактериями (Рис. 31А): бактерии соединяются друг с другом временными трубчатыми выростами (цитоплазматический мостик), через который плазмиды переходят из «мужской» клетки в «женскую» и наоборот. Число особей после конъюгации не увеличивается, однако генетическое разнообразие получившихся бактерий возрастает.

Если при этом плазмиды содержат гены, обуславливающие резистентность (устойчивость) к антибиотикам, говорят об инфекционной резистентности. Она важна с медицинской точки зрения, поскольку может распространяться

между различными видами и даже родами бактерий, в результате чего вся бактериальная флора, скажем кишечника, становится устойчивой к действию определенных лекарственных препаратов.

При **трансформации (Рис. 31Б)** бактерия поглощает из окружающей среды «голую» ДНК, попавшую туда при разрушении других бактерий или сознательно «подсунутую» экспериментатором. Процесс называется трансформацией, поскольку на ранних стадиях его изучения основное внимание уделялось превращению (трансформации) таким путем безвредных микроорганизмов в вирулентные, т.е. патогенные, болезнетворные.

Трансдукция (Рис. 31В) – это процесс переноса от одной бактерии к другой фрагментов ДНК особыми вирусами – бактериофагами.

Несмотря на постоянную гибель бактерий (поедание их простейшими, действие высоких и низких температур и других неблагоприятных факторов), эти примитивные организмы сохранились с древнейших времен благодаря способности к быстрому размножению (клетка может делиться через каждые 20-30 мин), образованию спор, большому разнообразию биохимических процессов, чрезвычайной устойчивости к факторам внешней среды, и повсеместному их распространению.

3.2.6. Роль бактерий в природе и жизни человека

В нашей повседневной жизни мы встречаемся с бактериями постоянно. Бактерии участвуют в круговороте веществ, минерализуют органические вещества, играют большую роль в плодородии почвы, в очистке сточных вод, используются в промышленных процессах брожения.

Бактерии могут быть вредными для человека в двух случаях. Во-первых, сапрофитные бактерии портят пищевые продукты. Во-вторых, бактерии могут быть возбудителями болезней человека и животных, туберкулеза, бруцеллеза, коклюша, дифтерии, чумы, холеры, сифилиса и т.д. (Таблица 2):

Таблица 2. Значение бактерий в природе и хозяйственной деятельности человека (Т.Л. Богданова, 1991)

Представители	Значение бактерий в природе и жизни человека
Бактерии молочнокислого брожения	Положительное: приготовление молочных продуктов (творог, простокваша, масло, сметана), силосование кормов, закваска капусты, засолка огурцов и помидоров. Отрицательное: порча продуктов
Бактерии уксуснокислого брожения	Положительное: окисление спирта в уксусную кислоту, которая применяется для маринования, консервирования плодов и овощей. Отрицательное: порча продуктов.
Бактерии гнилостные	Положительное: санитарная роль – минерализация органических остатков. Отрицательное: порча продуктов; во избежание гниения применяют сушку, соление, маринование, стерилизацию, пастеризацию, засахаривание.
Бактерии болезнетворные	Положительное: являются одной из форм борьбы за существование, поэтому это один из факторов эволюции. Отрицательное: вызывают инфекционные заболевания человека и животных. Для борьбы с ними применяют антибиотики, бактериофаги, прививки, а также организуют профилактическую работу по ликвидации очагов заражения, закалывают организм, соблюдают правила санитарии и гигиены организма.
Бактерии клубеньковые	Положительное: клубеньковые бактерии проникают в корни бобовых растений (клевер, люпин, люцерна и др.) и вступают с ними в симбиоз (взаимовыгодное сожительство). В результате на корнях образуются опухоли – клубеньки, заполненные бактериями, которые из атмосферного азота синтезируют азотистые соединения, доступные как растению-хозяину, так и другим растениям. Это природное обогащение почвы азотными удобрениями учитывается при составлении полевых севооборотов, куда обязательно включаются бобовые растения.

Для эволюции бактерий в целом характерен ярко выраженный физиолого-биохимический уклон: при относительной бедности жизненных форм и примитивном строении. Они освоили практически все известные сейчас биохимические процессы. Существовавшая 3,5 млрд лет тому назад биосфера прокариот имела уже все существующие сейчас пути переработки вещества. Эукариоты, возникшие значительно позднее, изменили лишь количественные аспекты их функционирования, но не качественные, на многих этапах циклов элементов бактерии по-прежнему сохраняют монопольное положение.

Одними из древнейших бактерий являются цианобактерии. В породах, образованных 3,5 млрд лет назад, обнаружены продукты их жизнедеятельности – бесспорные свидетельства существования цианобактерий относятся ко времени 2,2-2,0 млрд лет назад. Благодаря им в атмосфере начал накапливаться кислород, который 2 млрд лет назад достиг концентраций, достаточных для начала **аэробного дыхания** – процесса окисления органических веществ, протекающий при обязательном участии кислорода.

Появление кислорода в атмосфере нанесло серьёзный удар по **анаэробным бактериям**, окисляющим органические вещества без участия кислорода. Такое дыхание часто называют **брожением**. Поэтому анаэробные бактерии либо вымирают, либо уходят в локально сохранившиеся бескислородные зоны. Общее видовое разнообразие бактерий в это время сокращается.

Эволюция прокариот не может рассматриваться в рамках закономерностей, установленных для эукариот, так как закономерности передачи генетической информации у прокариот существенно отличаются. Эволюция прокариот протекает в условиях изменения условий среды обитания, вызванных деятельностью самих организмов, в то время как эволюция ядерных организмов проходит в условиях более стабильной среды; для значительной части прокариот эволюция идет в направлении освоения новых экологических (трофических) ниш.



Вопросы для обсуждения и самоконтроля:

1. Как и когда появились первые живые организмы? Почему на начальном этапе развития важна роль цианобактерий?
2. Что характерно для прокариот? На какие группы делятся доядерные организмы и чем эти группы характеризуются?
3. Каковы отличия в строении прокариотической и эукариотической клеток?
4. Каково строение бактериальной клетки? Какие черты морфологического строения клетки Вы запомнили? Каковы особенности цитологического строения?
5. Что характерно для клеток сине-зеленых водорослей?
6. Каковы особенности питания прокариот?
7. Как размножаются прокариоты? Почему важно знать механизмы размножения прокариот?
8. Какова роль бактерий в природе и жизни человека?

3.3. Надцарство Эукариоты (ядерные)

3.3.1. Происхождение ядерных организмов

Появились примерно 1,5-2 млрд. лет тому назад, вероятнее всего, от бактерий. Важную роль в эволюции эукариот сыграл **симбиогенез** – симбиоз (взаимовыгодное сожительство) между эукариотической клеткой, уже имевшей ядро и способной к фагоцитозу (фагоцитоз – дословно – «поедание клеткой» способность клетки поглощать твердые частицы, заключая в мембранный пузырьрек и переваривая их), и проглоченными этой клеткой бактериями – предшественниками митохондрий и хлоропластов.

Вероятнее всего, хлоропласты у эукариот происходят от предков нынешних сине-зеленых водорослей, митохондрии – от предков пурпурных бактерий, а центриоли – от прокариотических симбионтов.

3.3.2. Характеристика и систематика надцарства Эукариоты

Общие характерные черты надцарства Эукариоты:

- генетический материал представлен хромосомами (плотные тельца, состоящие из ДНК и белков), которые располагаются в ядре;
- в цитоплазме присутствуют органоиды, состоящие из мембран (митохондрии, эндоплазматическая сеть, аппарат Гольджи, пластиды – хлоропласты и хромопласты), выполняющие разнообразные функции;
- клетки более крупные, их размер варьирует от 10 до 100 мкм. Объем такой клетки в 1000-10000 раз больше, чем прокариотической;
- для многих эукариот характерен эндоцитоз (способность поглощать извне внутрь клетки), в том числе фагоцитоз (поглощение твердых частиц) и пиноцитоз (поглощение жидких веществ);
- могут быть одноклеточными и многоклеточными.

Характеристика отдельных царств Эукариот

Царство Растения. Характерные черты:

Комплексная наука, изучающая растения, называется *ботаникой*. *Систематика растений* изучает классификацию и филогению растений.

Растения – основной компонент живого вещества на планете, и их значение в биосфере огромно. Они входят в состав большинства экологических систем и служат основными продуцентами органической биомассы на Земле. Благодаря именно жизнедеятельности растений в атмосфере поддерживается постоянный уровень содержания кислорода. Без растений существование животных и человека было бы невозможно.

Характерные черты, общие для всех групп царства Растения:

- автотрофные организмы, способные к фотосинтезу с выделением свободного кислорода;
- имеют плотные клеточные стенки, состоящие из целлюлозы, и по этой причине способны питаться только осмотически, т.е. всасывать вещества;

- запасным питательным веществом в клетках растений является крахмал;
- зеленые клетки растений содержат фотосинтезирующий пигмент – хлорофилл;
- все растения могут усваивать азот, серу, фосфор, калий и другие минеральные элементы в виде ионов минеральных солей и использовать их для синтеза органических соединений;
- рост растений не ограничен;

Характерные черты, не являющиеся общими для всех групп царства Растения:

- прикрепленный образ жизни;
- своеобразные циклы развития;
- способы закладки органов;
- сильная расчлененность тела, обеспечивающая увеличение поверхности соприкосновения с окружающей средой.

Перечисленный комплекс признаков позволяет легко отличить растения от представителей других царств.

Лишь на более низком уровне развития, особенно на одноклеточном, у некоторых растений встречаются черты, характерные для животных (подвижность, гетеротрофный тип питания). Не случайно некоторые организмы (например, эвглена зеленая, вольвокс) включают либо в царство животных (на основании их подвижности и типа питания), либо в царство растений (в связи с их способностью к фотосинтезу). Наличие у низших растений некоторых признаков, общих с животными, свидетельствуют об общности их происхождения.

Царство Животные. Характерные черты:

Наука о животных называется *зоологией*. Она изучает многообразие животного мира, строение и жизнедеятельность животных, распространение их, связь со средой обитания, закономерности индивидуального и исторического развития.

Характерные черты, общие для всех групп царства Животные:

- гетеротрофные организмы;
- ограниченный рост тела;
- развитие присущих только им систем органов: мышечной, пищеварительной, выделительной, половой, кровеносной, нервной, а также органов чувств;
- способны активно передвигаться в пространстве;
- клетки животных, в отличие от клеток растений, не имеют хлоропластов, твердой целлюлозной стенки;
- запасание углеводов в форме гликогена.

Однако, несмотря на наличие ряда отличительных особенностей, невозможно провести четкую границу между царством Растений и царством Животных (**Таблица 3**):

Таблица 3. Основные различия между представителями царства Растения и царства Животные

Признаки	Представители царства Растения	Представители царства Животные
Способ питания	Автотрофное – осуществляется за счет расщепления органических веществ, образующихся из неорганических в процессе фотосинтеза	Гетеротрофное – осуществляется за счет расщепления органических веществ, полученных с пищей.
Целлюлозная клеточная стенка	Имеется	Отсутствует
Способность к росту	На протяжении всей жизни	У большинства только в молодом возрасте
Способность к передвижению	Не перемещаются, только таксисы, тропизмы	Активное передвижение
Активность в поисках пищи	Не активны	Активны
Роль в цепи питания	Продуценты	Консументы
Высшая нервная деятельность	Отсутствует	Имеется (кроме низкоорганизованных форм)
Цикл развития	Зигота – зародыш – проросток – молодое растение – цветущее растение – плодоносящее растение – стареющее растение – отмершее растение	Зигота – зародыш – детеныш (личинка) – молодое, половозрелое, активное животное – стареющее – умершее животное
Системы органов	Вегетативные: корневая, побеговая; Репродуктивная: цветок, семя, плод	Соматические: покровная, опорно-двигательная, дыхательная, пищеварительная, выделительная, кровеносная, нервная, органов чувств, эндокринная; Репродуктивная: половая
Основные ткани организма	Образовательные, покровные, паренхима, проводящие, механические, выделительные	Эпителиальные, соединительные, мышечные, нервная

Царство Грибы. Характерные черты, принципы систематики:

Грибы – обширная группа разнообразных по размерам и строению организмов, объединяющая более 100 тысяч видов. Их изучает наука *микология*.

Среди грибов встречаются микроскопические (3-7 мкм), одноклеточные формы (например, дрожжи), многоклеточные шляпочные грибы и трутовики.

Грибы широко распространены во всех географических зонах. Они обитают не только на суше, но и в воде, обильно населяют почву лесов и полей, поселяются на растительных остатках и живых организмах.

Характерные черты, общие для всех групп царства Грибы:

Признаки грибов, сближающие их с животными:

- не имеют хлорофилла и питаются готовыми органическими веществами (гетеротрофы);
- наличие хитина в клеточных стенках (как у насекомых) (**Рис. 32**);
- запасание углеводов в форме гликогена;
- образование мочевины.

Признаки грибов, сближающие их с растениями:

- неподвижность;
- большая расчлененность тела;
- поглощение пищи путем осмоса (всасывания);
- неограниченный верхушечный рост;
- способность к синтезу витаминов;
- наличие клеточных стенок;
- размножение с помощью неподвижных спор.

Признаки, присущие только грибам:

- циклы развития многих грибов имеют ряд специфических особенностей, не свойственных ни растениям, ни животным;
- митоз и мейоз у грибов протекают иначе. Ядерная оболочка не исчезает, а лишь перетягивается между двумя дочерними ядрами, внутри материнского ядра образуется своеобразное веретено деления (так называемый закрытый митоз);
- центриоли у грибов отсутствуют;
- тело гриба – грибница, состоит из тонких ветвящихся нитей – гиф; их толщина не превышает 5-6 мкм.

Происхождение грибов полифилетическое, т.е. разные их классы независимо произошли от разных групп жгутиконосцев и амeboидных форм.

Грибы являются одним из наиболее сложных для систематики объектов, особенно для создания естественной, филогенетической системы. Научные представления о грибах, об их происхождении и месте в системе живого мира бурно развивались и часто менялись в течение всего периода изучения этих организмов, это отражалось и на их систематике.

Поскольку наиболее современные представления в этой области не обладают стабильностью, они не могут быть достаточно полно отражены в учебной литературе.

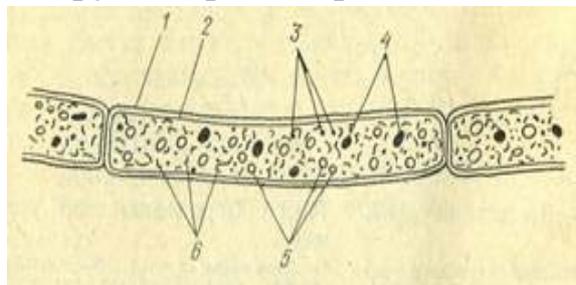


Рис. 32. Строение клетки грибов: 1 – хитиновая клеточная стенка, 2 – внешний слой цитоплазмы, 3 – рибосомы, 4 – ядра, 5 – вакуоли, 6 – митохондрии

3.3.3. Строение эукариотической клетки

Эукариотическая клетка (клетки растений, животных и грибов) имеет ряд существенных отличий от прокариотической:

1. Прогрессивным приобретением было появление морфологически оформленного ядра;
2. Генетический материал сосредоточен в относительно большом количестве хромосом, что обеспечивает им большие возможности в дифференцировке и специализации;
3. Наличие специфическим образом устроенного цитоскелета, вследствие чего стало возможным разделение клетки на отделы, появление внутренних токов цитоплазмы, обеспечение деления клетки;
4. В цитоплазме присутствуют одномембранные (аппарат Гольджи, лизосомы, эндоплазматическая сеть) и двумембранные органоиды (митохондрии, пластиды);
5. Способны к фагоцитозу и пиноцитозу;
6. В клетке присутствуют 80S рибосомы (т.е. они крупнее, чем в прокариотических клетках).

Строение животной клетки

В природе не существует некой типичной клетки эукариот, ибо все они характеризуются чрезвычайным разнообразием. Тем не менее все эукариотические клетки содержат **три основных обязательных компонента**:

1. Цитоплазматическая мембрану;
2. Ядро;
3. Цитоплазму с ее содержимым:
 - a) основное вещество или матрикс (гиалоплазма), представляющее собой жидкую, бесструктурную, гомогенную мелкозернистую часть цитоплазмы;
 - b) органоиды или органеллы – постоянные, жизненно важные составные части цитоплазмы клеток. К ним относятся эндоплазматическая сеть, рибосомы, митохондрии, комплекс Гольджи, лизосомы и клеточный центр;
 - c) включения – непостоянные структуры цитоплазмы (а иногда и ядра), которые в отличие от органоидов то возникают, то исчезают в процессе жизнедеятельности клетки. Плотные включения называют гранулами, жидкие – вакуолями. Это либо продукты обмена веществ (пигменты, белковые гранулы в секреторных клетках), либо запасные питательные вещества (глыбки гликогена, капли жира).

В основе структурной организации клетки лежит мембранный принцип строения. Это означает, что она в основном построена из мембран. Мембраны обладают свойством избирательной проницаемости, также свойством самопроизвольного восстановления целостности структуры. Они составляют основу клеточной оболочки, формируют ряд клеточных структур (**Рис. 33**).

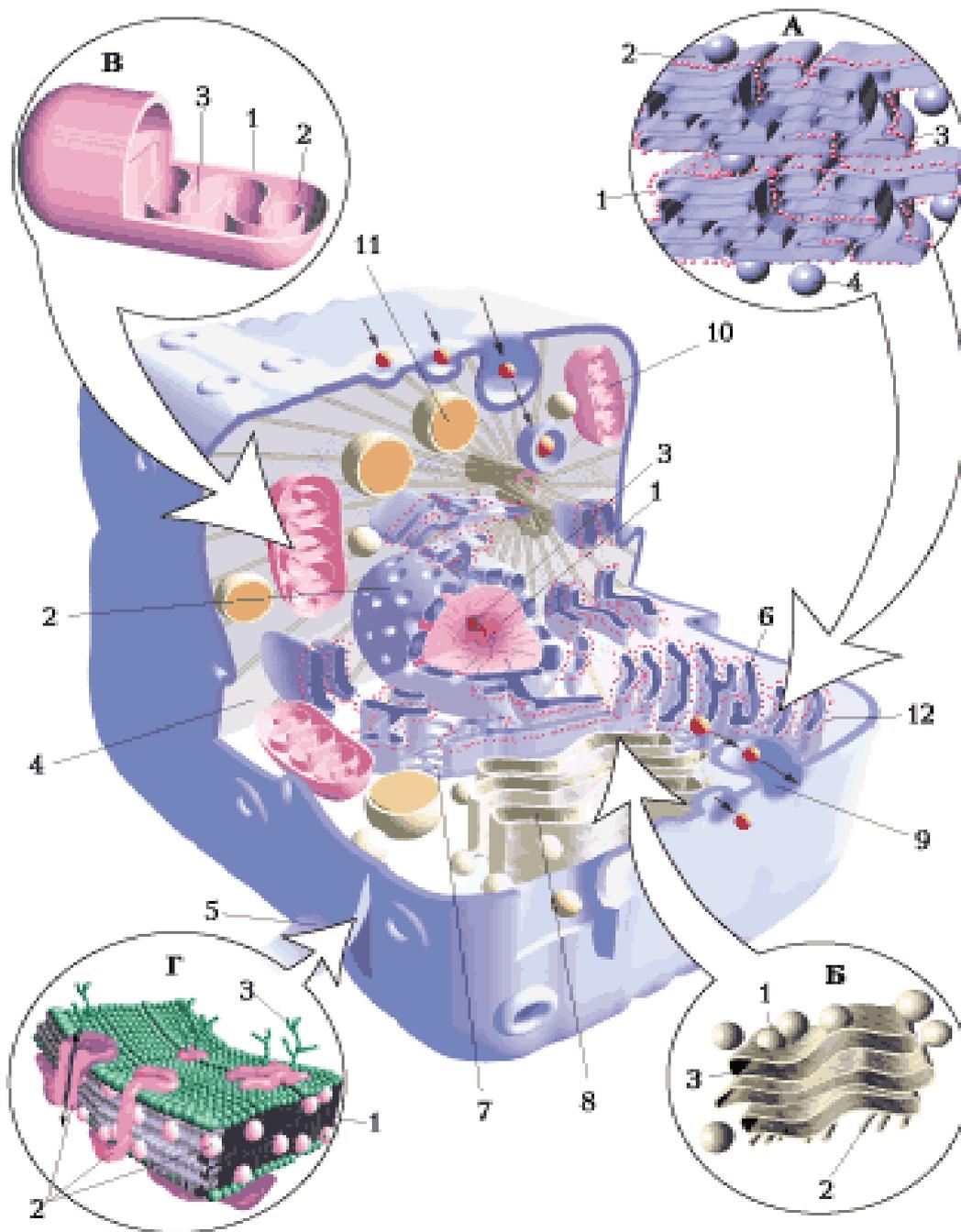


Рис. 33. Строение эукариотической клетки: 1 – хромосомы, 2 – ядерная оболочка, 3 – ядрышко, 4 – цитоплазма, 5 – реснички, 6 – шероховатая эндоплазматическая сеть, 7 – гладкая эндоплазматическая сеть, 8 – аппарат Гольджи, 9 – поглощение твердой частицы и образование пищеварительной вакуоли – фагоцитоз, 10 – митохондрии, 11 – лизосомы, 12 – рибосомы;

А – строение эндоплазматической сети:

1 – рибосомы, 2 – мембрана, 3 – полости, 4 – пузырьки аппарата Гольджи;

Б – строение аппарата Гольджи:

1 – лизосомы, 2 – полости, 3 – мембрана;

В – строение митохондрий:

1 – внутренняя мембрана, 2 – наружная мембрана, 3 – складки внутренней мембраны – кристы;

Г – строение цитоплазматической мембраны:

1 – фосфолипиды, 2 – белки и белковые каналы, 3 – углеводы

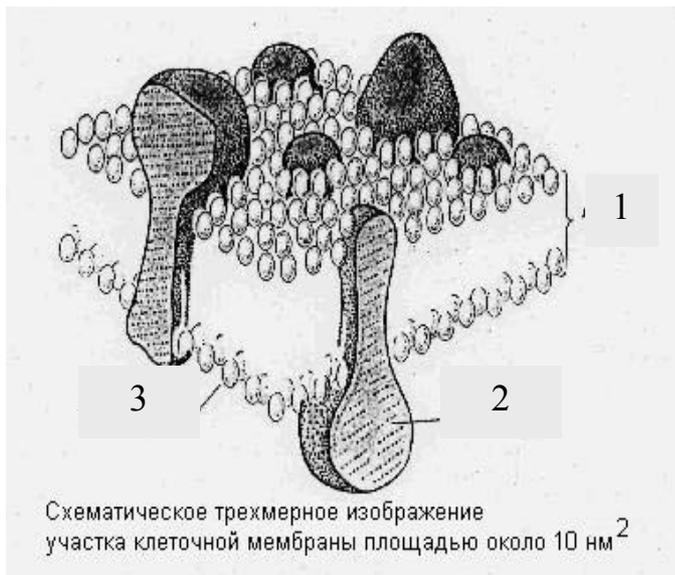


Рис. 34. Строение цитоплазматической мембраны: 1 – двойной слой фосфолипидов, 2 – белки мембраны, 3 – молекулы фосфолипидов

1. Цитоплазматическая мембрана (Рис. 33 Г, 34) – это наружная клеточная мембрана толщиной около 7–10 нм. Она образована двумя слоями фосфолипидов, в которые на разную глубину с наружной и внутренней стороны погружены разнообразные и многочисленные молекулы белков.

Схема строения элементарной мембраны жидкостно-мозаичная: жиры составляют жидкокристаллический каркас, а белки мозаично встроены в него и могут менять свое положение. Фосфолипиды – это соединения липидов и фосфорной кислоты. Они состоят из полярной «головки» и двух неполярных «хвостов» из остатков жирных кислот.

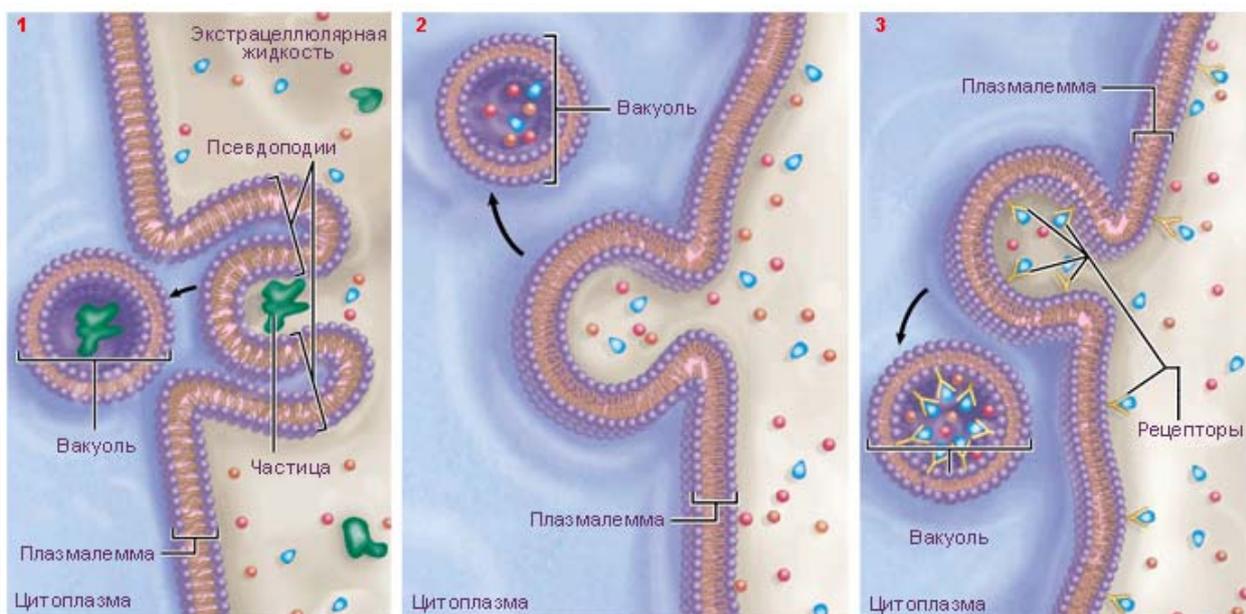
Главная особенность фосфолипидов состоит в том, что «головка» у них гидрофильна (лат. «гидро» – вода, «филос» – любовь), т.е. ориентирована к воде, а «хвосты» гидрофобны (лат. «гидро» – вода, «фобос» – боюсь), т.е. боятся воды. Это позволяет при нахождении в толще водной среды образовывать бислои – двойной слой фосфолипидных молекул, где гидрофильные головки обеих сторон соприкасаются с водой, а гидрофобные хвосты упрятаны внутрь бислоя и тем самым защищены от контакта с водой. Этим достигается избирательная проницаемость для веществ, поступающих в клетку.

Белки в цитоплазматической мембране образуют специальные каналы – поры, через которые осуществляется транспорт веществ, не растворимых в жирах. Кроме того, многие белки, расположенные в наружной мембране соединены с углеводами. Это гликопротеины, которые характерны только для конкретного вида клеток. С их помощью иммунная системы способна различать свои и чужие клетки.

Мембрана обладает избирательной проницаемостью, т.е. через нее в обе стороны способны проникать ионы и молекулы. Если этот процесс протекает без затрат энергии, то такой транспорт называется **пассивным**. Пассивный перенос может осуществляться путем простой диффузии через липидные бислои мембраны, а также через специализированные образования — каналы. **Активным транспорт** называют в том случае, если при этом расходуется энергия клетки. Например, концентрация ионов K^+ в клетке всегда выше, чем в окружающей среде, ионов Na^+ всегда больше снаружи клетки. В мембране клетки имеется калий-натриевый насос, ионы металлов транспортируются против градиента концентрации, при этом всегда происходит затрата энергии.

В особую группу выделяют перенос веществ путем экзо- и эндоцитоза. **Экзоцитоз** – это выделение клеткой различных веществ в окружающую среду.

Эндоцитоз – противоположен экзоцитозу. Это активный процесс переноса веществ через мембрану в цитоплазму клетки. Различают два типа эндоцитоза: **фагоцитоз** – поглощение твердых частиц и **пиноцитоз** – поглощение жидких растворов (**Рис. 35**).



1

2

3

Рис. 35. Схема эндоцитоза: 1 – фагоцитоз, 2 – пиноцитоз, 3 – эндоцитоз с участием белков-рецепторов мембраны

Фагоцитоз протекает в несколько этапов (**Рис. 35-1**): 1) твердая частица сближается с мембраной и вступает в контакт с белками мембраны; 2) при участии рецепторных белков происходит распознавание; 3) мембрана выпячивается и охватывает частицу псевдоподиями до тех пор, пока не охватит ее целиком, образуется пузырек – вакуоль. Если в дальнейшем этот пузырек соединяется с лизосомой, то образуется пищеварительная вакуоль, и клетка таким способом потребляет твердую пищу.

Пиноцитоз может протекать двумя способами (**Рис. 35 -2, 3**): 1) мембрана образует впячивания в виде тонкого канальца, в который и попадает жидкость с растворенными в ней веществами. От канальца затем отпочковываются пузырьки; 2) в случае проникновения в клетку растворенных чужеродных белков к ним дополнительно присоединяются рецепторные белки мембраны, в дальнейшем механизмы совпадают.

Функции мембраны: 1) барьерная (отграничение внутреннего содержимого клетки); 2) структурная (придание определенной формы клеткам в соответствии с выполняемыми функциями); 3) защитная (за счет избирательной проницаемости мембраны); 4) регуляторная (регуляция избирательной проницаемости для различных веществ (пассивный транспорт, активный транспорт); 5) связующая функция (все клетки связаны между собой посредством контактов); 6) рецепторная (за счет работы белков мембраны); 7) антигенная (связана с гликопротеинами и полисахаридами мембраны).

2. Ядро (Рис. 33: 1-3) – самый крупный органоид клетки. Ядро обычно в клетке одно, редко их встречается несколько (многоядерные клетки). Чаще имеет шаровидную или яйцевидную форму диаметром 10-25 мкм. Оно состоит из ядерной оболочки, отделяющей его от цитоплазмы, хромосом, ядрышка и ядерного сока (Рис. 36).

Ядерная оболочка состоит из внешней и внутренней мембран, разделенных пространством шириной от 20 до 60 нм. Наружная мембрана ядра, обращенная в цитоплазму, покрыта рибосомами, внутренняя – гладкая. В состав ядерной оболочки входят ядерные поры, которые образуются за счет многочисленных зон слияния двух ядерных мембран и представляют собой как бы округлые перфорации по всей ядерной оболочке. Число ядерных пор зависит от метаболической активности клеток: чем выше синтетические процессы в клетках, тем больше пор на единицу поверхности клеточного ядра.

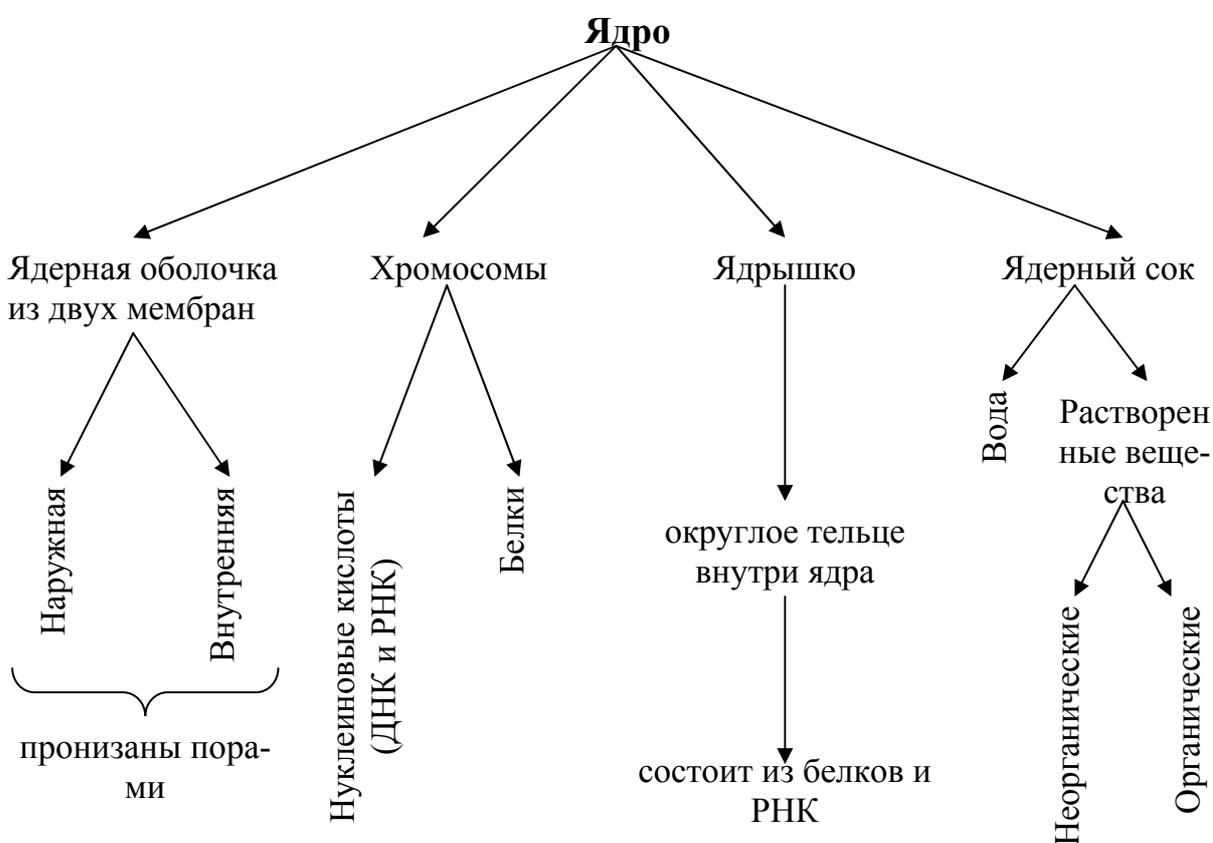


Рис. 36. Схема строения ядра в эукариотической клетке

Хромосомы – ядерные тельца, состоящие из нуклеиновых кислот (ДНК-35%, РНК – 5%) и белков (60%). Они выглядят, как резко очерченные структуры только непосредственно до и во время деления ядра. В покоящихся, неделящихся эукариотических клетках хромосомный материал, называемый **хроматином** выглядит нечетко и как бы беспорядочно распределен по всему ядру. Лишь когда клетка готовится к делению, хроматин уплотняется и собирается в свойственное данному виду число хорошо различимых хромосом. Более подробно строение и значение хромосом смотри ниже: «3.3.4. Организация генетического аппарата эукариот».

Ядрышко – обязательный компонент ядра, оно встречается во всех клетках эукариот. В зависимости от функционального состояния клетки число ядрышек может меняться, их количество колеблется от 1 до 5-7 и более. Ядрышко – это не самостоятельная структура, это определенная часть хромосомы, активно функционирующая в неделящейся клетке. Их функция – синтез клеточной РНК и рибосом.

Ядерный сок (кариоплазма) – основная внутренняя жидкая среда ядра, она занимает все пространство между ядрышком, хроматином, мембранами; состоит из воды и растворенных в ней веществ. Вязкость ядерного сока примерно такая же, как вязкость основного вещества цитоплазмы.

Функции ядра: 1) хранение и воспроизведение генетической информации; 2) регуляция процесса обмена веществ, протекающих в клетке.

3. Цитоплазма с ее содержимым (Рис. 33: 4-12). В состав цитоплазмы входят три компонента: гиалоплазма (жидкая часть цитоплазмы), органоиды и включения. Характеристика гиалоплазмы дана выше, поэтому здесь мы остановимся подробно только на изучении строения и функций основных органоидов цитоплазмы, а также включениях.

В зависимости от особенностей строения все органоиды цитоплазмы можно разделить на мембранные и немембранные (Рис. 37):



Рис. 37. Классификация органоидов цитоплазмы

Мембранные органоиды состоят из мембран, имеющих такое же строение, как цитоплазматическая мембрана. При этом их делят на одномембранные и двумембранные. Одномембранные органоиды тесно связаны между собой, и по сути один органоид образуется из другого: **эндоплазматическая сеть** → **комплекс Гольджи** → **лизосомы**.



Рис. 38. Схема строения эндоплазматической сети

гаются рибосомы, функция которых – синтез белка. Гладкая ЭПС не содержит рибосом. Функция гладкой эндоплазматической сети – синтез липидов и углеводов.

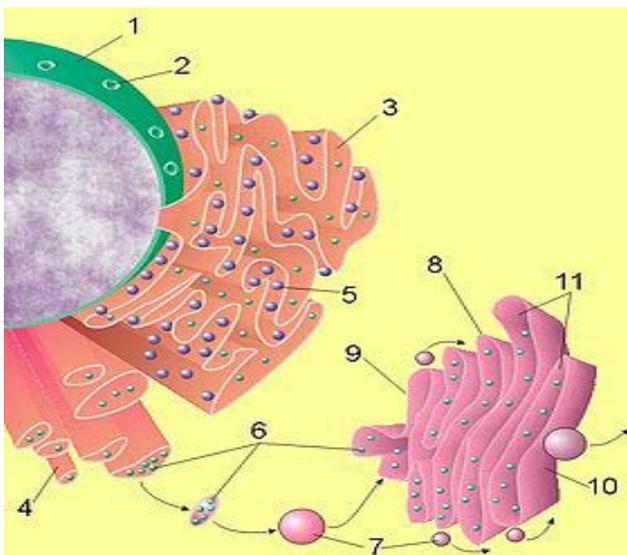


Рис. 39. Схема строения ядра, эндоплазматической сети и комплекса Гольджи: 1 – ядро клетки, 2 – поры ядерной мембраны, 3 – шероховатая ЭПС, 4 – гладкая ЭПС, 5 – рибосомы, 6 – транспортируемые белки, 7 – транспортные пузырьки, 8 – КГ, 9 – внутренняя сторона КГ, 10 – внешняя сторона КГ, 11 – система плоских цистерн

Эндоплазматическая сеть (ЭПС) (Рис. 33А, 38) состоит из сложной системы канальцев, вакуолей и цистерн, ограниченных мембранами, имеющими типичную трехслойную структуру. Каналы, вакуоли и цистерны образуют ветвящуюся сеть, которая пронизывает всю цитоплазму клетки. Наиболее развита ЭПС в клетках с высоким уровнем белкового обмена. Различают две разновидности эндоплазматической сети: шероховатая (гранулярная) и гладкая (агранулярная). Шероховатая ЭПС отличается тем, что на наружной поверхности ее мембран располагаются рибосомы, функция которых – синтез белка. Гладкая ЭПС не содержит рибосом. Функция гладкой эндоплазматической сети – синтез липидов и углеводов.

Комплекс (аппарат) Гольджи (КГ) (Рис. 33Б, 39) обнаружен итальянским исследователем Камилло Гольджи в 1898 году в нервных клетках.

КГ включает три основных компонента: 1) система плоских цистерн, ограниченных гладкими мембранами; цистерны расположены пачками по 5-8 и плотно прилегают друг к другу (Рис. 39 - 11); 2) система трубочек, которые отходят от цистерн; трубочки образуют довольно сложную сеть, окружающую и соединяющую цистерны; 3) крупные и мелкие пузырьки, замыкающие концевые отделы трубочек.

Основной функцией КГ является созревание белков, которые были синтезированы в ЭПС, их упаковка в мембрану и отправка к месту встраивания. КГ принимает участие в синтезе полисахаридов и липидов. Так же рассматривают, что этот органоид обладает способностью обособлять и накапливать ядовитые для клетки вещества, поступающие извне.

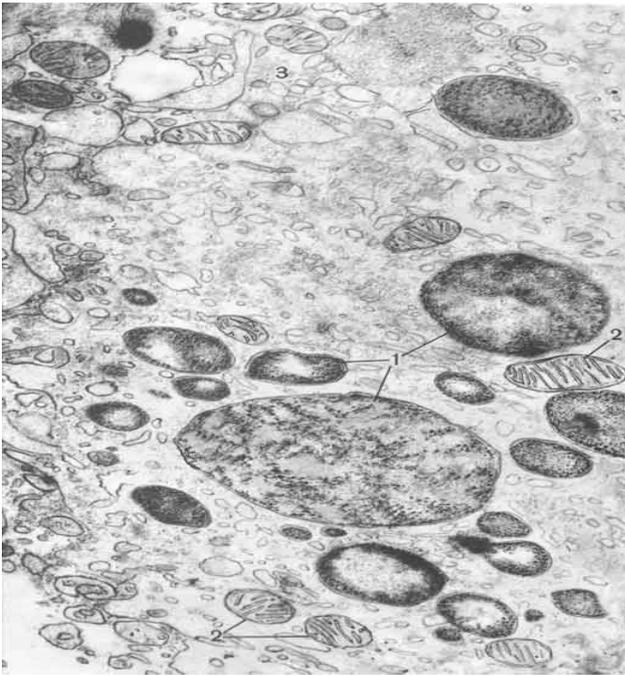


Рис. 40. Фотография цитоплазмы лейкоцита из лимфатического узла крысы:

(<http://www.dmytrenko.in.ua/Study/Hystology/Electronogrammi/Lizosomi.html>)
1 – лизосома, 2 – митохондрия

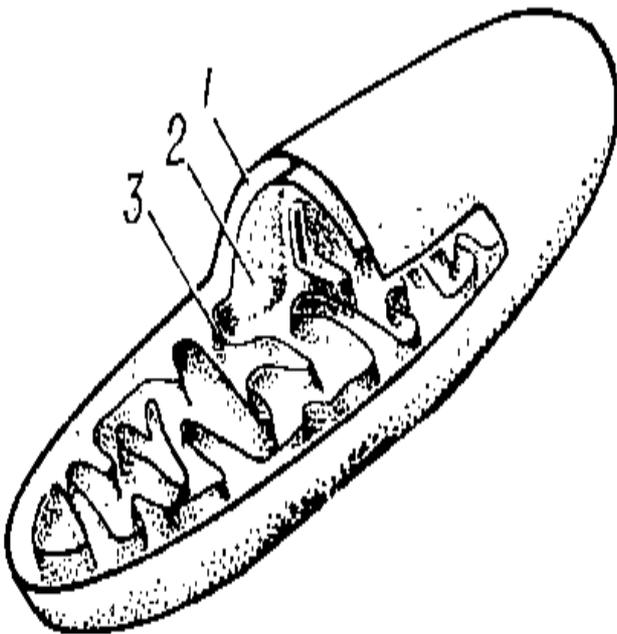


Рис. 41. Схема строения митохондрий: 1 – наружная мембрана, 2 – внутренняя мембрана, 3 – кристы

Лизосомы (Рис. 33 – 11, 40) – маленький, ограниченный одной мембраной мешочек диаметром 0,2-0,8 мкм, заполненный соком с пищеварительными ферментами, которых более сорока. Действуют эти ферменты подобно ферментам пищеварительной системы, они способны переваривать большинство сложных компонентов живой материи. Открыты в 1955 году в клетках печени крысы. Лизосомы принимают активное участие в расщеплении (лизисе) веществ, поступающих в клетку путем фагоцитоза и пиноцитоза. За счет ферментов лизосом в клетке могут перевариваться при отмирании отдельные клеточные структуры, а также и целые отмершие клетки. Ферменты лизосом способны переваривать и саму клетку, но от самопереваривания предохраняет мембрана, которая ограничивает эту органеллу от цитоплазмы.

Митохондрии (Рис. 33 В, 40 – 2, 41) состоят из двух мембран – наружной и внутренней, между которыми располагается межмембранное пространство. Внутренняя мембрана образует складки – кристы. Внутренний просвет митохондрий заполнен матриксом, здесь располагаются ферменты синтеза АТФ (аденозинтрифосфорная кислота – универсальный носитель энергии клетки), а также собственная ДНК и рибосомы. Наличие собственного генетического материала и рибосом подтверждает теорию симбиотического происхождения эукариот (см. выше: 3.3.1. Происхождение ядерных организмов). Основной функцией митохондрий является синтез АТФ, используемого в клетке в качестве основного источника химической энергии. Т.е. митохондрии – это «электростанции» клетки, производящие энергию.

Немембранные органоиды клетки (Рис. 37) имеют самое разнообразное строение, их можно разделить на две большие группы: рибосомы и цитоскелет, а также связанные с ним органоиды движения (реснички, жгутики) и размножения – клеточный центр.

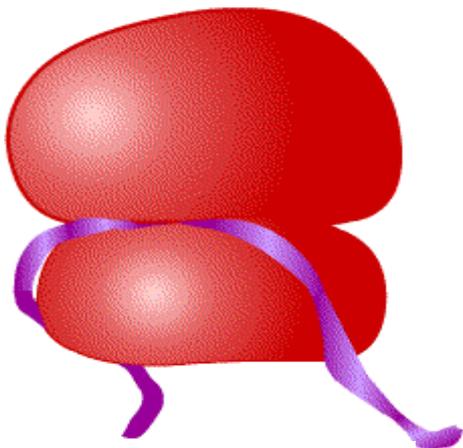


Рис. 42. Схема строения рибосомы эукариот

Рибосомы (Рис. 33 - 12) – важнейший органоид, состоящий из рибосомальной РНК и белков. Они имеют сферическую, округлую или слегка эллипсоидную форму, состоят из двух субъединиц: большой и малой (Рис. 42). Основная функция рибосом – биосинтез белка из аминокислот. Чаще рибосомы располагаются на мембранах ЭПС (Рис. 38), и тогда они синтезируют белки мембран и пищеварительные ферменты. Рибосомы, которые в некрепленной форме расположены в цитоплазме, обычно синтезируют белки для нужд клетки. Рибосомы образуются в ядрышке, где они неактивны.

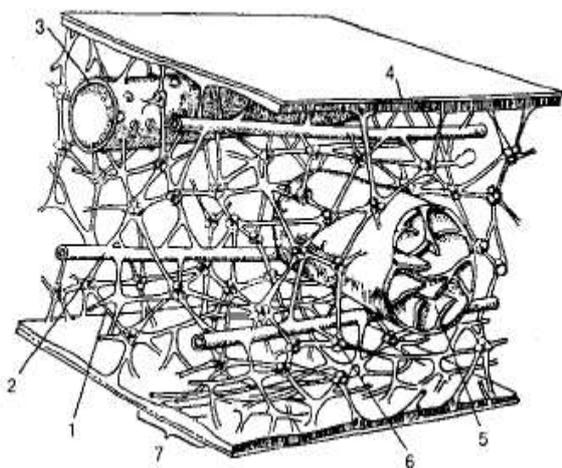


Рис. 43. Цитоскелет клетки:

- 1 – нити цитоскелета;
- 2 – микротрубочка; 3 – ЭПС;
- 4 – клеточная мембрана;
- 5 – митохондрия; 6 – рибосомы;
- 7 – микрофиламенты

Цитоскелет (Рис. 43) – опорно-двигательная система клетки. Цитоскелет представляет собой сложную трехмерную сеть белковых нитей, которая обеспечивает способность эукариотических клеток сохранять определенную форму, а также осуществлять направленные и координированные движения как самих клеток, так и отдельных органелл. Элементы цитоскелета тесно связаны с наружной цитоплазматической мембраной и ядерной оболочкой, образуют сложные переплетения в цитоплазме. Цитоскелетные компоненты представлены нитевидными, неветвящимися белковыми комплексами или филаментами (тонкими нитями). Существуют три системы филаментов, различающихся по химическому составу, ультраструктуре и функциональным свойствам. Самые тонкие нити – это **микрофиламенты**. К другой

группе нитчатых структур относятся **микротрубочки**, третья группа представлена **промежуточными филаментами**.

Функции цитоскелета: 1) способствует поддержанию формы клетки, 2) упорядочивает размещение всех структурных компонентов клетки, 3) осуществляет все типы клеточных движений, 4) принимает участие в регуляции активности клетки.

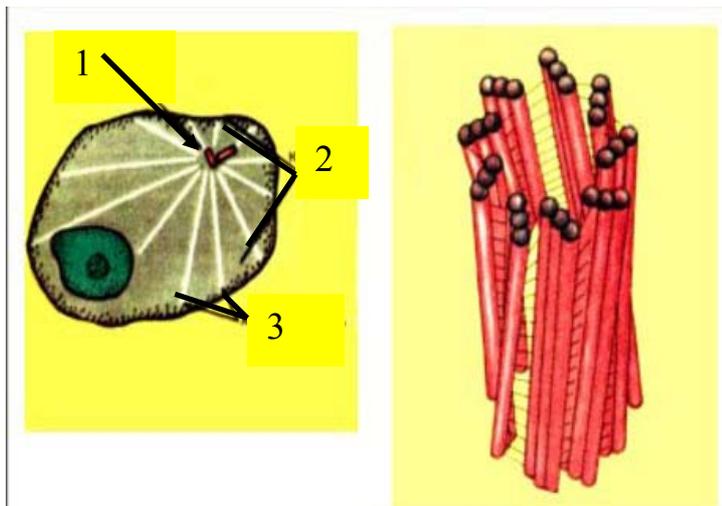


Рис. 44. Схема строения клеточного центра (справа) и centriоли (слева):

1 – центриоли; 2 – клеточный центр;
3 – микротрубочки

рующее хромосомы при расхождении их к полюсам. В дочерние клетки отходит по одной центриоли. Кроме того, центриоли входят в состав жгутиков и ресничек, которые движутся за их счет.

Органоиды движения – это производные цитоскелета, принимающие участие в движении клетки. Сюда относят, прежде всего, реснички и жгутики, они имеются не у всех, а лишь у некоторых типов клеток.

Реснички (Рис. 33 - 5). Представляют собой волосовидный вырост на поверхности клеточной мембраны, они обычно многочисленны и располагаются параллельными рядами, хотя встречаются и единичные реснички. Они участвуют в удалении частичек пыли (ресничный эпителий верхних дыхательных путей), передвижении (одноклеточные).

Жгутики длиннее ресничек, строение имеют сходное, т.к. у них общее происхождение. Совершают волнообразные или вращательные движения наподобие пропеллера. Служат для передвижения (одноклеточные организмы, сперматозоиды и пр.).

Псевдоподии (ложноножки) – амебоидные выступы цитоплазмы. Они образуются у клеток в разных местах и служат для передвижения (одноклеточные) или захвата пищи.

Включения – временные элементы, возникающие в клетке на определенной стадии ее жизнедеятельности в результате синтетической функции. Они либо используются, либо выводятся из клетки. Некоторые включения накапливаются в клетках как отбросы — в виде кристаллов, пигментов и др. Включениями являются также запасные питательные вещества: в растительных клетках—крахмал, капельки жира, белки, эфирные масла, многие органические кислоты, соли органических и неорганических кислот; в животных клетках – гликоген (в клетках печени и мышцах), капли жира (в подкожной жировой клетчатке). Ниже приведена общая схема включений эукариотических клеток, как растительных, так и животных (Рис. 45).

Клеточный центр (Рис. 44)

или centrosома состоит из двух центриолей, каждая из которых имеет цилиндрическую форму. Центриоли расположены перпендикулярно одна к другой и в неделящейся клетке находятся в бухточке ядра.

Клеточный центр играет важную роль при делении клетки. Центриоли в делящихся клетках принимают участие в формировании веретена деления и располагаются на его полюсах. В делящейся клетке первым делится клеточный центр, одновременно образуется веретено деления, ориентирующее хромосомы при расхождении их к полюсам.

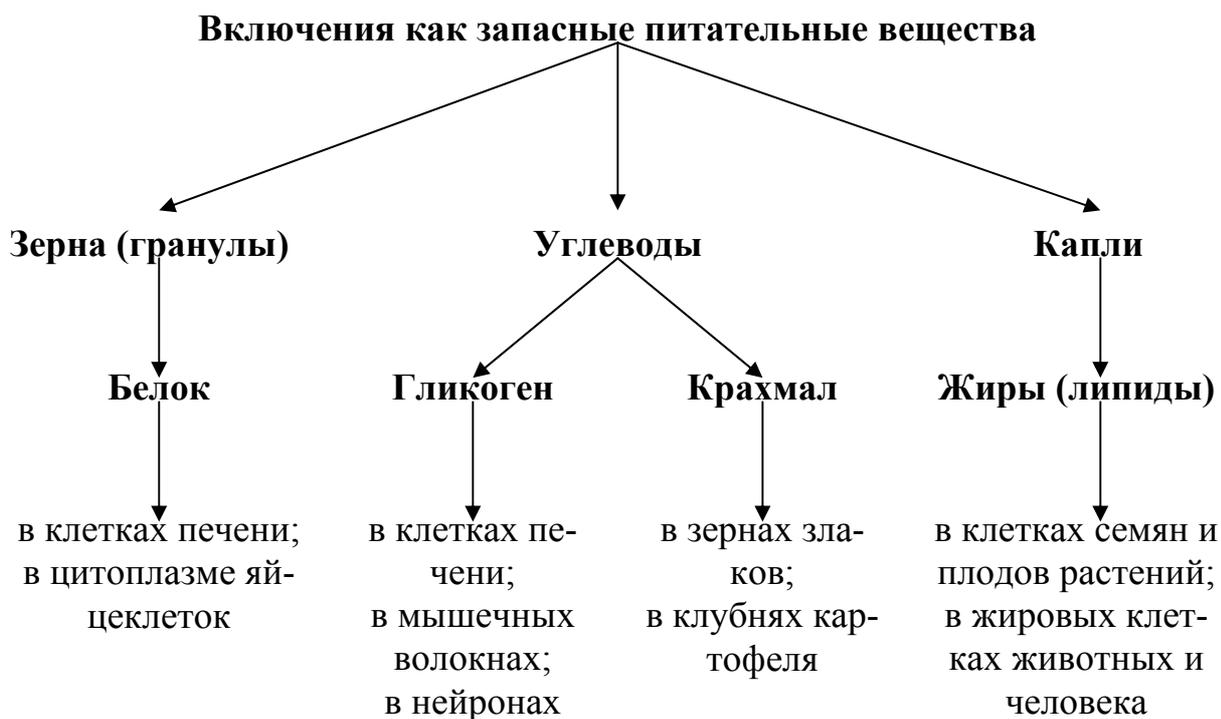


Рис. 45. Схема запасных питательных веществ в эукариотической клетке

Таким образом, животная клетка имеет строение, отражающее особенности ее функционирования и питания. Растения, в отличие от животных, способны синтезировать органические вещества из неорганических, используя энергию Солнца. Поэтому растительные клетки имеют органоиды, отсутствующие в животной клетке и определяющие жизненные процессы в растительной клетке.

Строение растительной клетки

Клетки растений имеют типичное строение, присущее всем эукариотам. При этом имеется **ряд особенностей в строении растительной клетки**, отличающих ее от животной:

1. Растительная клетка имеет клеточную стенку (оболочку) из целлюлозы, придающую растительной клетке форму и жесткость.
2. У растений в клетке имеются особые органоиды — пластиды. Наличие пластид связано с особенностями обмена веществ растений, их автотрофным типом питания.
3. В растительной клетке имеется множество вакуолей, ограниченных мембраной.
4. В растительной клетке отсутствуют центриоли (клеточный центр).

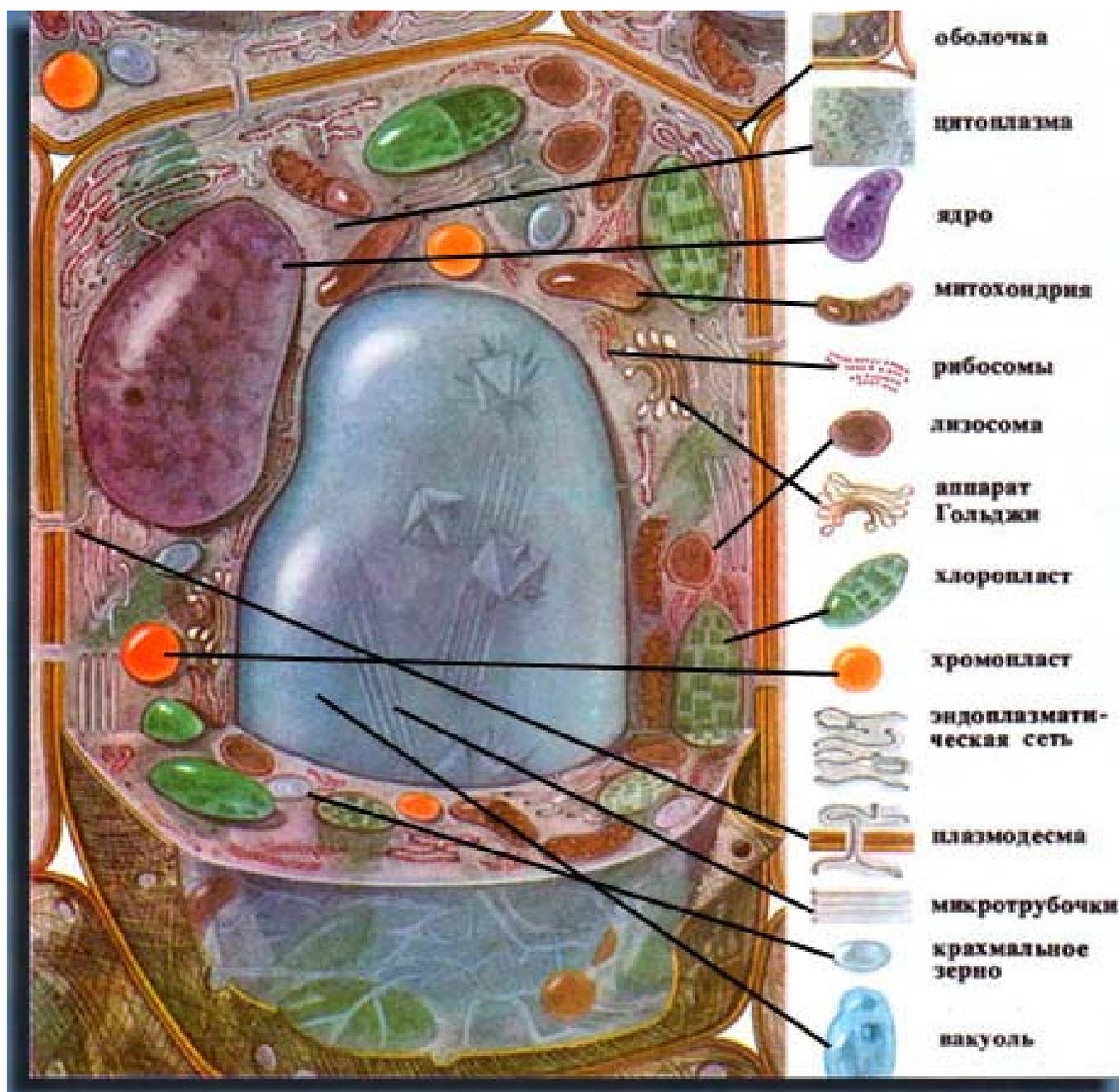


Рис. 46. Схема строения растительной клетки

Целлюлозная клеточная стенка (оболочка) (Рис. 46), которая находится за пределами цитоплазматической мембраны. Она образуется за счет работы ЭПС и комплекса Гольджи. Основу клеточной стенки составляет целлюлоза (клетчатка). Клетки, окруженные твердой оболочкой, могут воспринимать из окружающей среды необходимые им вещества только в растворенном состоянии. Поэтому растения питаются осмотически. Интенсивность же питания зависит от величины поверхности тела растения, соприкасающегося с окружающей средой. Поэтому у растений тело больше расчленено, чем у животных.

Основные функции клеточной стенки: 1) защитная – от механических и химических повреждений; 2) формообразующая – сохраняет форму клетки; 3) запасаящая – запасает углеводы в форме целлюлозы.

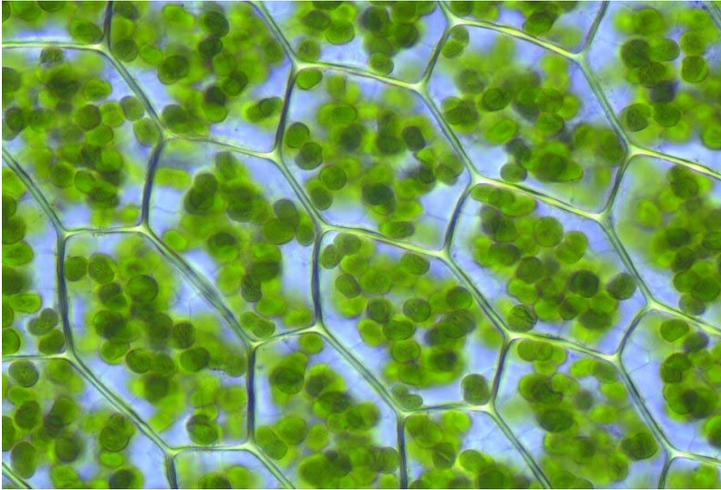


Рис. 47. Хлоропласты в клетках *Plagiomnium affine*

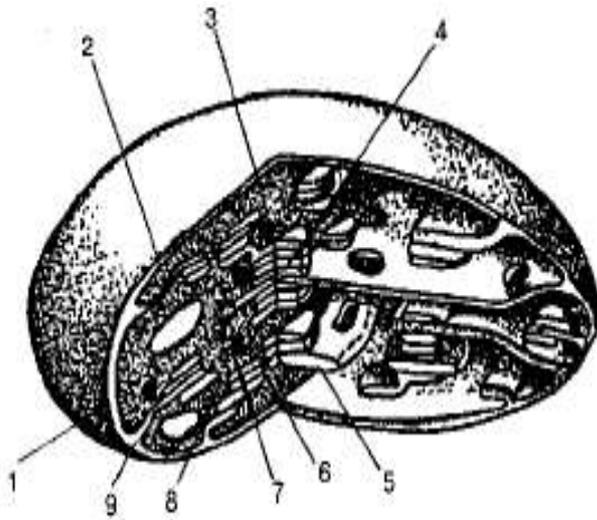


Рис. 48. Схема строения хлоропласта:
 1 – наружная мембрана; 2 – рибосомы;
 3 – включения в матриксе; 4 – граны;
 5 – тилакоиды; 6 – матрикс; 7 – ДНК;
 8 – внутренняя мембрана; 9 – межмембранное пространство

Пластиды (Рис. 46, 47) имеют разнообразную форму и размеры. Число пластид в клетке значительно варьирует: от одной до десятков и нескольких сотен. Обычно клетки высших растений содержат около 30 хлоропластов линзовидной формы размером 3 - 10 мкм. Располагаются они в пристенном слое цитоплазмы.

Строение хлоропластов одинаково для всех растений (Рис. 48). Подобно митохондриям, хлоропласты имеют наружную и внутреннюю мембраны, разделенные межмембранным пространством. Внутренняя мембрана заполнена бесцветным матриксом и образует специальные фотосинтезирующие структуры – плоские замкнутые мешочки (цистерны), ограниченные одной мембраной – тилакоиды. Эти цистерны (обычно от 5 до 30) уложены в специальные стопки – граны. Число гран варьирует от 20 до 200. Граны соединяются между собой в единую взаимосвязанную систему. Как и у митохондрий, в матриксе хлоропластов располагаются рибосомы и нуклеиновая кислота – ДНК и РНК.

Выделяют четыре вида пластид:

- 1. Хлоропласты** имеют зеленый цвет, обусловленный присутствием основного пигмента – хлорофилла. Хлоропласты содержат также вспомогательные пигменты оранжевого цвета. По форме хлоропласты – это овальные линзовидные тельца размером 5-10 X 2-4 мкм. В одной клетке листа может находиться 15-20 и более хлоропластов, а у некоторых водорослей – лишь 1-2 гигантских хлоропласта (хроматофора) различной формы. Хлоропласты осуществляют фотосинтез.
- 2. Хромoplastы** отличаются от других пластид своеобразной формой (дисковидной, зубчатой, серповидной, треугольной, ромбической и др.) и ок-

раской (оранжевые, желтые, красные). Хромопласты лишены хлорофилла и поэтому не способны к фотосинтезу. Внутренняя мембранная структура их слабо выражена. Хромопласты присутствуют в клетках лепестков многих растений (лютиков, калужниц, нарциссов, одуванчиков и др.), зрелых плодов (томаты, рябина, ландыш, шиповник) и корнеплодов (морковь, свекла), а также листьев в осеннюю пору.

- 3. Лейкопласты** – мелкие бесцветные пластиды различной формы. Они бывают шаровидными, эллипсоидными, гантелевидными, чашевидными и т. д. По сравнению с хлоропластами у них слабо развита внутренняя мембранная система. Лейкопласты в основном встречаются в клетках органов, скрытых от солнечного света (корней, корневищ, клубней, семян). Они осуществляют вторичный синтез и накопление запасных питательных веществ – крахмала, реже жиров и белков.

Вышеперечисленные пластиды генетически родственны друг другу, и одни их виды могут превращаться в другие, что говорит о их тесной взаимосвязи: **лейкопласты → хлоропласты → хромопласты.**

- 4. Хроматофоры** встречаются только у водорослей и характеризуются более крупными размерами и разнообразной формой. Также содержат хлорофилл и участвуют в фотосинтезе.

Вакуоли (Рис. 46) – ограниченный мембраной пузырек, заполненный водянистым содержимым – клеточным соком (концентрированный раствор органических кислот, сахаров и различных метаболитов). Мембрана, ограничивающая вакуоль называется **тонопластом**. Вакуоли – производные эндоплазматической сети и аппарата Гольджи. В молодых делящихся растительных клетках вакуоли представляют систему канальцев и пузырьков, по мере роста клеток они увеличиваются, а затем сливаются в одну большую центральную вакуоль. Она занимает от 70 до 90% объема клетки, в то время как остальная цитоплазма располагается в виде тонкого пристенного слоя. В основном увеличение размеров клетки происходит за счет роста вакуоли.

Содержимое вакуоли – клеточный сок представляет собой слабокислый (рН 2-5) водный раствор различных органических и неорганических веществ. По химическому составу и консистенции клеточный сок существенно отличается от цитоплазмы. Эти различия связаны с избирательной проницаемостью тонопласта, выполняющего барьерную функцию.

Функции вакуолей: 1) формирование внутренней водной среды клетки и с их помощью осуществление регуляции водно-солевого обмена; 2) поддержание тургорного гидростатического давления внутриклеточной жидкости в клетке; 3) накопление запасных веществ и «захоронение» отходов, т.е. конечных продуктов метаболизма клетки.

Иногда вакуоли разрушают токсичные или ненужные клетке вещества. Обычно это выполняется специальными небольшими вакуолями, содержащими соответствующие ферменты. Такие вакуоли получили название лизосомных.

Организация генетического аппарата эукариот

Важнейшая роль в передаче информации по наследству принадлежит ядру клетки, а точнее, расположенным в нем носителям генетической информации – хромосомам.

Хромосомы (греч. «хрома» – цвет, «сома» – тело) – органоиды клеточного ядра, совокупность которых определяет основные наследственные свойства клеток и организмов.

Первоначально хромосомы были описаны как интенсивно окрашивающиеся основными красителями плотные тельца, расположенные в ядре (учёный В. Вальдейер, 1888) (Рис. 49).

Однако оказалось, что внешний вид хромосомы существенно меняется на разных стадиях клеточного цикла, и как компактные образования с характерным строением хромосомы четко различимы в световом микроскопе лишь во время деления клетки – митоза, во время стадии метафазы (Рис. 50). Такие хромосомы называются **метафазными**. Когда клетка не делится, хромосомы имеют вид тонких, темноокрашенных нитей, называемых **хроматином**, выявляемых под световым микроскопом в виде тонких нитей и гранул.

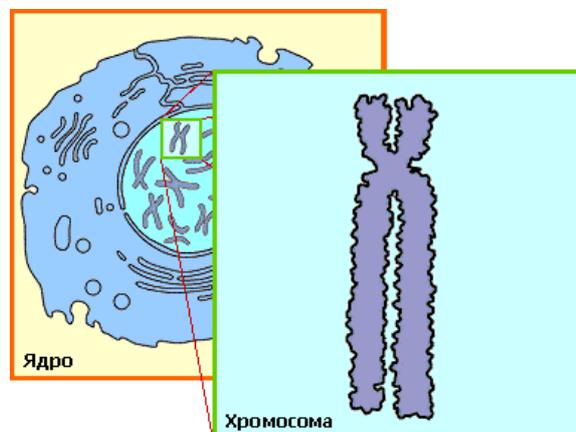


Рис. 49. Хромосомы – окрашивающиеся тельца в ядре клетки

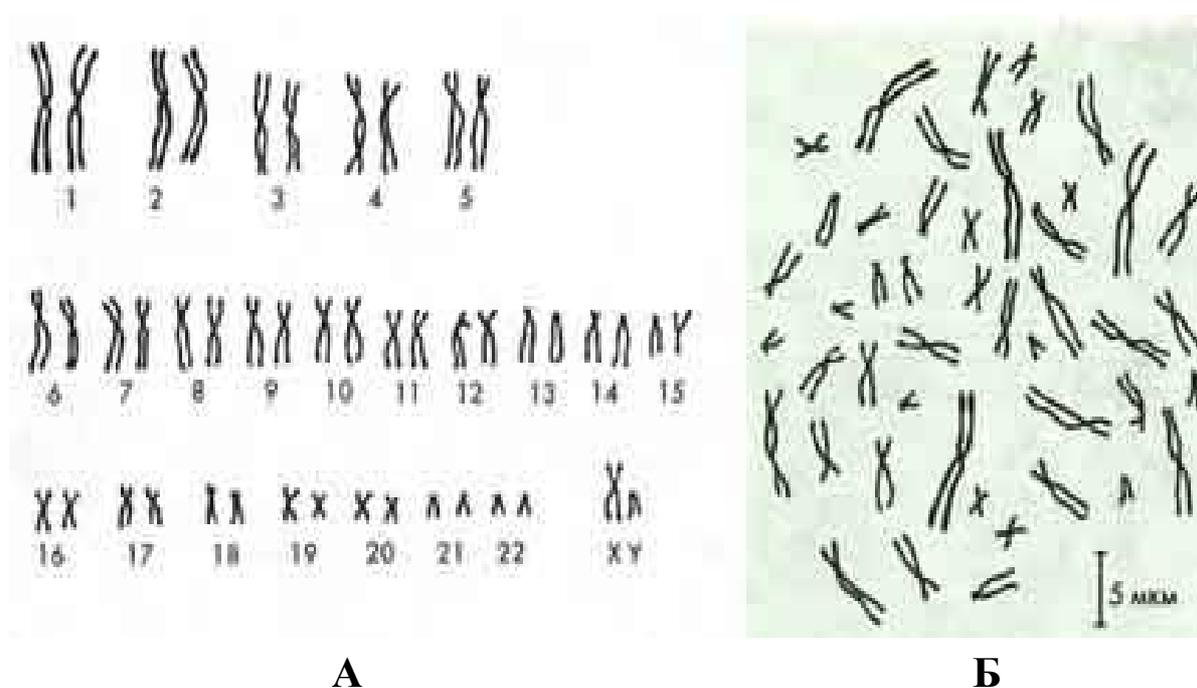
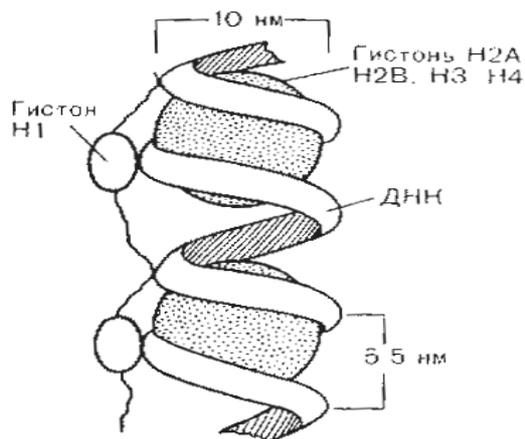
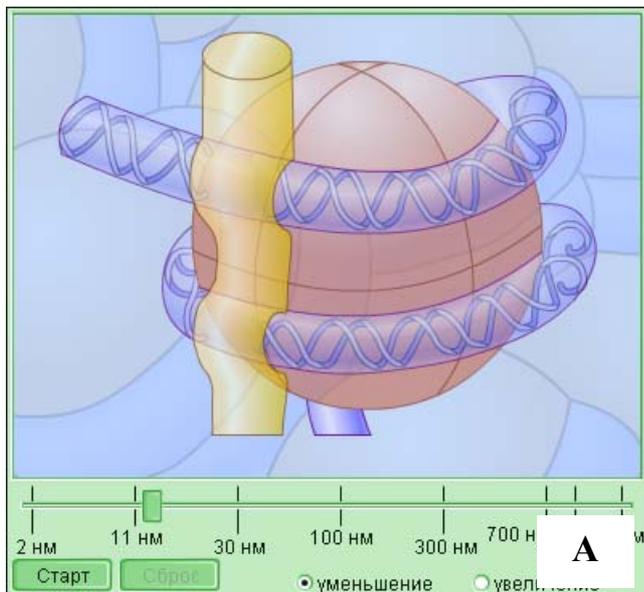


Рис. 50. Метафазная пластинка (Б) и идиограмма (А) кариотипа человека (мужчины)

По химическому составу хромосомы состоят из ДНК и белков. ДНК состоит из генов – основных единиц наследственности. Ген – участок ДНК, в котором закодирована информация об одной цепи белка. Одна хромосома может содержать до нескольких сотен и даже тысяч генов.

Белки в хромосоме бывают двух типов – **гистоны** (основные белки, окрашивающиеся красителями в синий цвет) подавляют активность ДНК, и **протамины** (кислые белки, окрашиваются красителями в розовый цвет) выполняют роль активаторов ДНК.



Б

Рис. 51. Химическое строение хромосомы: А – строение нуклеосомы; Б – химическое строение хромосомы в целом

Структурной единицей хроматина является **нуклеосома** – «шар» из восьми молекул белков-гистонов, вокруг которого ДНК делает два оборота (**Рис. 51А**). Нуклеосомы связаны друг с другом и образуют структуры, в которых ДНК уложена еще более компактно (**Рис. 51Б**).

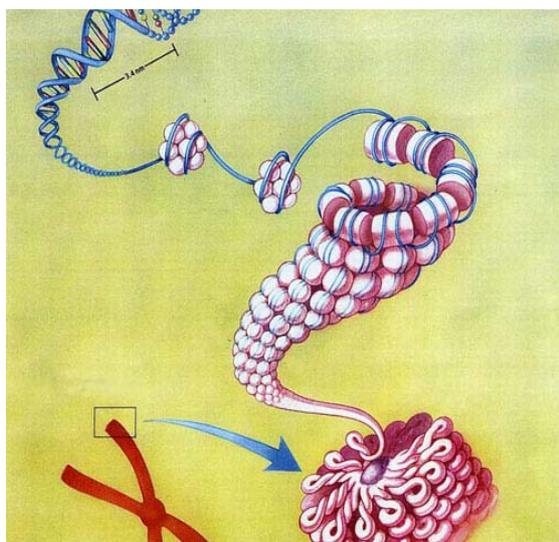


Рис. 52. Схема спирализации ДНК в хромосому

Для четкой передачи информации между дочерними клетками хроматиновые нити при формировании хромосом претерпевают ряд этапов компактизации (более плотной упаковки) или спирализации (**Рис. 52**). Из нуклеосом формируются участки хромосомы с «петельной» организацией. «Петельные» нити укладываются в пространственную спираль. Из таких максимально конденсированных комплексов ДНК с белками формируются собственно хромосомы.

Первая молекулярная модель хромосомы была предложена в 1928 Н.К. Кольцовым.

Морфологическое или внешнее строение хромосомы – это ее строение в световой микроскоп. В длину хромосома может достигать нескольких сантиметров. Например, хромосома человека в растянутом виде составляет пять сантиметров.

Хромосомы хорошо видны при делении клетки. Мы видим хромосомы в форме буквы «X» потому, что перед делением каждая хромосома удваивается и состоит из двух **хроматид** или **хромонем**, соединенных в области первичной перетяжки или **центромеры** (Рис. 53А).

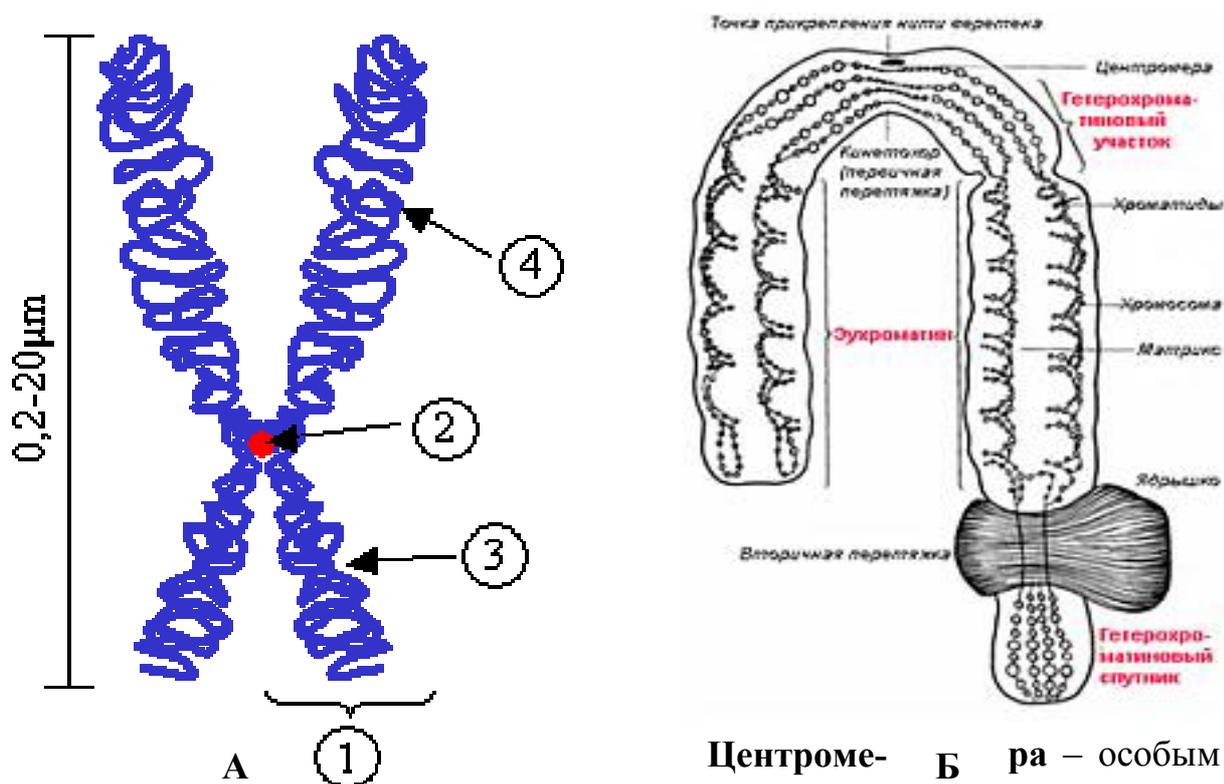


Рис. 53. Морфологическое строение хромосомы.

А – строение хромосомы: 1 – хроматида, 2 – первичная перетяжка – центромера, 3 – плечо хромосомы, 4 –теломеры; **Б – строение хроматиды**

разом организованный участок хромосомы, общий для обеих сестринских хроматид. Центромера делит тело хромосомы на два плеча. В некоторых хромосомах присутствует **вторичная перетяжка** или **ядрышковый организатор** (Рис. 53Б), который называется так потому, что здесь располагается ядрышко. Матрикс хромосомы представлен белками.

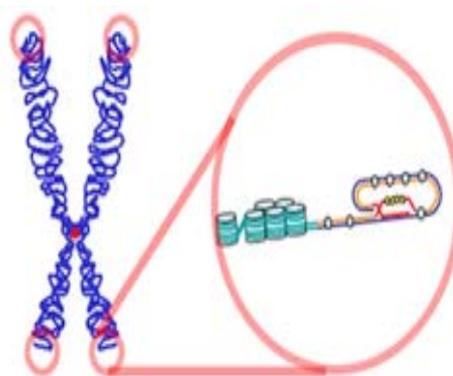


Рис.54. Схема расположения теломер на хромосоме

мосомы, хроматид. на два плеча может тяжка (Рис. 53Б), что приводит к образованию Конце-

вые части хромосомы называются **теломерами**. Теломерные участки хромосом характеризуются отсутствием способности к соединению с другими хромосомами или их фрагментами и выполняют защитную функцию (**Рис. 54**). Термин «теломера» предложил Г. Мёллер в 1932 г.

В 1931 г. Г.А. Левитский предложил классификацию хромосом, в основу которой положены различия в длине хромосом и положения первичной перетяжки – центромеры (**Рис. 55**).

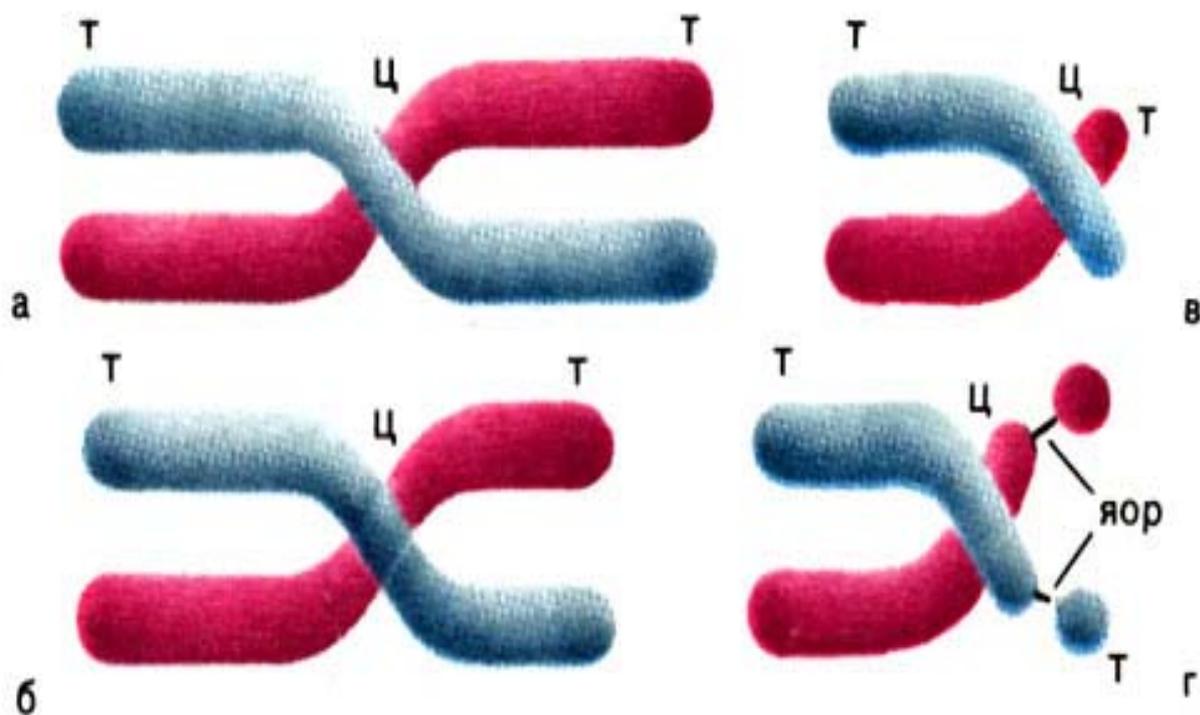


Рис. 55. Классификация хромосом по Г.А. Левитскому (1931):
 а – равноплечие (метацентрические), б – слабо неравноплечие (субметацентрические), в – сильно неравноплечие (acroцентрические), г – палочковидные (телоцентрические); т – теломеры, ц – центриоли, ядр – вторичная перетяжка (ядрышковый организатор)

В зависимости от положения центромеры и от соотношения плеч хромосомы выделяют четыре типа хромосом:

- 1) **метацентрические** – равноплечие, когда плечи равны по величине;
- 2) **субметацентрические** – слабо неравноплечие, когда одно плечо немного меньше другого;
- 3) **acroцентрические** – сильно неравноплечие, когда одно плечо сильно меньше другого;
- 4) **телоцентрические** – палочковидные, когда перетяжка расположена практически на конце хромосомы. Хотя, в последнее время большинство ученых считают, что телоцентрических хромосом нет, а палочковидные хромосомы есть не что иное, как отдельные, оторвавшиеся в результате мутации участки хромосом.

При завершении деления клетки хромосомы, разошедшиеся к её полюсам, разрыхляются и окружаются ядерной мембраной. В период между двумя

делениями клетки (эта стадия клеточного цикла называется интерфазой) хромосомы деспирализуются (раскручиваются) и становятся малодоступными для наблюдения в световой микроскоп. Изменения внешнего вида хромосомы в клеточном цикле обусловлены особенностями функционирования клетки.

В многоклеточном организме все клетки можно разделить на две большие группы: половые клетки, которые предназначены для размножения и соматические клетки – это все остальные клетки тела (**Рис. 56**):

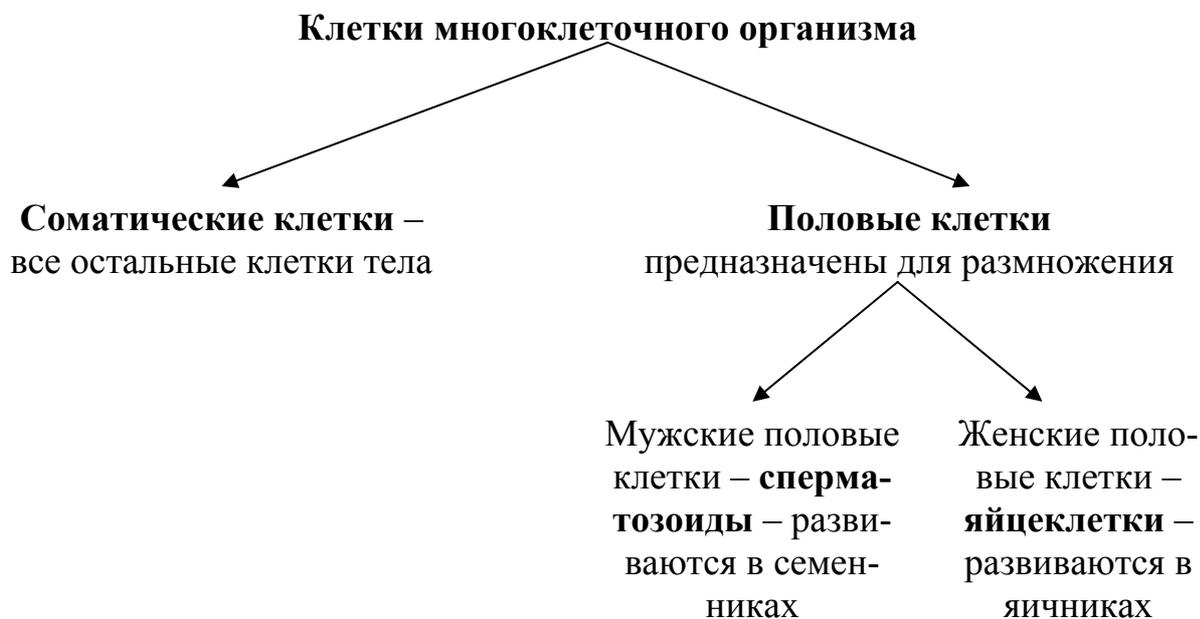
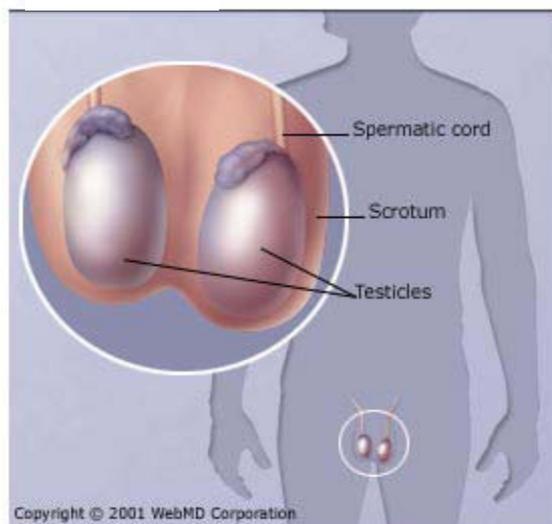
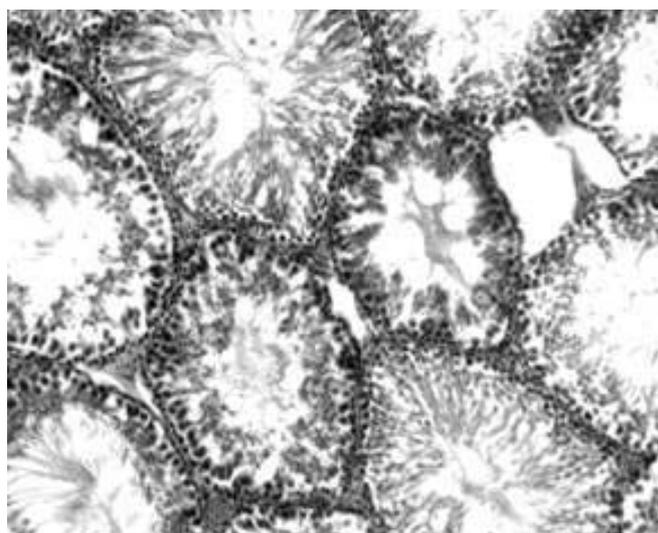


Рис. 56. Типы клеток в многоклеточном организме



А



Б

Рис. 57. Семенники человека: А – местоположение семенников у мужчины; Б – гистологический срез семенника (гематоксилин-эозин, увел. X 200)

Половые клетки бывают двух типов: мужские половые клетки – **сперматозоиды**. Они проходят процесс размножения и развития – сперматогенез – в мужских половых железах – **семенниках (Рис. 57)**. Женские половые клетки называются **яйцеклетками**. Они развиваются в женских половых железах – **яичниках (Рис. 58)**.

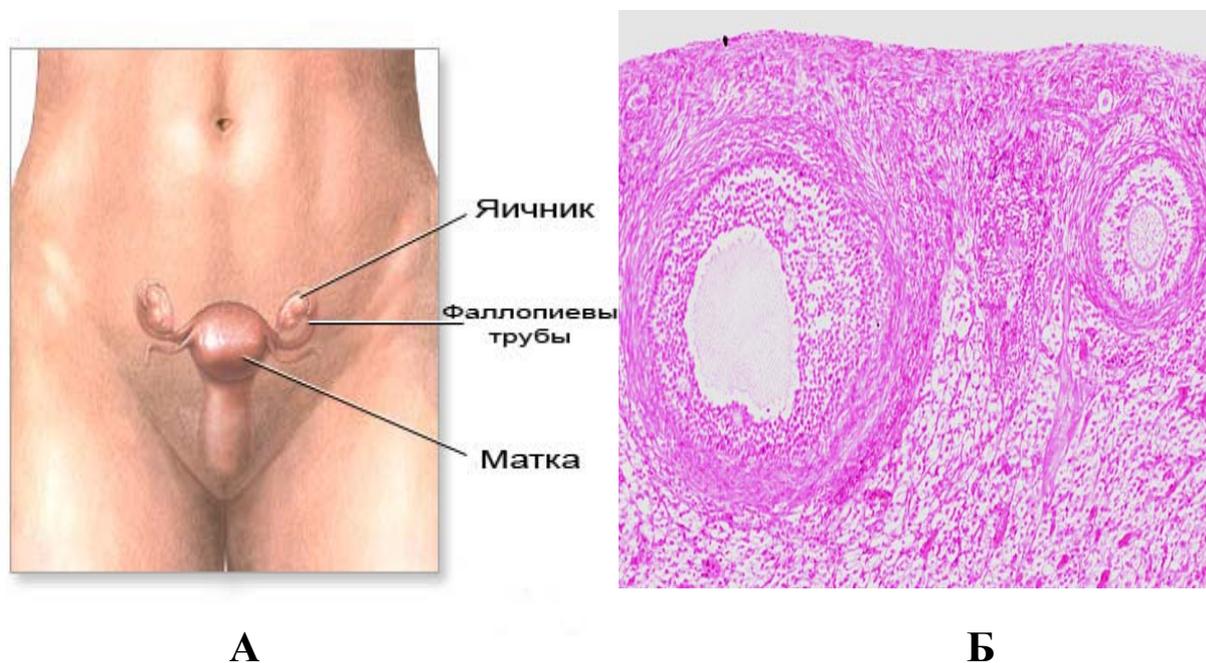


Рис. 58. Яичники человека: А – местоположение яичников у женщины; Б – гистологический срез яичника (гематоксилин-эозин, увел. X 200)

В соматических клетках все хромосомы можно разделить по парам (**Рис. 50**). Такие пары называют гомологичными хромосомами, т.е. хромосомы, имеющие одинаковый размер, форму и положение первичной перетяжки называют **гомологичными**. Парный или двойной набор хромосом в соматических клетках называют **диплоидным**. Набор хромосом в соматических клетках называется **кариотипом**.

В половых клетках (семенниках и яйцеклетках) число хромосом в два раза меньше, потому что в процессе оплодотворения в **зиготе** (оплодотворенной яйцеклетке) восстанавливается нормальный диплоидный набор хромосом, характерный для данного вида. Поэтому половые клетки имеют **одинарный или гаплоидный набор хромосом**. Набор хромосом в половых клетках называется **геномом**.

Оплодотворение – это процесс слияния яйцеклетки и сперматозоида с образованием зиготы. У млекопитающих оплодотворение происходит в верхней трети фаллопиевой трубы (яйцевода) (**Рис. 58А**). При этом восстанавливается нормальный, характерный для вида диплоидный набор хромосом и возникает изменчивость в результате слияния геномов двух родителей – отца и матери.

Число хромосом, их размеры и форма характерны для каждого вида. У человека в кариотип входит 46 хромосом. Обычно для изучения кариотипа че-

ловека используют клетки крови – лейкоциты. Их в лаборатории стимулируют к делению, затем в процессе деления разрушают клеточную мембрану. Получившиеся хромосомы фотографируют под микроскопом. Затем их вырезают из фотографии и раскладывают попарно. При этом получают графическое изображение кариотипа или **идиограмму (Рис. 59)**.



Рис. 59. Кариотип человека. Слева – женщины, справа – мужчины. Вверху – фотографии хромосом, внизу – идиограмма. В идиограмме хромосомы расположены попарно в порядке убывающей величины. Особо выделены половые хромосомы у женщин – XX, у мужчин - XY

В кариотипе все хромосомы можно разделить на две группы: **половые хромосомы**, которые определяют пол – это X и Y, и все остальные хромосомы, которые называются **аутосомы**.

В соматических клетках женщин кариотип представлен 22 парами аутосом и одной парой половых хромосом XX. В соматических клетках мужчины кариотип состоит из 22 пар аутосом и половых хромосом XY.

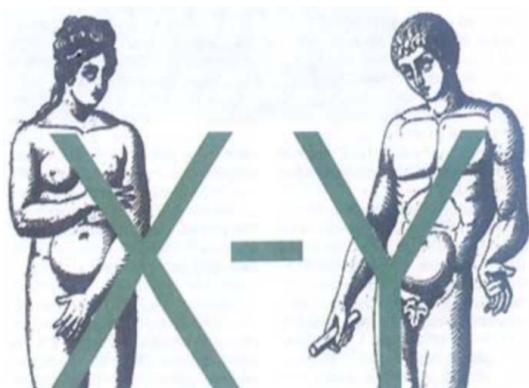


Рис. 60. Половые хромосомы и формирование пола у человека

Половые клетки имеют гаплоидный набор хромосом. Женщины имеют один сорт яйцеклеток, которые содержат 22 аутосомы и одну половую хромосому – X. Мужчины имеют два сорта сперматозоидов: одна половина сперматозоидов имеет 22 аутосомы и одну X-хромосому, другая половина – 22 аутосомы и одну Y-хромосому (Рис. 60).

При оплодотворении после проникновения в яйцеклетку сперматозоида с Y-хромосомой образуется зигота (XY), из которой развивается мальчик. Если

проникнет сперматозоид с X-хромосомой, то из такой зиготы (XX) развивается девочка. Хромосомы X и Y задают начало всей цепи событий, которые приведут к появлению признаков определенного пола. **Пол человека контролируется генетически половыми X и Y-хромосомами. Пол ребенка у человека определяет отец.**

3.3.5. Размножение эукариотических организмов

В основе классификации форм размножения эукариот лежит тип исходных клеток.

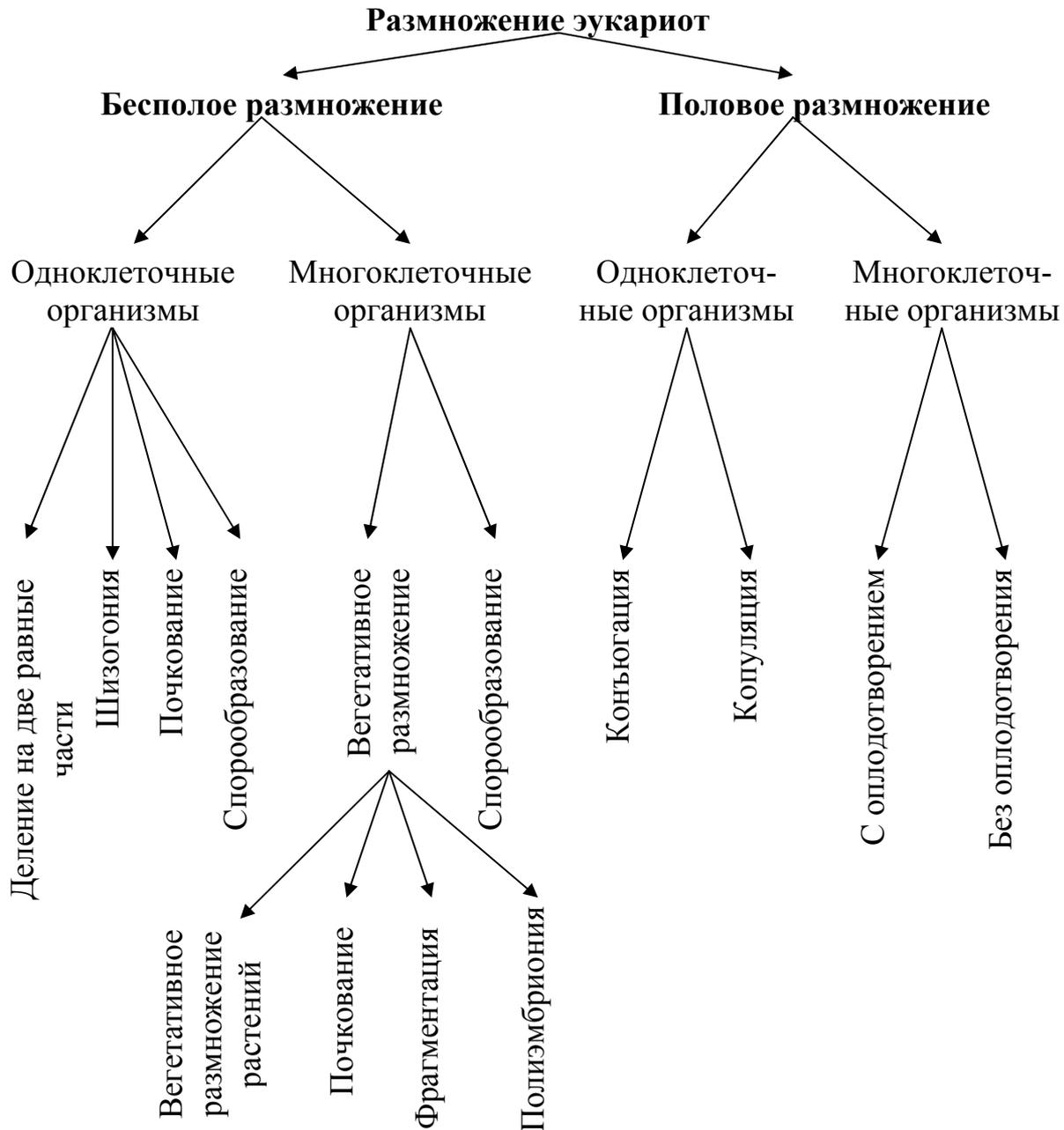


Рис. 61. Формы размножения эукариотических организмов

При **бесполом размножении** (участвует одна особь) организм производит потомство из соматических клеток, передавая дочерним организмам только собственные наследственные признаки в неизменяемом генетическом материале. Происходит простое копирование. Группа таких организмов, происходящих

от одной особи называется **клоном**. При **половом размножении** (участвуют две особи) между специализированными половыми клетками происходит обязательный обмен генетическим материалом. В этом случае дочерний организм получает генетический материал от разных исходных особей. Всем видам эукариот свойственны оба вида размножения (**Рис. 61**).

У **одноклеточных организмов** простое **бинарное деление** осуществляется путем митотического деления клетки. При этом дочерние клетки получают такой же наследственный материал, как и у материнской особи (митоз: см. ниже). Бинарное деление характерно для амёб и инфузорий.

Почкование у одноклеточных. У некоторых одноклеточных (например, у жгутиконосцев) встречается размножение путем почкования. В этом случае параллельно с митотическим делением ядра в материнской клетке формируется небольшое выпячивание цитоплазмы, куда перемещается одно из дочерних ядер. Затем этот фрагмент отпочковывается, и образуется мелкая дочерняя особь. Некоторое время она растет и развивается, достигая затем размеров материнского организма. Почкование встречается также у дрожжей и ряда представителей простейших.

Особую форму бесполого размножения одноклеточных организмов представляет множественное деление, или **шизогония**.

Шизогония, или множественное деление – форма размножения, развившаяся из предыдущей. При шизогонии происходит многократное деление ядра сначала без деления цитоплазмы, а затем и вся цитоплазма распределяется на частички, обособляющиеся вокруг ядра. Из одной клетки образуется много дочерних. Шизогония возникла у паразитических простейших в связи с необходимостью быстро восстанавливать численность из нескольких попавших в организм хозяина клеток. Например, так размножается в организме человека возбудитель малярии – малярийный плазмодий. Переносчиком этого паразита является комар.

Спорообразование встречается у животных, относящихся к типу простейших классу споровиков, а также у одноклеточных водорослей. Спора – одна из стадий жизненного цикла, служащая для размножения. Она состоит из клетки, покрытой толстой оболочкой, защищающей клетку от неблагоприятных условий внешней среды.

К основным способам **бесполого размножения у многоклеточных организмов** относятся вегетативное размножение и спорообразование.

Вегетативное размножение растений осуществляется путем отделения разных частей растения и развития из них целого организма. У большинства растений вегетативное размножение происходит за счет частей вегетативных органов или специально предназначенных для этих целей структур (корневищ, клубней, луковиц и др.)

Почкование у многоклеточных – способ вегетативного размножения у животных. Например, у пресноводной гидры или губки размножение происходит за счет группы клеток, на теле образуются выпячивание – почка, которая постепенно увеличивается, на ней формируются щупальца, а затем она отделяется от материнской особи (**Рис. 62**).

Различают простое (с образованием 1 почки) и множественное почкование (с одновременным образованием многих почек). Простое почкование является видоизменением деления надвое. Чаще всего почкование носит характер наружного, заключааясь в вырастании дочерней особи почти на поверхности материнского организма. Почкование может иметь место либо на любой точке тела организма, либо лишь на некоторых вполне определенных местах его. Такова, например, зона почкования, опоясывающая тело гидры. Недоведенное до конца почкование приводит к образованию колоний, например, у губок и полипов.

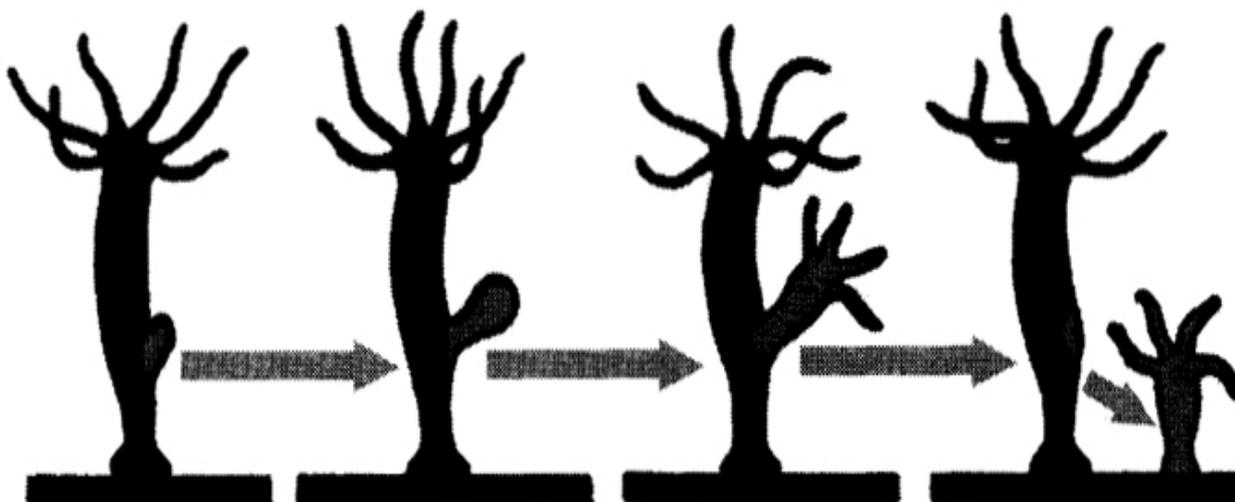


Рис. 62. Почкование пресноводной гидры

Фрагментация – разделение особи на две или несколько частей, каждая из которых вырастает в новый организм. Например, ресничные и кольчатые черви делятся перетяжками на несколько частей, в каждой из которых достраиваются недостающие органы.

Полиэмбриония – деление зародыша на части, развивающиеся в самостоятельные организмы. Примером такого размножения у человека служит рождение однояйцевых близнецов. Они развиваются из одной зиготы. Сначала зигота делится на 2-5 частей – и из каждой такой части развивается ребенок. При этом дети будут генетически идентичны (Рис. 63).



Рис. 63. Однояйцевые близнецы – двойняшки у человека

Спорообразование многоклеточных организмов – это размножение при помощи спор. Встречается у некоторых растений: водорослей, мхов, папоротникообразных, голосеменных, грибов, лишайников и у некоторых цветковых растений. Споры у них образуются в специальных органах – спорангиях.

Половое размножение заключается в наличии полового процесса, при котором происходит обмен генетической информацией между размножающимися организмами. При этом появляются особи с разными вариантами наследственной информации, вследствие чего степень их адаптации к резко меняющимся условиям окружающей среды увеличивается.

Разнообразные формы **полового процесса у одноклеточных организмов** можно объединить в две группы:

1. конъюгацию, при которой специальные половые клетки (половые особи) не образуются;
2. копуляцию, когда формируются половые элементы и происходит их парное слияние.

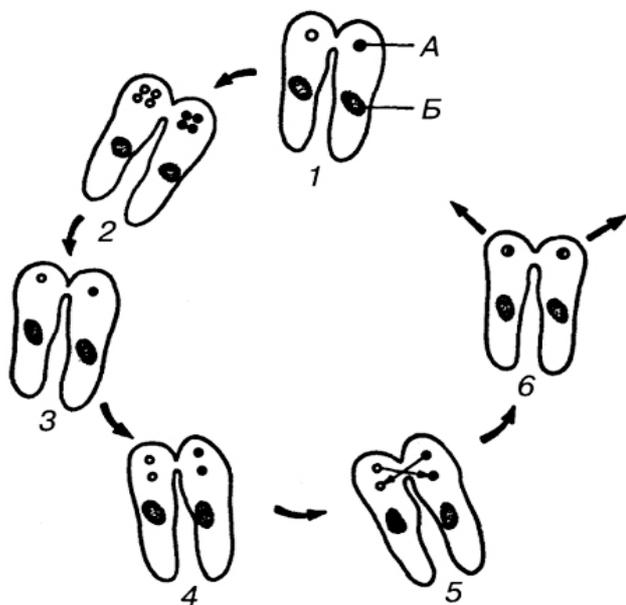


Рис. 64. Конъюгация инфузорий. А – половое ядро; Б – соматическое ядро. 1 – каждая из клеток имеет по одному диплоидному половому ядру; 2 – деление приводит к образованию четырех половых ядер у каждого партнера; 3 – 3 из 4 половых ядер разрушаются; 4 – оставшееся половое ядро делится на два путем митоза; 5 – происходит обмен половыми ядрами; 6 – гаплоидные половые ядра сливаются в диплоидные

При **конъюгации одноклеточных организмов** функцию половых клеток выполняют половые ядра. Такой процесс встречается у инфузорий. При этом две инфузории сближаются, между ними образуется цитоплазматический мостик, по которому происходит обмен специальными половыми ядрами – микро-нуклеусами. После обмена ядрами клетки расходятся, число особей при этом не увеличивается, однако разнообразие генетической информации возрастает, т.е. обмен генетической информацией происходит (**Рис. 64**).

При **копуляции одноклеточных организмов** в половые клетки, или гаметы превращается вся клетка. При этом гаметы приобретают половые различия и полностью сливаются с образованием гаметы. При копуляции происходит объединение генетической информации, содержащейся в половых клетках родителей. При этом у потомков увеличивается разнообразие генетического материала, что приводит к увеличению изменчивости и создает благоприятные условия для естественного отбора. На первом этапе полового размножения гаметы еще не имеют морфологических различий. Размножение такими половыми клетками называется **изогамия**, она встречается у раковинных корненожек и жгутиконосцев. Если гаметы дифференцируются на крупные и мелкие клетки, такой способ размножения называется **анизогамия**. Он характерен для колониальных жгутиконосцев, и встречается, например, у вольвокса.

Половой процесс многоклеточных организмов может происходить с оплодотворением или без него. Развитие без оплодотворения называется **партеногенез** (греч. «partheos» – девственница, «genesis» – рождение). Хотя партеногенетическое размножение не предусматривает слияния мужских и женских гамет, партеногенез все равно считается половым размножением, так как организм развивается из половой клетки (**Рис. 65**). Такая форма размножения встречается у членистоногих (коловратки, дафнии, тихоходки, тля, некоторые виды муравьев, пчелы, тутовый шелкопряд). У позвоночных встречается редко, отмечен у 70 видов: некоторые виды ящериц (гекконы, комодские вараны), некоторые виды рыб, земноводных, птиц (некоторые породы индеек). Среди млекопитающих случаи естественного однополого размножения неизвестны.

ПАРТЕНОГЕНЕЗ

Нормальное оплодотворение



Как это происходит

В яйцеклетке, готовой к оплодотворению, содержится половинный набор хромосом. Созревшая для оплодотворения яйцеклетка делится на две половинки. Затем, объединившись, яйцеклетка с полным набором хромосом начинает дробиться. Образуется эмбрион

Партеногенез



Неожиданный случай

В 2001 г. в зоопарке Henry Doorly в штате Небраска (США) малоголовая рыба-молот произвела на свет детеныша после длительного пребывания в резервуаре с водой, где не было самцов. Результат ДНК-анализа показал, что в клетках детеныша не было никакого генетического материала, кроме материнского



У многих перепончатокрылых насекомых, например, у пчел, из неоплодотворенных яиц развиваются самцы (трутни), из оплодотворенных – женские особи (матки и рабочие пчелы)



У коловраток, представителей класса Bdelloidea (Digononta), самцы вовсе отсутствуют. Размножение идет только путем партеногенеза



У позвоночных партеногенез встречается крайне редко. Исключение – несколько видов ящериц. Описаны случаи партеногенеза и у двух видов варанов, в том числе и у самой крупной из ныне живущих ящериц – комодского варана



У млекопитающих (мышей) удалось получить потомство с помощью искусственного партеногенеза, который провели ученые из Токийского сельскохозяйственного университета в 2004 г.

Рис. 65. Партеногенетическое размножение организмов

Половое размножение многоклеточных организмов с оплодотворением осуществляется с помощью специализированных клеток – **гамет**, поэтому называется **гаметогония**.

Большинство организмов, размножающихся половым путем раздельно-полю, т.е. мужские и женские половые железы несут разные особи. Лишь у сравнительно примитивных групп (кишечнополостные, плоские и кольчатые черви, моллюски, ракообразные), ведущих малоподвижный или паразитический образ жизни наблюдается **гермафродитизм**, при котором один организм имеет мужские и женские половые органы.

Гермафродитизм у животных бывает **естественный**, свойственный определенным группам животных и **аномальный**, встречающийся у животных, нормально раздельнополюх. Аномальный (патологический) гермафродитизм наблюдается во всех группах животного мира, в том числе у высших позвоночных животных и человека.

Гермафродитизм у человека – врождённый порок развития, характеризующийся наличием мужских и женских признаков одновременно. Причины развития такой патологии изучены весьма слабо. Попробуем выяснить возможные источники происхождения подобной аномалии.

Выделяют несколько уровней определения пола у человека:

1. **Хромосомное определение** – связано с наличием Y-хромосомы, необходимой для формирования мужского пола плода. Если Y-хромосома отсутствует, формируется женский пол.
2. **Антигенное определение** – дальнейшее развитие пола находится под контролем H-Y-антигена, контролируемого Y-хромосомой. Как только начинает образовываться этот антиген, начинается дифференциация первичных гонад (до тех пор одинаковых) у зародышей мужского и женского пола. Поэтому, если по каким-то причинам H-Y-антиген не формируется (либо он образуется, но клетки оказываются нечувствительными к антигену), идёт развитие по женскому типу.

Вместе с тем и Y-хромосома, и H-Y-антиген определяют лишь генетическую детерминацию пола, но не формирование наружных половых органов.

3. **Гормональное определение** – далее дифференцировка мужских гениталий происходит под влиянием тестостерона, вырабатываемого яичками плода. Яички также вырабатывают вещества, тормозящие развитие женских половых органов.

Сбой на любом этапе – хромосомном, антигенном или гормональном – ведёт к развитию по женскому типу. Следует учитывать также и психологическое определение пола: изредка лица с нормальным женским набором хромосом и нормальной женской конституцией склонны считать себя мужчинами и наоборот, т.е. происходит нарушение психосексуальной ориентации по полу.

Биологическое значение полового размножения заключается не только в самовоспроизведении особей, но и в обеспечении биологического разнообразия видов. Это позволяет считать половое размножение биологически более прогрессивным, чем бесполое.

Жизненный цикл клетки

Жизненный цикл клетки, или клеточный цикл – период от появления клетки в результате деления до момента смерти или последующего деления. У одноклеточных он совпадает с жизненным циклом особи. У многоклеточных организмов клеточный цикл состоит из интерфазы и собственно деления (митоза).

Интерфаза – это промежуток жизни клетки между двумя делениями. Она состоит из трех подпериодов: постмитотический, или пресинтетический – G_1 , синтетический – S и постсинтетический или премитотический – G_2 (Рис. 66).

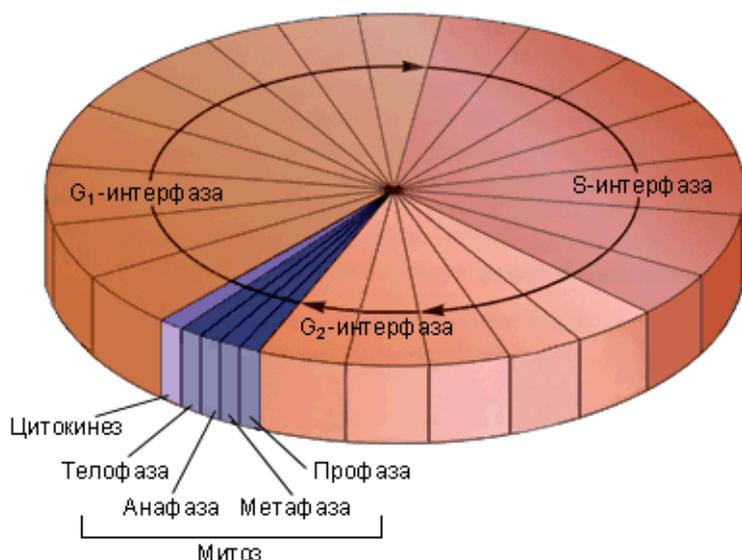


Рис. 66. Жизненный цикл клетки

периода вся ядерная ДНК удваивается, каждая хромосома становится двунической, то есть состоит из двух хроматид – идентичных молекул ДНК.

Период G_2 – относительно короток, в клетках млекопитающих он составляет около 2-5 ч. В это время количество центриолей, митохондрий и пластид удваивается, идут активные метаболические процессы, накапливаются белки и энергия для предстоящего деления. Клетка приступает к делению.

Деление эукариотических клеток. Митоз

Сразу вслед G_2 – периодом следует митотическое деление.

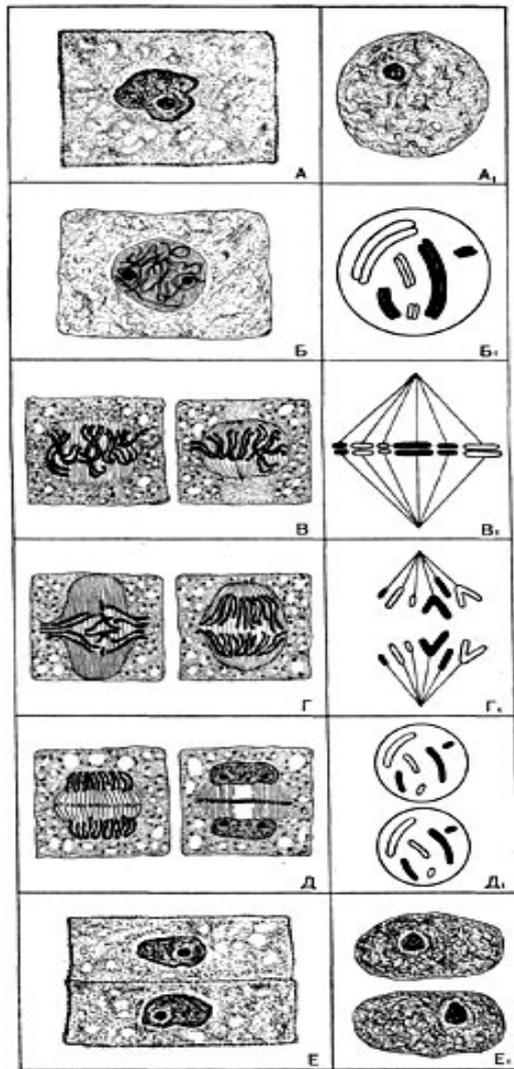
Митоз – не прямое деление клетки, в результате которого из одной материнской клетки с диплоидным набором хромосом ($2n$) образуются две дочерние клетки с таким же набором хромосом, как и материнская клетка.

Продолжительность митоза зависит от размеров клеток, количества хромосом в ядре, числа ядер, а также от условий окружающей среды, в частности от температуры. В животных клетках митоз длится 30-60 мин, в растительных клетках 2-3 часа. Более длительные стадии митоза связаны с процессами синтеза. Движение хромосом осуществляется быстро.

Выделяют четыре стадии митоза: профазу, метафазу, анафазу и телофазу.

Период G_1 – самый вариabельный по продолжительности. Во время его в клетке активизируются процессы биологического синтеза, в первую очередь, структурных и функциональных белков. Клетка растет и готовится к следующему периоду.

Период S – главный в митотическом цикле. В делящихся клетках млекопитающих он длится около 6-10 ч. В это время клетка продолжает синтезировать РНК, белки, но самое важное осуществляет синтез ДНК. К концу S -



ние клетки кончика корешка лука (слева) и параллельно — схема деления материала ядра при митозе (справа).

На схеме одна из гомологичных хромосом зачернена, другая изображена светлой.

А – интерфаза; Б – профаза;
В – метафаза; Г – анафаза;
Д – телофаза; Е – цитокinesis (цитотомия)

кращаются и подтягивают их каждая к своему полюсу.

Если растительным ядом – колхицином разрушить нити веретена деления на этой стадии, то разделение хромосом не происходит и образуется клетка с удвоенным набором хромосом – $4n$ -тетраплоидная клетка. Этот метод широко применяется в селекции для получения полиплоидных растений, например, при разведении орхидных.

Профаза – первая стадия митоза (Рис. 67). В нее происходят три основных процесса в клетке: 1) растворяется оболочка ядра, части ядерной мембраны сливаются с цитоплазматической мембраной и ЭПС; 2) происходит спирализация (упаковка) хромосом, они становятся заметными в световой микроскоп; 3) происходит формирование аппарата деления – центриоли удваиваются и расходятся к противоположным полюсам клетки, одновременно из белков, растворенных в цитоплазме клетки, формируются нити веретена деления, которые одним концом прикреплены к центриоли, а другим – к центромере (первичной перетяжке) в хромосоме.

Метафаза – хромосомы максимально укорочены и утолщены, поэтому они хорошо видны в световой микроскоп, благодаря чему на этой стадии производится изучение кариотипов. Хромосомы располагаются строго по экватору клетки. Это происходит потому, что каждая хромосома состоит из двух хроматид, соединенных в области первичной перетяжки – центромеры. От центриолей, расположенных на противоположных полюсах клетки, к каждой хроматиде подходит своя нить веретена деления – полуверетена. Каждая из них натягивается подобно мышечному волокну и тянет хромосому к своему полюсу. Поскольку сила натяжения одинаковая, то хромосомы располагаются строго посередине между полюсами клетки, а значит, на экваторе.

Анафаза – хроматиды разъединяются в области первичной перетяжки, и каждая хроматида становится самостоятельной хромосомой. Нити веретена деления, прикрепленные к центромерам хромосом, сокращаются и подтягивают их каждая к своему полюсу.

Телофаза – последняя стадия митоза, где происходит два основных процесса: 1) вокруг хромосом, разошедшихся к противоположным полюсам клетки, формируется ядерная оболочка, сами хромосомы раскручиваются (деспирализуются) и становятся не видны в световой микроскоп, клеточный центр локализуется в «бухточке» ядра; 2) одновременно происходит **цитотомия (цитокнез)** – деление цитоплазмы.

Этот процесс может осуществляться двумя путями:

1. В животных клетках процесс осуществляется путем перетяжки клетки, причем органоиды между дочерними клетками распределяются достаточно равномерно. Двум дочерним клеткам требуется больше материала плазматической мембраны, чем одной исходной. В животных клетках биосинтез вещества мембран непосредственно перед делением увеличивается. Новая мембрана, по-видимому, хранится на поверхности клетки в виде пузырей.
2. В растительных клетках, имеющих клеточные стенки, цитоплазма делится совершенно иным способом: начиная от центра клетки к ее периферии, формируется мембрана, которая постепенно делит материнскую клетку на две дочерние. После образования поперечной цитоплазматической мембраны у растительных клеток появляется целлюлозная стенка.

Процесс митоза может варьировать в зависимости от типа клетки. В растительной клетке отсутствуют центриоли, хотя веретено деления образуется. В грибных клетках митоз происходит внутри ядра, ядерная мембрана не распадается. Сравнительную характеристику митозов в растительной и животной клетках смотри в **Таблице 4**:

Таблица 4. Особенности митоза у растений и у животных
(<http://schools.keldysh.ru/co1678/Project/Mixytkin/Sait/Mitos.html>)

Растительная клетка	Животная клетка
центриолей нет	центриоли имеются
аппарат деления не образуются	аппарат деления образуется
образуется клеточная стенка	клеточная стенка не образуется
при делении цитоплазмы – цитокинезе не образуется борозды (перетяжки)	при делении цитоплазмы – цитокинезе образуется борозда
митозы происходят, главным образом, в специальных образовательных тканях растений – в меристемах	митозы происходят в различных тканях и участках организма

Биологическое значение митоза заключается в том, что он обеспечивает постоянство числа хромосом во всех клетках организма. В процессе митоза происходит распределение ДНК хромосом материнской клетки строго поровну между возникающими из нее двумя дочерними клетками. Митоз лежит в основе роста и вегетативного размножения всех организмов, имеющих ядро – эукариот. Благодаря митозу поддерживается постоянство числа хромосом в клеточных поколениях, т.е. дочерние клетки получают такую же генетическую информацию, которая содержалась в ядре материнской клетки.

Помимо митоза, одноклеточные организмы и соматические клетки многоклеточных организмов могут делиться другими способами.

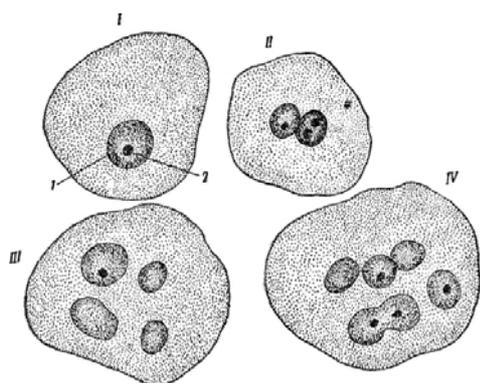


Рис. 68. Амитоз. Эпителиальные клетки мочевого пузыря мыши.

I-IV – различные стадии непрямого деления ядра (ув. – ок. 7, об. 40):

1 – ядро, 2 – ядрышко

Амитоз – прямое деление ядра, один из способов деления ядра у простейших, в растительных и животных клетках. При амитозе, в отличие от митоза, ядерная оболочка и ядрышки не разрушаются, веретено деления в ядре не образуется, хромосомы остаются в рабочем (деспирализованном) состоянии, ядро или перешнуровывается, или в нём появляется перегородка (**Рис. 68**); деления цитоплазмы, как правило, не происходит; амитоз не обеспечивает равномерного деления ядра и отдельных его компонентов.

Обычно амитоз следует за **эндомитозом**. В большинстве случаев при амитозе делится только ядро и возникает двуядерная клетка; при повторных амитозах могут образовываться многоядерные клетки. Очень многие двуядерные и многоядерные клетки — результат амитоза (некоторое число двуядерных клеток

образуется при митотическом делении ядра без деления тела клетки).

Амитоз впервые был описан немецким биологом Р. Ремаком (1841); термин предложен гистологом В. Флеммингом (1882).

Эндомитоз – удвоение числа хромосом в ядрах клеток. При этом не разрушаются ядерная оболочка и ядрышко, не образуется веретено деления клетки и не происходит деление цитоплазмы. Однако, как и при митозе, хромосомы проходят цикл спирализации. Приводит к образованию гигантских политенных хромосом.

Половые клетки и их развитие

В половом размножении участвуют две особи. Клетки многоклеточного организма делятся на клетки тела, или соматические клетки (**Рис. 56**) и половые клетки, предназначенные для размножения – **гаметы**.

Мужские половые клетки называются **сперматозоидами**, хотя, по сути данный термин устарел. Он был предложен в XVIII веке учеными-анималькулистами. Кто это такие?

В эмбриологии XVIII века боролись два направления. Одно из них – эпигенез – развивается и сегодня. **Эпигенез** – это учение, согласно которому в процессе зародышевого развития происходит постепенное и последовательное новообразование органов и частей зародыша из бесструктурной субстанции оплодотворенного яйца. Эпигенетические представления развивали У. Гарвей, Ж. Бюффон, К.Ф. Вольф.

Другое направление – преформизм – сегодня считается устаревшим. **Преформизм** (от. лат. «предобразую») – учение о наличии в половых клетках материальных структур, предопределяющих развитие зародыша и признаки развивающегося из него организма (Ш. Бонне, А. Галлер и др.). Оно, в свою очередь, делилось на два направления: **овисты** (все от яйца) и **анималькулисты**. Последние считали, что в мужских половых клетках содержится невидимое взрослое животное, а развитие сводится лишь к его увеличению в размерах; яйцо здесь рассматривалось лишь как источник питания будущего зародыша.

Представителем этого течения был А. Левенгук, который в 1674 году впервые увидел и описал мужские половые клетки человека. Он полагал, что маленький человечек – гомункулус содержится в описанных им клетках, что нашло отражение в средневековых рисунках. Поэтому был предложен термин «сперматозоид», т.е. мужская клетка с маленьким животным или человечком (гомункулусом) внутри.

Сегодня этот термин можно считать устаревшим, некоторые ученые используют термин «спермий», особенно в ботанике. Одновременно этот же термин используется для обозначения сперматозоидов, лишенных хвостика. Поэтому в дальнейшем мы будем использовать термин «сперматозоид», который хотя и считается устаревшим, однако имеет только одно значение.

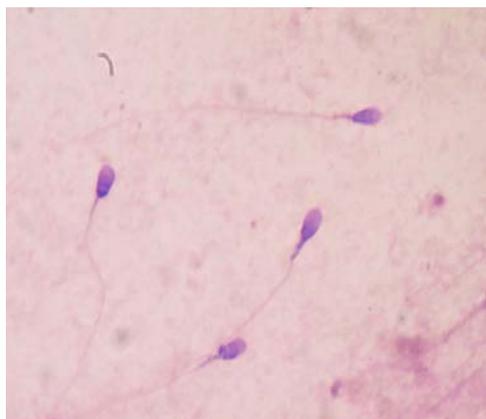
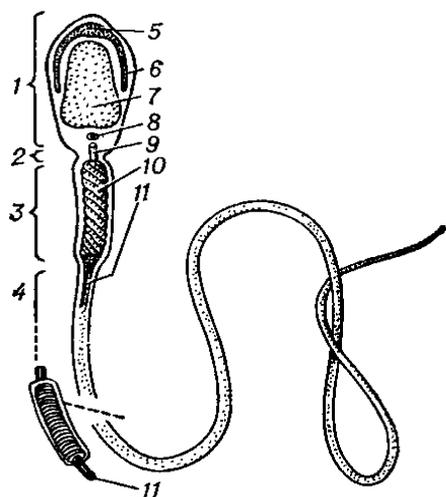


Рис. 69. Сперматозоид человека на окрашенном мазке



Сперматозоид является самой маленькой клеткой тела. Общая длина сперматозоида у человека равна приблизительно 55 мкм. Малые размеры и характерная форма клетки (**Рис. 69**) необходимы для быстрого движения сперматозоидов в половых путях женщины, проникновение в яйцеклетку и оплодотворение ее с образованием зиготы. При этом, несмотря на малые размеры, число сперматозоидов велико. Так, у человека в норме их количество варьирует от 15 до 20 млн на 1 мл семенной жидкости. Если число их меньше, то последняя признается бесплодной или фертильной, т.е. не способной к оплодотворению.

Рис. 70. Схема строения сперматозоида:

1 – головка; 2 – шейка; 3 – промежуточный отдел; 4 – жгутик (хвост); 5 – акросома; 6 – головной чехлик; 7 – ядро; 8 и 9 – центриоли; 10 – митохондриальная спираль; 11 – осевая нить

Сперматозоид мужчины имеет типичное строение и состоит из головки, средней части и хвоста (**Рис. 70**).

Головка сперматозоида человека имеет форму эллипсоида, сжатого с боков. С одной из сторон имеется небольшая ямка, поэтому иногда говорят о «ложковидной» форме головки сперматозоида у человека. В головке сперматозоида располагаются следующие клеточные структуры:

1. **Ядро**, несущее одинарный (гаплоидный) набор хромосом. Ядро сперматозоида значительно мельче ядер других клеток. В связи с сильной конденсацией хроматин неактивен – в ядре сперматозоида не синтезируется РНК.
2. **Акросома** – видоизмененная лизосома – мембранный пузырек, несущий литические ферменты – вещества, растворяющие оболочку яйцеклетки. Акросома занимает около половины объема головки и по своему размеру приблизительно равна ядру. Она лежит спереди от ядра и покрывает собой половину ядра (поэтому часто акросому сравнивают с шапочкой). При контакте с яйцеклеткой акросома выбрасывает свои ферменты наружу и растворяет небольшой участок оболочки яйцеклетки, благодаря чему образуется небольшой «проход» для проникновения сперматозоида. В акросоме содержится около 15 литических ферментов, основным из которых является акрозин.
3. **Центросома** – обеспечивает движение хвоста сперматозоида, а также предположительно участвует в сближении ядер зиготы и первом клеточном делении зиготы.

Позади головки располагается так называемая «**средняя часть**» сперматозоида. От головки среднюю часть отделяет небольшое сужение – «шейка». Позади средней части располагается хвост. Через всю среднюю часть сперматозоида проходит цитоскелет жгутика, который состоит из микротрубочек. В средней части вокруг цитоскелета жгутика располагается митохондрион – гигантская митохондрия сперматозоида. Митохондрион имеет спиральную форму и как бы обвивает цитоскелет жгутика. Митохондрион выполняет функцию синтеза АТФ и тем самым обеспечивает движение жгутика.

Хвост, или жгутик расположен за средней частью. Он тоньше средней части и значительно длиннее ее. Хвост – орган движения сперматозоида. Его строение типично для жгутиков эукариот.

Женские половые клетки называются **яйцеклетками**. Это крупные, округлой формы клетки (**Рис. 71**), имеющие гаплоидный набор хромосом и предназначенные исключительно для размножения. Человеческая яйцеклетка имеет диаметр примерно 150 мкм, ее цитоплазма богата митохондриями, элементами эндоплазматической сети, свободными рибосомами, РНК, желточными включениями.

К моменту рождения девочки все ее яйцеклетки сформированы. Потом в каждом менструальном цикле происходит их отбор и избирательное созревание.

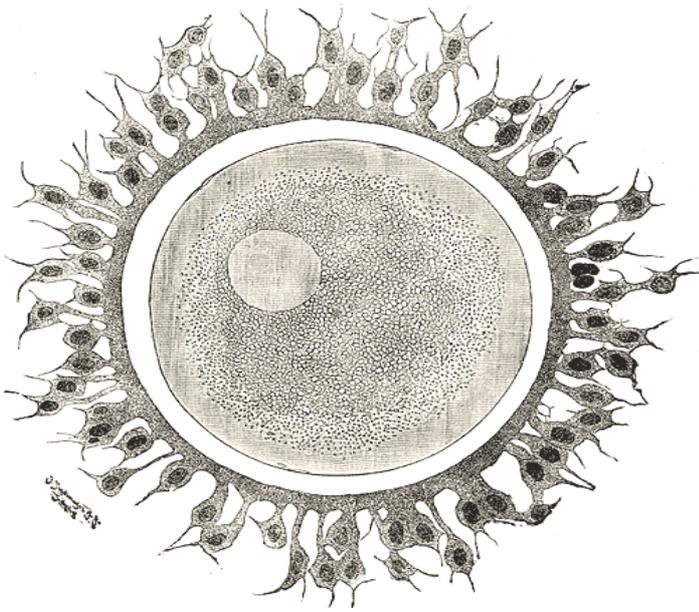


Рис. 71. Яйцеклетка человека

Процесс развития и формирования половых клеток называется **гаметоге-незом**. У животных гаметогагенез бывает диффузным (гаметы развиваются в лю-бом участке тела – у губок, некоторых кишечнополостных, плоских червей) и локализованным (гаметы развиваются в половых железах – гонадах – у подав-ляющего большинства животных). У позвоночных и многих беспозвоночных гаметы образуются из первичных половых клеток (гоноцитов), которые обо-собляются после первых делений дробления или в начале эмбрионального раз-вития.

У видов с ранней закладкой в эмбриогенезе половых желез (позвоночные и некоторые беспозвоночные) гоноциты образуются вдали от зачатка будущей гонады и мигрируют (с током крови, пластами развивающихся тканей или пу-тём активного движения) к месту окончательной дифференцировки. У живот-ных с поздним гаметогагенезом (гидры, мшанки, оболочники) место возникнове-ния гамет и зона дифференцировки совпадают. После детерминации половой принадлежности гоноцитов, зависящей от соматических тканей половой желе-зы, начинается размножение и дифференцировка будущих половых клеток по мужскому или женскому типу.

Процесс развития сперматозоидов называется **сперматогагенезом**, яйце-клеток – **оогагенезом**. Сперматогагенез протекает в семенных канальцах мужских половых желез – семенников (**Рис. 57**), а оогагенез протекает в женских половых железах – яичниках (**Рис. 58**).

У млекопитающих отдельные этапы сперматогагенеза и весь процесс в це-лом строго детерминированы во времени, их скорость не зависит от действия гормональных факторов. В оогагенезе этапы созревания яйцеклеток растянуты во времени и гормонально зависимы. Гаметогагенез рассматривается как начальный этап онтогагенеза. Нарушения его могут существенно влиять на последующее развитие оплодотворённого яйца и будущего организма.

Общая схема гаметогагенеза у человека представлена на **Рис. 72**.

После созревания она выхо-дит из яичника и движется через маточную (фаллопиеву) трубу бла-годаря ее сокращениям в полость матки (**Рис. 58**).

Выход одной зрелой клетки в полость тела матки называется **овуляцией**. Это происходит в среднем раз в 28 дней. После оп-лодотворения сперматозоидом клетка закрепляется в слизистой оболочке тела матки и начинается развитие плода (беременность). Если оплодотворения не произош-ло, клетка погибает в течение 5-6 дней после овуляции и выходит вместе с менструальной кровью.

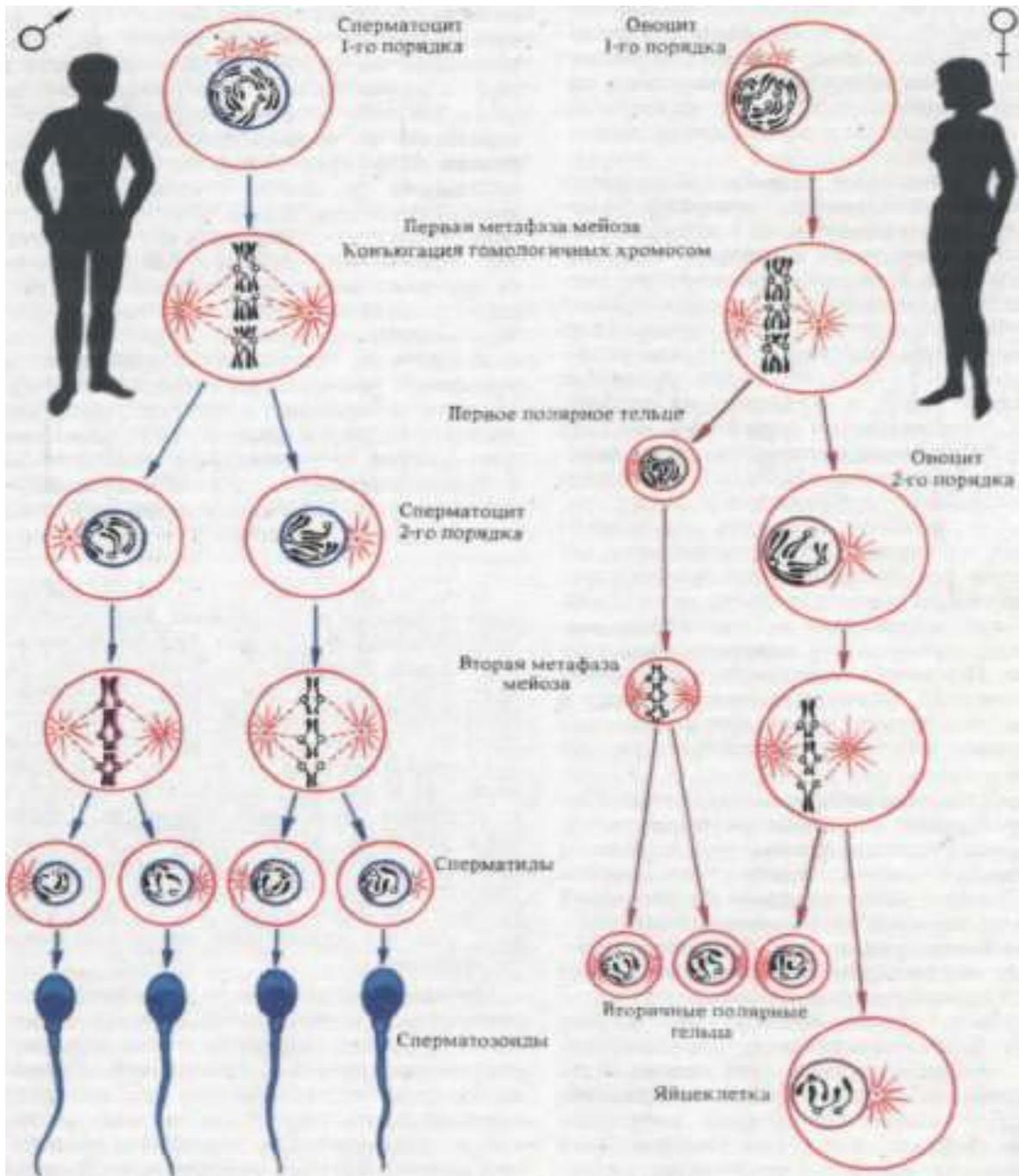


Рис. 72. Гаметогенез человека

Сперматогенез и оогенез включают одинаковые стадии: стадии размножения (деления), стадия роста, стадия созревания. В сперматогенезе дополнительно выделяют четвертую стадию – формирования.

Но поскольку в конце получаются совершенно различные клетки, то и процессы протекают по-разному. Если попытаться обобщить различия, становится ясно, что поскольку мужской организм производит большое число мелких сперматозоидов, то здесь преобладают процессы деления, а рост клеток выражен слабо. В женском организме в оогенезе выражены именно процессы роста, поскольку он производит крупные, но немногочисленные яйцеклетки.

Сравнительный анализ процессов сперматогенеза и оогенеза по стадиям приведены в **Таблице 5**:

Таблица 5. Сравнение процессов сперматогенеза и оогенеза (по стадиям)

Стадия гаметогенеза	Оогенез	Сперматогенез
Стадия размножения	<p>Название гаметы: оогоний</p> <p>Набор хромосом: диплоидный – $2n$</p> <p>Протекающие процессы: деление клеток путем митоза для увеличения их числа</p> <p>Особенности стадии: у девочек деление происходит только в утробный период (до рождения), в послеутробный период (после рождения) число клеток не изменяется. Обычно у девочки при рождении содержится около 400 тыс. яйцеклеток, после 50 лет число яйцеклеток сокращается, и наступает менопауза</p>	<p>Название гаметы: сперматогоний</p> <p>Набор хромосом: диплоидный – $2n$</p> <p>Протекающие процессы: деление клеток путем митоза для увеличения их числа</p> <p>Особенности стадии: у мальчиков клетки активно делятся как до рождения, так и после рождения, вплоть до утраты ими способности к размножению</p>
Стадия роста	<p>Название гаметы: ооциты I порядка</p> <p>Набор хромосом: диплоидный – $2n$</p> <p>Протекающие процессы: рост клеток в результате запасаания ими питательных веществ</p> <p>Особенности стадии: растут длительно, от нескольких месяцев до нескольких лет. Процесс протекает в два этапа: малый рост (клетка сама синтезирует питательные вещества) и большой рост (питательные вещества синтезируют специальные окружающие гамету клетки)</p>	<p>Название гаметы: сперматоциты I порядка</p> <p>Набор хромосом: диплоидный – $2n$</p> <p>Протекающие процессы: рост клеток в результате запасаания ими питательных веществ</p> <p>Особенности стадии: клетки увеличиваются в размерах очень мало, этот период протекает быстро</p>
Стадия созревания	<p>Название гаметы: после I деления мейоза – ооцит II порядка, после II деления мейоза – яйцеклетка</p> <p>Набор хромосом: к делению приступают клетки с диплоидным ($2n$) набором хромосом, в результате мейоза образуются клетки с гаплоидным набором (n)</p> <p>Протекающие процессы: происходит редукция – уменьшение числа хромосом ($2n \rightarrow n$) в процессе мейоза. Подробную характеристику мейоза смотри ниже.</p>	<p>Название гаметы: после I деления мейоза – сперматоцит II порядка, после II деления мейоза – сперматиды</p> <p>Набор хромосом: к делению приступают клетки с диплоидным ($2n$) набором хромосом, в результате мейоза образуются клетки с гаплоидным набором (n)</p> <p>Протекающие процессы: происходит редукция – уменьшение числа хромо-</p>

Стадия созревания (продолжение)	Особенности стадии: протекает после овуляции (выхода) яйцеклетки из яичника. В результате неравномерного деления образуется одна яйцеклетка и три направительных тельца, которые в дальнейшем погибают. Это обусловлено необходимостью сохранения в одной клетке всех запасных питательных веществ, которые понадобятся для развития будущего зародыша. После завершения мейоза, а часто и до его окончания яйцеклетки готовы к оплодотворению	сом ($2n \rightarrow n$) в процессе мейоза. Подробную характеристику мейоза смотри ниже. Особенности стадии: деление протекает равномерно, в результате образуются четыре сперматиды, все они участвуют в дальнейших процессах
Стадия формирования	Отсутствует	Название гаметы: сперматозоид Набор хромосом: гаплоидный – n Протекающие процессы: сперматиды приобретают определенную форму и размеры, аппарат движения (хвост) и аппарат проникновения (акросома) и становятся зрелыми сперматозоидами, способными к оплодотворению

Рассмотрим подробнее стадию созревания в гаметогенезе, где половые клетки делятся путем мейоза.

Мейоз – это деление половых клеток на стадии созревания, приводящее к уменьшению (редукции) числа хромосом и сложному обмену участками между гомологичными (одинаковыми по размеру и форме) хромосомам.

Отдельные фазы мейоза у животных описал В. Флемминг (1882), а у растений – Э. Страсбургер (1888), а затем российский ученый В.И. Беляев. В это же время (1887) А. Вайсман теоретически обосновал необходимость мейоза как механизма поддержания постоянного числа хромосом. Первое подробное описание мейоза в ооцитах кролика дал Уиниуртер (1900). Изучение мейоза продолжается до сих пор.

В общем случае в результате мейоза из одной диплоидной клетки образуется четыре гаплоидные клетки. Типичный мейоз состоит из двух последовательных клеточных делений, которые соответственно называются **мейоз I** и **мейоз II**. В первом делении происходит уменьшение числа хромосом в два раза, поэтому первое мейотическое деление называют **редукционным**. Во втором делении хроматиды расходятся, число хромосом при этом не изменяется.

Такое деление называют **эквационным (уравнивающим)**. Выражения «мейоз» и «редукционное деление» часто используют как синонимы.

Мейозу, как и митозу предшествует интерфаза перед первым делением, где происходит удвоение хромосом, и каждая из хромосом состоит из двух хроматид. Между I и II делениями мейоза интерфаза очень короткая (интеркинез), без S-периода, поэтому удвоение генетического материала не происходит (**Рис. 73**).

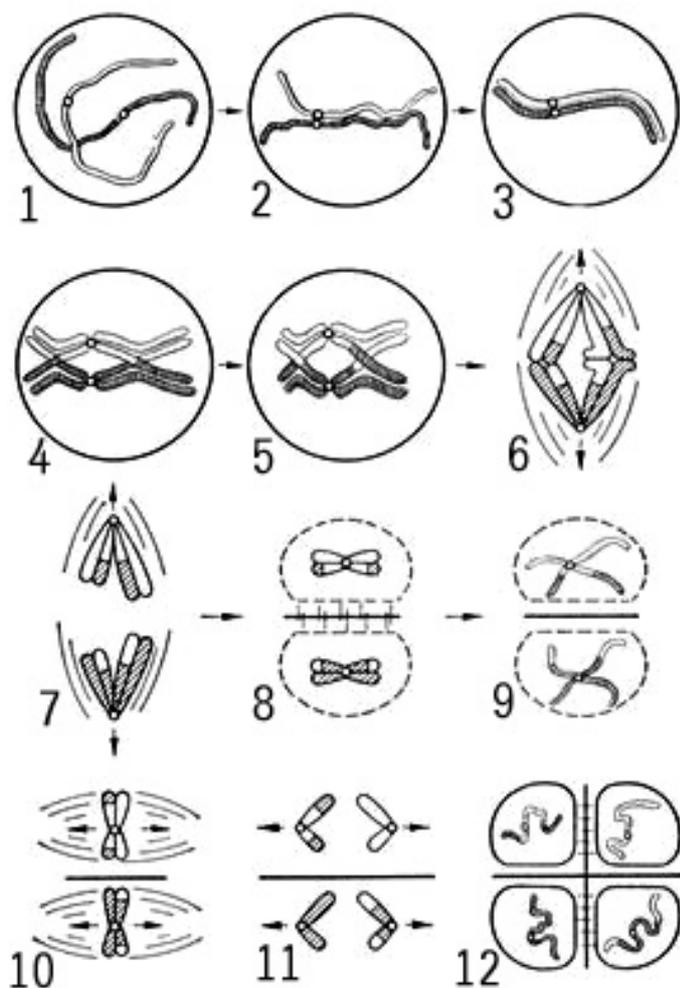


Рис. 73. Схема мейоза:

1-5 – профаза I;
6 – метафаза I; 7 – анафаза I;
8 – телофаза I; 9 – интеркинез;
10 – метафаза II;
11 – анафаза II;
12 – телофаза II.

Одна из двух гомологичных хромосом заштрихована, другая – белая. Обмен белыми и заштрихованными участками хромосом – результат кроссинговера. Маленькие белые кружки – центромеры, большой круг – контур ядра. В метафазе и анафазе обоих делений ядерная мембрана исчезает. В телофазе возникает снова. В метафазе и анафазе обоих делений стрелками показано направление растягивания и движения хромосом с помощью нитей веретена

Предмейотическая интерфаза отличается от обычной интерфазы тем, что процесс репликации ДНК не доходит до конца: примерно 0,2...0,4 % ДНК остается не удвоенной. Таким образом, деление клетки начинается на синтетической стадии клеточного цикла. Поэтому мейоз образно называют преждевременным митозом. Однако в целом можно считать, что в диплоидной клетке ($2n$) содержание ДНК составляет $4c$. При наличии центриол происходит их удвоение.

Профаза I (профаза первого деления) – наиболее сложная фаза мейоза, состоящая из пяти последовательных стадий. Вначале происходит спирализация хромосом. Затем начинается их **конъюгация** – соединение (переплетение) гомологичных хромосом попарно, образуются пары хромосом – **биваленты**. Затем осуществляется **кроссинговер** – обмен участками в бивалентах (переплетенных хромосомах). После обмена хромосомы удерживаются вместе за счет **хиазм** – переплетения хромосом, где был осуществлен обмен. При этом

возникает **комбинативная изменчивость**, поскольку в результате такого обмена получают хромосомы с новым набором генов. К концу профазы I отдельные биваленты располагаются по периферии ядра, удерживаясь вместе за счет хиазм

В метафазе I (метафазе первого деления) ядерная оболочка разрушается (фрагментируется) и сливается с цитоплазматической мембраной. Формируется аппарат деления: из растворенных в цитоплазме белков образуются полуверетена, одним концом присоединяясь к центромерам, находящимся на разных полюсах, а другим концом – присоединяются к бивалентам, соединенным хиазмами, к каждой хромосоме – со своей стороны. Далее биваленты перемещаются в экваториальную плоскость клетки, поскольку образовавшиеся полуверетена тянут их с одинаковой силой.

В анафазе I (анафазе первого деления) натяжение нитей веретена деления усиливается, хиазмы разрываются. Гомологичные хромосомы, входящие в состав каждого бивалента, разъединяются, и каждая хромосома движется в сторону ближайшего полюса клетки. Разъединения хромосом на хроматиды не происходит.

В телофазе I (телофазе первого деления) гомологичные двуххроматидные хромосомы полностью расходятся к полюсам клетки. В норме каждая дочерняя клетка получает одну гомологичную хромосому из каждой пары гомологов. Формируются два гаплоидных ядра, которые содержат в два раза меньше хромосом, чем ядро исходной диплоидной клетки. Каждое гаплоидное ядро содержит только один хромосомный набор, т.е. каждая хромосома представлена только одним гомологом. Содержание ДНК в дочерних клетках составляет 2с. В большинстве случаев (но не всегда) телофаза I сопровождается делением цитоплазмы – цитотомией (цитокинезом).

Интеркинез – это короткий промежуток между двумя мейотическими делениями. Отличается от интерфазы тем, что не происходит репликации ДНК, удвоения хромосом и удвоения центриолей: эти процессы произошли в предмейотической интерфазе и частично – в профазе I.

Профаза II (профаза второго деления) не отличается существенно от профазы митоза. Хромосомы видны в световой микроскоп в виде тонких нитей. В каждой из дочерних клеток формируется веретено деления.

В метафазе II (метафазе второго деления) хромосомы располагаются в экваториальных плоскостях гаплоидных клеток независимо друг от друга. Эти экваториальные плоскости могут лежать в одной плоскости, могут быть параллельны друг другу или взаимно перпендикулярны.

В анафазе II (анафазе второго деления) хромосомы разделяются на хроматиды (как при митозе). Получившиеся однохроматидные хромосомы в составе анафазных групп перемещаются к полюсам клеток.

В телофазе II (телофазе второго деления) однохроматидные хромосомы полностью перемещаются к полюсам клетки, формируются ядра. Содержание ДНК в каждой из клеток становится минимальным и составляет 1с. Происходит цитотомия – деление цитоплазмы и образуются четыре клетки с гаплоидным набором хромосом.

Таким образом, процессы митоза и мейоза во многом сходны. При этом можно выделить определенные различия между этими процессами.

Различия мейоза и митоза:

- В результате митоза образуются клетки с диплоидным набором хромосом, в результате мейоза – с гаплоидным.
- В митозе каждому делению предшествует интерфаза, в мейозе – присутствует одна интерфаза и два деления.
- В митозе гомологичные хромосомы ведут себя независимо, а в мейозе они конъюгируют (переплетаются) и обмениваются участками (явление кроссинговера).
- В мейозе профазы I протекают длительно и сложно.

Биологическое значение мейоза заключается в поддержании постоянства числа хромосом при наличии полового процесса. Кроме того, вследствие кроссинговера происходит рекомбинация – появление новых сочетаний наследственных задатков в хромосомах. Мейоз обеспечивает также комбинативную изменчивость – появление новых сочетаний наследственных задатков при дальнейшем оплодотворении. Ход мейоза находится под контролем генотипа организма, под контролем половых гормонов (у животных), фитогормонов (у растений) и множества иных факторов (например, температуры).



Вопросы для обсуждения и самоконтроля:

1. Кто такие эукариоты? Как и когда они возникли?
2. Что характерно для надцарства Эукариоты?
3. Какие преимущества в связи с особенностями строения присущи эукариотам? Почему многоклеточные организмы возникли именно в этой группе?
4. Какие характерные черты можно выделить в разных царствах ядерных организмов?
5. Почему грибы выделяют в отдельное царство? Каковы особенности строения клетки грибов?
6. Как устроена клетка животных? Чем от нее отличается растительная клетка? С чем это связано?
7. Как устроен генетический аппарат эукариот? Какие преимущества это дает?
8. Какие формы размножения характерны для ядерных организмов?
9. В чем особенности полового размножения? Какие его формы Вы знаете?
10. Что такое гермафродитизм? Какие уровни определения пола у человека Вам известны?
11. Как протекает деление эукариотических организмов? Какими способами они могут делиться?
12. Что такое половые клетки? Как протекают процессы их развития? В чем особенности?

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Билич Г.Л., Крыжановский В.А. Биология для поступающих в вузы. – М.: Оникс, 2010. – 1088 с.
2. Биология: современный курс/под ред. А.Ф. Никитина. – СПб.: СпецЛит, 2005. – 480 с.
3. Богданова Т.Л. Биология. Задания и упражнения: пособие для поступающих в вузы. 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 1991. – 350 с.
4. Верещагина В.А. Основы общей цитологии: учебное пособие. 3-е изд., стер. – М.: Изд. центр Академия, 2010. – 176 с.
5. Викторова Т.В., Асанов А.Ю. Биология: учебное пособие. – М.: Изд. центр Академия, 2010. – 400с.
6. Вракин В.Ф., Сидорова М.В., Панов В.П. и др. Практикум по анатомии с основами гистологии и эмбриологии сельскохозяйственных животных. 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Колос, 2001. – 272 с.
7. Захаров В.Б., Мамонтов С.Г., Сивоглазов В.И. Биология: общие закономерности. – М.: Школа-пресс, 1996. – 624 с.
8. Лукаткин А.С., Ручин А.Б., Силаева Т.Б. и др. Биология с основами экологии: учебник/под ред. А.С. Лукаткина. – М.: Изд. центр Академия, 2010. – 400 с.
9. Лысов П.К., Акифьев А.П., Добротина Н.А. Биология с основами экологии. – М.: Высшая школа, 2007. – 655 с.
10. Мамонтов С.Г. Биология: спр. изд. – М.: Высшая школа, 1991. – 478с.
11. Мамонтов С.Г., Захаров В.Б., Козлова Т.А. Биология: учебник/под ред. С.Г. Мамонтова. 3-е изд., стер. – М.: Изд. центр Академия, 2008. – 576 с.
12. Пехов. А.П. Биология с основами экологии: учебник для вузов. – СПб.: Изд-во Лань, 2002. – 672 с.
13. Пиневиц А.В. Микробиология: Биология прокариотов: в 3 т.: учебник. – СПб.: Изд-во С.-Петербур. Ун-та, 2009. – Т. 3. – 457 с.
14. Пособие для абитуриентов, поступающих в вузы/Деев Н.Г., Лобанова Т.В., Овчаренко Н.Д., Сафронова Е.Д., Хижникова Т.Г./под общ. ред. Н.Г. Деева. Изд. второе, уточн. и доп. – Барнаул: АГАУ, 1998. – 162 с.
15. Тейлор Д., Грин Н., Стаут У. Биология: в 3-х т./под ред. Р. Сопера. 3-е изд. – М.: Изд-во Мир, 2008. – Т. 1. – 454 с.
16. Тейлор Д., Грин Н., Стаут У. Биология: в 3-х т./под ред. Р. Сопера. 3-е изд. – М.: Изд-во Мир, 2008. – Т. 2. – 436 с.
17. Тейлор Д., Грин Н., Стаут У. Биология: в 3-х т./под ред. Р. Сопера. 3-е изд. – М.: Изд-во Мир, 2008. – Т. 3. – 451 с.
18. Цибулевский А.Ю., Мамонтов С.Г. Биология для поступающих в вузы: структурированный курс: учебное пособие. – М.: Изд. центр Академия, 2004. – 698 с.
19. Черепанова Н.П., Тобиас А.В. Морфология и размножение грибов: учебное пособие. – М.: Изд. центр Академия, 2010. – 160 с.
20. Ярыгин В.Н., Васильева В.И., Волков И.Н. и др. Биология: в 2-х кн.: учебник для мед. вузов/под ред. В.Н. Ярыгина. 9 изд., стер. – М.: Высшая школа, 2010. – Кн. 2. – 334 с.

ПЕРЕЧЕНЬ ИНТЕРНЕТ-ССЫЛОК

- <http://ru.wikipedia.org/wiki/>
- <http://www.ebio.ru/>
- <http://perficete.org/gmo-nu-tak-vse-zhe.html?replytocom=1120>
- http://e-lib.gasu.ru/eposobia/papina/bolprak/R_1_1.html
- http://slovari.yandex.ru/dict/gl_natural/article/134/134_476.HTM
- http://www.evolbiol.ru/zavarzin_1987.htm
- <http://bioword.narod.ru/G/G031.htm>
- http://www.zdorovih.net/modules.php?name=Articles&pa=showarticle&articles_id=623
- <http://otherreferats.allbest.ru>
- <http://www.na5splusom.ru/index.php?cstart=1&do=tags&tag=%D1%EE%F1%F2%E0%E2>
- <http://www.kinoru.ru/product/biosfera-vremja-osoznaniya-biosphere-time-to-apprehend-sobolev-feliks-mihajlovich-1974-g-nauchno-populjarnyj-satirp/>
- <http://sokol.clan.su/photo/3-0-49>
- <http://www.sbio.info/page.php?id=162>
- http://images.yandex.ru/yandsearch?p=4&ed=1&text=%D0%B2%D0%B8%D1%80%D1%83%D1%81%D1%8B%20%D0%B6%D0%B8%D0%B2%D0%BE%D1%82%D0%BD%D1%8B%D1%85&site=dic.academic.ru&img_url=dic.academic.ru%2Fpictures%2Fdic_biology%2Fvirusy1.gif&rpt=simage
- <http://dxdt.ru/page/72/>
- <http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D0%B0%D0%B9%D0%BB:TheodorSchwann.jpg>
- <http://meduniver.com/Medical/Biology/31.html>
- http://www.krugosvet.ru/enc/nauka_i_tehnika/biologiya/VIRUSI.html
- <http://bio.1september.ru/2003/02/5.htm>
- <http://www.medarticle45.moslek.ru/articles/40324.htm>
- <http://empiretw.ru/board/lofiversion/index.php/t11517.html>
- http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D0%B0%D0%B9%D0%BB:Structure_bacterienne.png
- <http://meduniver.com/Medical/Microbiology/83.html>
- <http://www.cio.arcticsu.ru/projects/pr1893/t.html>
- <http://smikro.ru/?p=1097>
- <http://mockovnv.3dn.ru/blog>
- <http://www.tryphonov.ru/tryphonov2/terms2/endoc.htm>
- <http://www.dmytrenko.in.ua/Study/Hystology/Electronogrammi/Lizosomi.html>
- <http://dic.academic.ru/dic.nsf/bse/109635/%D0%9C%D0%B8%D1%82%D0%BE%D1%85%D0%BE%D0%BD%D0%B4%D1%80%D0%B8%D0%B8>
- <http://news.nur.kz/134426.html>
- <http://www.sbio.info/page.php?id=16>
- http://www.medbiol.ru/medbiol/biology_sk/000212c5.htm
- <http://wwlife.ru/>

- <http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A5%D0%BB%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%BF%D0%BB%D0%B0%D1%81%D1%82>
- http://nbad.narod.ru/pic/aoc/aoc_038.gif
- <http://www.botan0.ru/?cat=2&id=102>
- <http://zubrilka03.narod.ru/SGMA/I/Biolog/Biolog.htm>
- <http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B5%D0%BB%D0%BE%D0%BC%D0%B5%D1%80%D1%8B>
- <http://www.ejonok.ru/nature/%D0%91%D0%B8%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D0%B8%D1%8F/%D0%A5%D1%80%D0%BE%D0%BC%D0%BE%D1%81%D0%BE%D0%BC%D1%8B>
- <http://bentonscott.jimdo.com/>
- http://www.nbu.gov.ua/portal/soc_gum/znpkhnpu/Biol/2008_10/4.html
- http://www.medencyclopedia.info/index.php?option=com_content&view=article&id=219:2010-04-21-10-44-10&catid=30:2010-04-20-08-57-35&Itemid=34
- <http://www.columbia.edu/cu/biology/courses/w2501/Histopictures/ovary.jpg>
- <http://bibl.tikva.ru/base/B1774/img/B1774p165-2.jpg>
- <http://www.topnews.ru/upload/photo/2915080f/6523d.jpg>
- <http://bibl.tikva.ru/base/B1774/B1774Part68-137.php>
- <http://eco.rian.ru/ecoinfogr/20090828/182781352-ig.html>
- <http://cor.edu.27.ru/dlrstore/6389cb2a-422b-03fe-6c4e-0367b59c3371/09010702.gif>
- <http://plant.geoman.ru/books/item/f00/s00/z0000000/st001.shtml>
- <http://www.5y.ru/B5361Part30-45.shtml>
- http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D0%B0%D0%B9%D0%BB:Sperm_stained.JPG
- http://dic.academic.ru/dic.nsf/dic_biology/5411/%D0%A1%D0%9F%D0%95%D0%A0%D0%9C%D0%90%D0%A2%D0%9E%D0%97%D0%9E%D0%98%D0%94
- http://dic.academic.ru/dic.nsf/dic_biology/5411/%D0%A1%D0%9F%D0%95%D0%A0%D0%9C%D0%90%D0%A2%D0%9E%D0%97%D0%9E%D0%98%D0%94
- http://pti.kiev.ua/uploads/posts/2010-02/1266869824_gametogenez.jpg
- <http://bse.sci-lib.com/particle016373.html>