

ПРИДНЕСТРОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

им. Т.Г. ШЕВЧЕНКО

Естественно-географический факультет

Кафедра физиологии человека и животных

БИОЛОГИЯ

Часть I

Цитология: химическая и структурно-функциональная организация клетки

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ

К КУРСУ ЛЕКЦИЙ

Тирасполь, 2013

УДК 373.167.1:57 (075.32)

ББК 28.0я72

Б 87

Составитель:

А.А. Братухина, к.б.н., доцент

Рецензенты:

В.А. Шептицкий, д.б.н., профессор, зав. кафедрой физиологии человека и животных ЕГФ

Л.И. Гарбуз, к.б.н., доцент, зав. кафедрой функциональной гистоморфологии медицинского факультета

Б 87 Биология. Часть I. Цитология: химическая и структурно-функциональная организация клетки. Учебно-методическое пособие к курсу лекций / Составитель: Братухина А.А. – Тирасполь, 2013. – 81 с.

В учебно-методическом пособии изложен теоретический материал, адаптированный к изучению студентами среднего профессионального звена обучения. Приведены сведения об истории развития цитологии и создании клеточной теории, свойствах и организации живой материи. Подробно освещены темы химической и структурно-функциональной организации клетки. Приведен сравнительный анализ различий в строении прокариотических и эукариотических клеток, а также клеток эукариот у организмов различных царств живой природы. Пособие снабжено иллюстрациями, таблицами и схемами, которые помогают усвоению представленного материала.

Учебно-методическое пособие адресовано студентам, обучающимся по специальностям технического, социально-экономического и гуманитарного профилей среднего профессионального образования.

УДК 373.167.1:57 (075.32)

ББК 28.0я72+Б 87

Рекомендовано Научно-методическим Советом ПГУ им. Т.Г. Шевченко

©ПГУ им. Т.Г. Шевченко

ОГЛАВЛЕНИЕ

ЛЕКЦИЯ № 1.	Введение.....	4
ЛЕКЦИЯ № 2.	Химический состав клетки. Неорганические соединения.....	9
ЛЕКЦИЯ № 3.	Органические соединения: углеводы. Строение и функции.....	16
ЛЕКЦИЯ № 4.	Органические соединения: липиды. Строение и функции.....	21
ЛЕКЦИЯ № 5.	Органические биополимеры: белки. Ферменты.....	24
ЛЕКЦИЯ № 6.	Органические биополимеры: нуклеиновые кислоты. Строение и функции.....	36
ЛЕКЦИЯ № 7.	АТФ и другие органические соединения...	43
ЛЕКЦИЯ № 8.	Клеточная теория. Создание и основные положения клеточной теории.....	47
ЛЕКЦИЯ № 9.	Структура и функции клетки.....	51
ЛЕКЦИЯ № 10.	Ядро. Эукариоты и прокариоты. Вирусы...	67
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....		81

Лекция № 1

ВВЕДЕНИЕ

Биология – это наука об общих закономерностях существования и развития живых систем. Ее название возникло из сочетания двух греческих слов: *bios* (жизнь) и *logos* (слово, учение). В настоящее время биология – комплексная наука, сформировавшаяся в результате дифференциации и интеграции разных биологических дисциплин.

Развитие биологии в значительной мере определялось разработкой и применением новых методов исследования. Основными методами исследования, применяемыми в биологических науках, являются описательный, сравнительный, исторический и экспериментальный.

Описательный метод. Он широко применялся еще учеными древности, занимавшимися сбором фактического материала и его описанием. В основе его лежит наблюдение. Практически до XVIII в. биологи в основном занимались описанием животных и растений, делали попытки первичной систематизации накопленного материала. Но описательный метод не потерял своего значения и сегодня. Например, он используется при открытии новых видов или изучении клеток с помощью современных методов исследования.

Сравнительный метод. Он позволил выявлять сходства и различия между организмами и их частями и стал применяться в XVII в. Использование сравнительного метода позволило получить данные, необходимые для систематизации растений и животных. В XIX в. он был использован при разработке клеточной теории и обосновании теории эволюции, а также в перестройке ряда биологических наук на основе этой теории. В наше время сравнительный метод также широко применяется в различных биологических науках. Однако если бы в биологии использовались лишь описательный и сравнительный методы, то она так и осталась бы в рамках констатирующей науки.

Исторический метод. Этот метод помогает осмыслить полученные факты, сопоставить их с ранее известными результатами. Он стал широко применяться во второй половине XIX в. благодаря работам Ч. Дарвина, который с его помощью научно обосновал закономерности появления и развития организмов, становления их структур и функций во времени и пространстве. Применение исторического метода позволило превратить

биологию из науки описательной в науку, объясняющую, как произошли и как функционируют многообразные живые системы.

Экспериментальный метод. Применение экспериментального метода в биологии связывают с именем Уильяма Гарвея, который использовал его в своих исследованиях при изучении кровообращения. Но широко применяться в биологии он начал лишь с начала XIX в., прежде всего при изучении физиологических процессов. Экспериментальный метод позволяет изучать то или иное явление жизни с помощью опыта. Большой вклад в утверждение экспериментального метода в биологии внес Грегор Мендель, который, изучая наследственность и изменчивость организмов, впервые использовал эксперимент не только для получения данных об изучаемых явлениях, но и для проверки гипотезы, формулируемой на основании получаемых результатов. Работа Грегора Менделя стала классическим образцом методологии экспериментальной науки.

В XX в. экспериментальный метод стал ведущим в биологии. Это стало возможным благодаря появлению новых приборов для биологических исследований (электронный микроскоп, томограф и др.) и использованию методов физики и химии в биологии.

В настоящее время в биологическом эксперименте широко используют различные виды микроскопии, включая и электронную с техникой ультратонких срезов, биохимические методы, разнообразные способы культивирования и прижизненного наблюдения культур клеток, тканей и органов, метод меченых атомов, рентгеноструктурный анализ, ультрацентрифугирование, хроматографию и т. д. Не случайно во второй половине XX в. в биологии развилось целое направление – создание новейших приборов и разработка методов исследования.

В биологических исследованиях все шире применяют *моделирование*, которое считают высшей формой эксперимента. Так, ведутся активные работы по компьютерному моделированию важнейших биологических процессов, основных направлений эволюции, развития экосистем или даже всей биосферы (например, в случае глобальных климатических или техногенных изменений).

Важнейшая задача биологии – изучение многообразия, строения, жизнедеятельности, индивидуального развития и эволюции живых организмов, их взаимоотношений со средой обитания.

Живые организмы имеют ряд особенностей, отличающих их от неживой природы. По отдельности каждое из отличий достаточно условно, поэтому их следует рассматривать в комплексе.

СВОЙСТВА ЖИВОГО:

1. *Единство химического состава.* Живые существа образованы теми же химическими элементами, что и неживые объекты, но в живых существах 90% массы приходится на четыре элемента: С, О, N, H, которые участвуют в образовании сложных органических молекул, таких, как белки, нуклеиновые кислоты, углеводы, липиды.

2. *Единство структурной организации.* Единой структурно-функциональной единицей, а также единицей развития почти для всех живых организмов на Земле является клетка. Исключением являются вирусы, но и у них свойства живого проявляются, лишь когда они находятся в клетке. Вне клетки жизни нет.

3. *Открытость.* Все живые организмы представляют собой открытые системы, т.е. системы, устойчивые лишь при условии непрерывного поступления в них энергии и вещества из окружающей среды.

4. *Обмен веществ и энергии.* Все живые организмы способны к обмену веществ с окружающей средой. Обмен веществ осуществляется в результате двух взаимосвязанных процессов: синтеза органических веществ в организме (за счет внешних источников энергии – света и пищи) и процесса распада сложных органических веществ с выделением энергии, которая затем расходуется организмом. Обмен веществ обеспечивает постоянство химического состава в непрерывно меняющихся условиях окружающей среды.

5. *Самовоспроизведение (репродукция).* Способность к самовоспроизведению является важнейшим свойством всех живых организмов. В ее основе лежит информация о строении и функциях любого живого организма, заложенная в нуклеиновых кислотах и обеспечивающая специфичность структуры и жизнедеятельности живого.

6. *Саморегуляция.* Любой живой организм подвергается воздействию непрерывно меняющихся условий окружающей среды. В то же время для протекания процессов жизнедеятельности в клетках необходимы определенные условия. Благодаря механизмам саморегуляции сохраняется относительное постоянство внутренней среды организма, т.е. поддерживается постоянство химического состава и интенсивность течения

физиологических процессов (иными словами, поддерживается гомеостаз: от греч. *homoios* – одинаковый и *stasis* – состояние).

7. *Развитие и рост.* В процессе индивидуального развития (онтогенеза) постепенно и последовательно проявляются индивидуальные свойства организма и осуществляется его рост. Кроме того, все живые системы эволюционируют – изменяются в ходе исторического развития (филогенеза).

8. *Раздражимость.* Любой живой организм способен избирательно реагировать на внешние и внутренние воздействия.

9. *Наследственность и изменчивость.* Преемственность поколений обеспечивается наследственностью. Потомки не являются копиями своих родителей из-за способности наследственной информации к изменениям – изменчивости.

Ученые на основании особенностей проявления свойств живого выделяют следующие **УРОВНИ ОРГАНИЗАЦИИ ЖИВОЙ МАТЕРИИ:**

1. *Молекулярный.* Любая живая система проявляется на уровне взаимодействия биомолекул: нуклеиновых кислот, полисахаридов, белков, а также других важных органических веществ. С этого уровня начинаются важнейшие процессы жизнедеятельности организма: обмен веществ и превращение энергии, передача наследственной информации и др.

2. *Клеточный.* Это начальный уровень организации живого, который обладает всеми свойствами живого. На этом уровне наука изучает вопросы структурно-функциональной организации клетки, специализации клеток в ходе развития, механизмы деления клеток.

3. *Тканевый.* Ткань представляет собой совокупность сходных по строению клеток и межклеточного вещества, объединенных выполнением общей функции.

4. *Органный.* У большинства животных орган – это структурно-функциональное объединение нескольких типов тканей. Например, кожа человека как орган включает эпителий и соединительную ткань, которые вместе выполняют целый ряд функций. Среди них наиболее значительная – защитная.

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

6. *Популяционно-видовой.* Под видом понимают совокупность особей, занимающих определенную территорию, имеющих общее происхождение и сходное строение (морфологическое, генетическое, биохимическое), свободно скрещивающихся между собой и дающих плодовитое потомство.

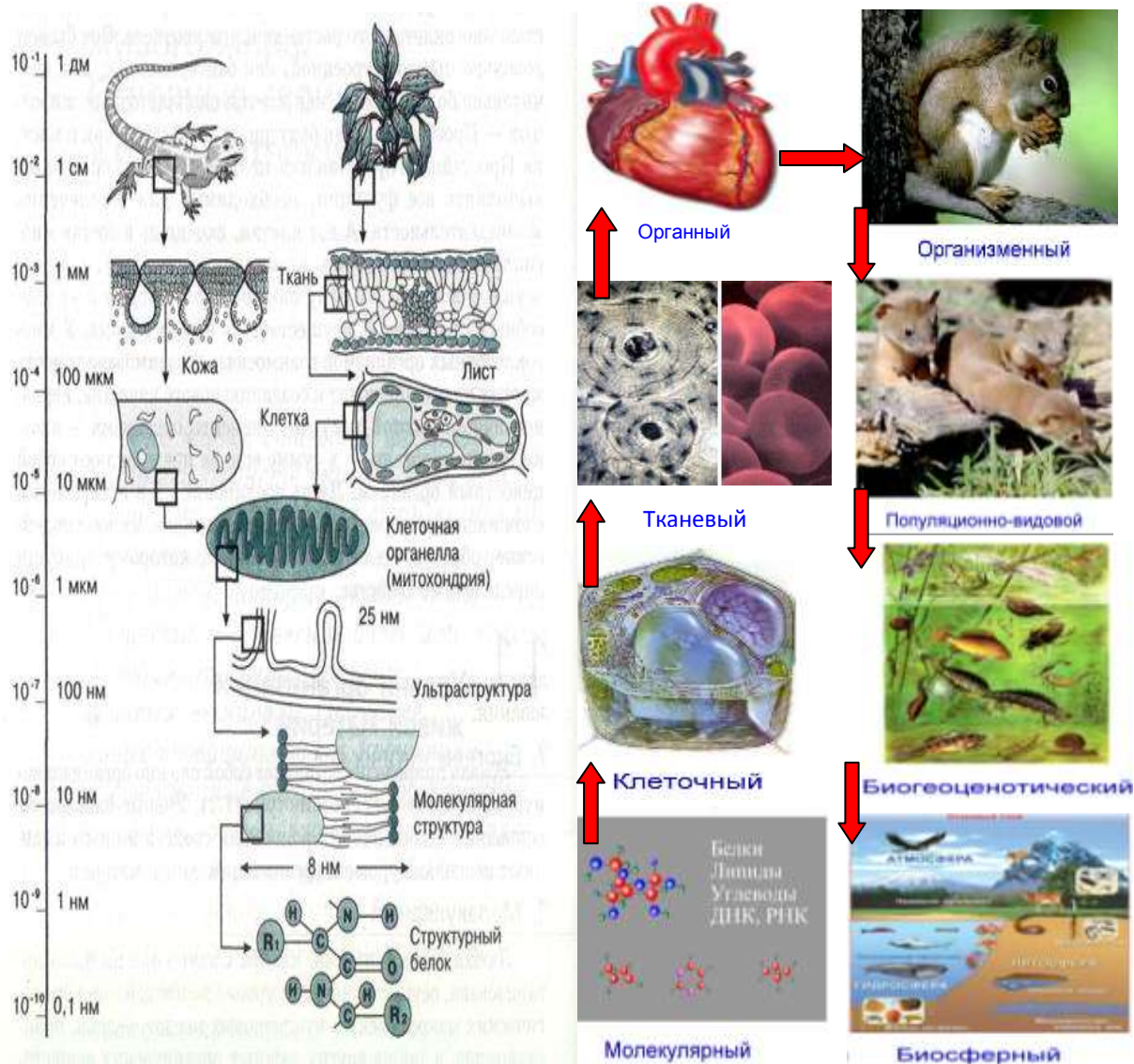


Рис. 1. Уровни организации живой материи

Совокупность организмов одного и того же вида, объединенная общим местом обитания, создает популяцию как систему надорганизменного порядка. В этой системе осуществляются простейшие, элементарные эволюционные преобразования.

7. *Биогеоценотический.* Биогеоценоз – совокупность организмов разных видов и различной сложности организации со всеми факторами конкретной среды их обитания – компонентами атмосферы, гидросферы и литосферы. Он включает: неорганические и органические вещества,

автотрофные и гетеротрофные организмы. Основные функции биогеоценоза – аккумуляция и перераспределение энергии.

8. *Биосферный*. Биосфера – самый высокий уровень организации жизни на нашей планете. В ней выделяют *живое вещество* – совокупность всех живых организмов, неживое, или *косное, вещество* и *биокосное вещество* – результат совместной деятельности живых организмов и абиогенных процессов (например, почва, ил, кора выветривания). По ориентировочным оценкам биомасса живого вещества составляет около $2,5 \times 10^{12}$ т. На биосферном уровне происходят круговорот веществ и превращение энергии, связанные с жизнедеятельностью всех живых организмов, обитающих на Земле.

Лекция № 2

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ КЛЕТКИ. НЕОРГАНИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ

Все живые организмы содержат в различных соотношениях химические элементы и построенные из них химические соединения.

Химический элемент – это определенный вид атомов с одинаковым положительным зарядом ядра.

Химическое соединение – это вещество, в котором атомы одного или нескольких химических элементов соединены друг с другом посредством химических связей.



Рис. 2. Вещества, входящие в состав живых организмов

Химические соединения бывают неорганическими и органическими. К **неорганическим** относят воду и минеральные соли. **Органические** соединения – это соединения углерода с другими элементами (белки, нуклеиновые кислоты, липиды, углеводы).

В состав клеток разных организмов входит 90 химических элементов периодической системы Д. И. Менделеева, встречающихся и в неживой природе. Эти элементы называются *биогенными*, причем 24 из них являются обязательными и идентифицированы во всех типах клеток. Однако соотношение химических элементов, их вклад в образование веществ, составляющих живой организм, и в какой-либо объект неживой природы резко различаются.

По количественному содержанию в клетке все химические элементы делят на 4 группы. Первую группу образуют четыре элемента: водород, кислород, углерод и азот. Их называют *макроэлементами*, так как содержатся в большом количестве в клетке. Это главные компоненты всех органических соединений. Вместе с двумя элементами второй группы – серой и фосфором, являющимися необходимыми составными частями биологических макромолекул – белков и нуклеиновых кислот, их часто называют *биоэлементами*. Кроме упомянутых фосфора и серы, во вторую группу входят калий, натрий, кальций, магний, железо и хлор. Их называют *мезоэлементами*. Все остальные элементы содержатся в клетке в очень малых количествах. В зависимости от общего вклада в массу клетки их делят на элементы третьей группы – *микроэлементы* и четвертой группы – *ультрамикроэлементы*.

- ✓ 1 группа (*макроэлементы*) – углерод, водород, кислород, азот (до 0,001% от массы тела);
- ✓ 2 группа (*мезоэлементы*) – калий, натрий, кальций, магний, сера, фосфор, хлор, железо (до 0,001% от массы тела);
- ✓ 3 группа (*микроэлементы*) – цинк, медь, фтор, йод, кобальт, бор, молибден и др. (от 0,001 до 0,000001% от массы тела);
- ✓ 4 группа (*ультрамикроэлементы*) – золото, селен, ртуть, уран, радий и др. (меньше 0,000001% от массы тела).

Процентное содержание в организме того или иного элемента никоим образом не характеризует степень его важности и необходимости в организме (таб. 1). Так, например, многие микроэлементы входят в состав различных биологически активных веществ – ферментов, витаминов (кобальт входит в состав витамина B₁₂), гормонов (йод входит

в состав тироксина); оказывают влияние на рост и развитие организмов (цинк, марганец, медь), кроветворение (железо, медь), процессы клеточного дыхания (медь, цинк) и т.д.

Таблица 1. Содержание и значение для жизнедеятельности клеток и организма важнейших химических элементов

Важнейшие химические элементы клетки	Символ	Примерное содержание, %	Значение для клетки и организма
Кислород	O	62	Входит в состав воды и органических веществ; участвует в клеточном дыхании.
Углерод	C	20	Входит в состав всех органических веществ.
Водород	H	10	Входит в состав воды и органических веществ; участвует в процессах преобразования энергии.
Азот	N	3	Входит в состав аминокислот, белков, нуклеиновых кислот, АТФ, хлорофилла, витаминов.
Кальций	Ca	2,5	Входит в состав клеточной стенки у растений, костей и зубов, повышает свертывание крови и сократимость мышечных волокон.
Фосфор	P	1,0	Входит в состав костной ткани и зубной эмали, нуклеиновых кислот, АТФ, некоторых ферментов.
Сера	S	0,25	Входит в состав аминокислот (цистеин, цистин и метионин), некоторых витаминов, участвует в образовании дисульфидных связей при образовании третичной структуры белков.
Калий	K	0,25	Содержится в клетке только в виде ионов, активирует ферменты белкового синтеза, обуславливает нормальный ритм сердечной деятельности, участвует в процессах фотосинтеза, генерации биоэлектрических потенциалов.
Хлор	Cl	0,2	Преобладает отрицательный ион в организме животных. Компонент соляной кислоты в желудочном соке.

Натрий	Na	0,1	Содержится в клетке только в виде ионов, обуславливает нормальный ритм сердечной деятельности, влияет на синтез гормонов.
Магний	Mg	0,07	Входит в состав молекул хлорофилла, а также костей и зубов, активирует энергетический обмен и синтез ДНК.
Йод	I	0,0001	Входит в состав гормонов щитовидной железы.
Железо	Fe	0,01	Входит в состав многих ферментов, гемоглобина и миоглобина, участвует в биосинтезе хлорофилла, в транспорте электронов, в процессах дыхания и фотосинтеза.
Цинк	Zn	0,003	Входит в состав некоторых ферментов, расщепляющих полипептиды, участвует в синтезе растительных гормонов (ауксинов) и гликолизе.
Медь	Cu	0,0002	Входит в состав гемоцианинов у беспозвоночных, в состав некоторых ферментов, участвует в процессах кроветворения, фотосинтеза, синтеза гемоглобина.
Марганец	Mn	Следы	Входит в состав или повышает активность некоторых ферментов, участвует в развитии костей, ассимиляции азота и процессе фотосинтеза.
Молибден	Mo	Следы	Входит в состав некоторых ферментов (нитратредуктаза), участвует в процессах связывания атмосферного азота клубеньковыми бактериями.
Кобальт	Co	Следы	Входит в состав витамина В ₁₂ , участвует в фиксации атмосферного азота клубеньковыми бактериями.
Бор	B	Следы	Влияет на ростовые процессы растений, активирует восстановительные ферменты дыхания.

НЕОРГАНИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ: ВОДА И МИНЕРАЛЬНЫЕ ВЕЩЕСТВА

Вода – самое распространенное неорганическое соединение. Содержание воды составляет от 10% (зубная эмаль) до 90% массы клетки (развивающийся эмбрион). Без воды жизнь невозможна, биологическое значение воды определяется ее химическими и физическими свойствами.

Молекула воды имеет *угловую форму*: атомы водорода по отношению к кислороду образуют угол, равный $104,7^\circ$. Та часть молекулы, где находится водород, заряжена положительно, а часть, где находится кислород, – отрицательно, в связи с этим молекула воды является *диполем* (рис. 3а). Между диполями воды образуются водородные связи (рис. 3б).

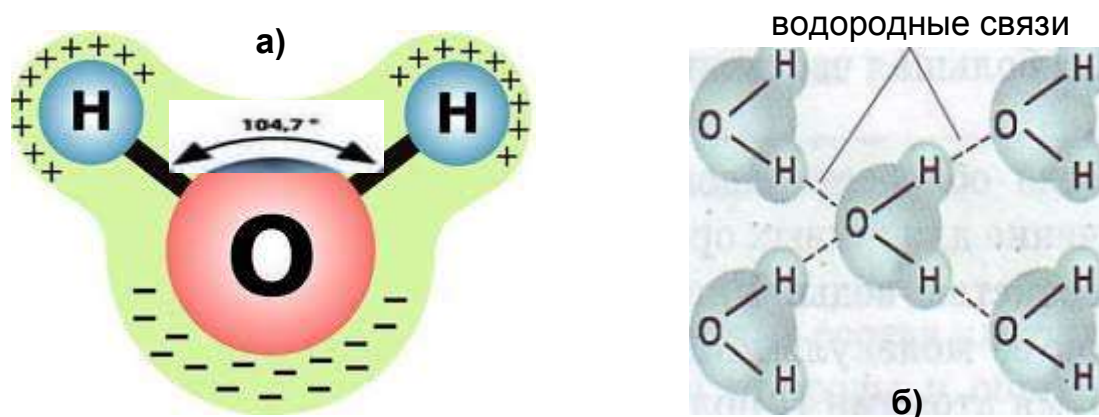


Рис. 3. Строение молекулы воды (а) и водородные связи между ее молекулами (б)

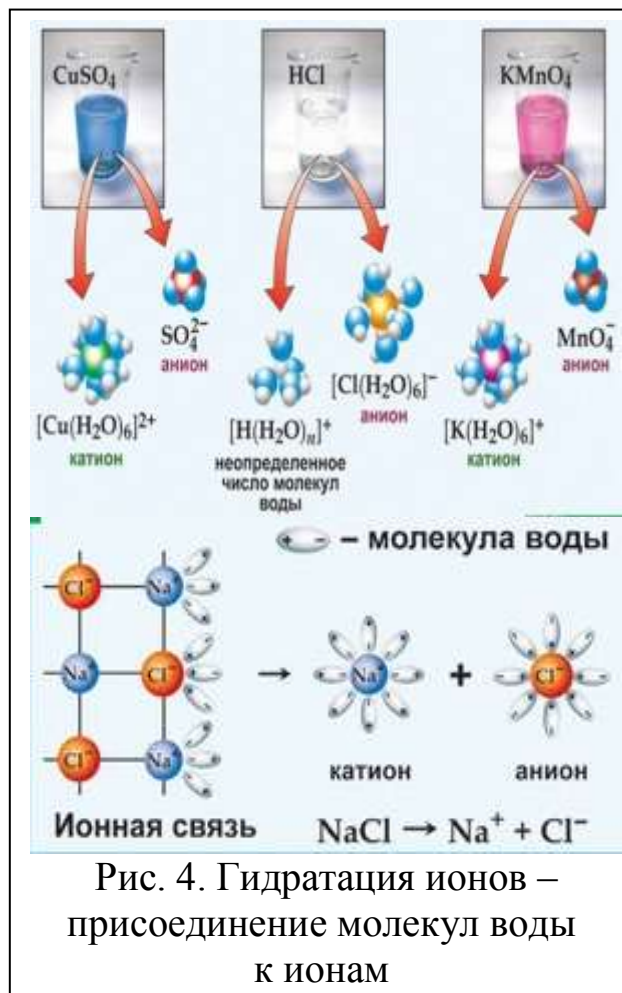
Физические свойства воды: прозрачна, максимальная плотность – при 4°C , высокая теплоемкость, практически не сжимается; чистая вода плохо проводит тепло и электричество, замерзает при 0°C , кипит при 100°C и т. д.

Химические свойства воды: хороший растворитель, образует гидраты, вступает в реакции гидролитического разложения, взаимодействует со многими оксидами и т.д. По отношению к способности растворяться в воде различают: *гидрофильные вещества* (от греч. *hygros* – влажный и *philia* – дружба, склонность) – хорошо растворимые, *гидрофобные вещества* (от греч. *phobos* – страх) – практически нерастворимые в воде.

Биологическое значение воды:

- ✓ является основой внутренней и внутриклеточной среды;
- ✓ обеспечивает поддержание пространственной структуры;

- ✓ обеспечивает транспорт веществ;
- ✓ гидратирует полярные молекулы;
- ✓ служит растворителем и средой для диффузии;
- ✓ участвует в реакциях фотосинтеза и гидролиза;
- ✓ способствует охлаждению организма;
- ✓ является средой обитания для многих организмов;
- ✓ является средой, в которой происходит оплодотворение;
- ✓ у растений обеспечивает транспирацию и прорастание семян;
- ✓ способствует миграциям и распространению семян, плодов, личиночных стадий;
- ✓ способствует равномерному распределению тепла в организме и мн. др.



Минеральные вещества клетки. Минеральные вещества составляют от 1,0 до 1,5% от сырой массы клетки и находятся в клетке в виде солей – либо диссоциированных на ионы, либо в твердом состоянии.

В цитоплазме практически любой клетки находятся кристаллические включения, состоящие, как правило, из слаборастворимых солей кальция и фосфора. Кроме них могут содержаться двуокись кремния и другие неорганические вещества. Они используются для образования опорных структур клетки (например, минеральный скелет радиолярий) и организма: минерального вещества костной ткани (соли кальция и фосфора), раковин моллюсков (соли кальция), хитина (соли кальция) и др.

Неорганические ионы, имеющие немаловажное значение для обеспечения процессов жизнедеятельности клетки, представлены катионами (K^+ , Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+}) и анионами (Cl^- , HPO_4^{2-} , $H_2PO_4^-$, HCO_3^- , NO_3^- , PO_4^{3-} , CO_3^{2-}) минеральных солей. В результате образуется разность потенциалов между содержимым клетки и окружающей ее средой, обеспечивающая такие важные процессы, как раздражимость и передача возбуждения по нерву или мышце.

По своей реакции растворы могут быть кислыми, основными и нейтральными. Кислотность или основность раствора определяется концентрацией в нем ионов H^+ . Эту концентрацию выражают при помощи водородного показателя – рН («пэ-аш»). *Нейтральной реакции* жидкости отвечает $pH = 7,0$, *кислой реакции* – $pH < 7,0$ и *основной* – $pH > 7,0$. Протяженность шкалы рН – от 0 до 14,0.

Значение рН в клетках примерно равно 7,0. Изменение его на одну-две единицы губительно для клетки. Постоянство рН в клетках поддерживается благодаря буферным свойствам их содержимого. *Буферным* называют раствор, содержащий смесь какой-либо слабой кислоты и ее растворимой соли. Когда кислотность (концентрация ионов H^+) увеличивается, свободные анионы, источником которых является соль, легко соединяются со свободными ионами H^+ и удаляют их из раствора. Когда кислотность снижается, высвобождаются дополнительные ионы H^+ . Так в буферном растворе поддерживается относительно постоянная концентрация ионов H^+ . Некоторые органические соединения, в частности белки, также имеют буферные свойства.

Являясь компонентами *буферных систем* организма, ионы определяют их свойства – *способность поддерживать рН на постоянном уровне* (близко к нейтральной реакции), несмотря на то, что в процессе обмена веществ непрерывно образуются кислые и щелочные продукты. Так, фосфатная буферная система млекопитающих, состоящая из HPO_4^{2-} и $H_2PO_4^-$, поддерживает рН внутриклеточной жидкости в пределах 6,9-7,4. Главной буферной системой внеклеточной среды (плазмы крови) служит бикарбонатная система, состоящая из H_2CO_3 и HCO_3^- и поддерживающая рН на уровне 7,4.

Соединения азота, фосфора, кальция и другие неорганические вещества используются для синтеза органических молекул (аминокислот, белков, нуклеиновых кислот и др.).

Ионы некоторых металлов (магний, кальций, цинк, медь, марганец, молибден, бром, кобальт) являются компонентами многих ферментов, гормонов и витаминов или активируют их. Например, ион железа входит в состав гемоглобина крови, ион цинка – гормона инсулина. При их недостатке нарушаются важнейшие процессы жизнедеятельности клетки.

Важную роль для жизнедеятельности организмов играют неорганические кислоты и их соли. Так, соляная кислота входит в состав желудочного сока и создает условия для переваривания белков пищи.

Остатки серной кислоты способствуют выведению из организма нерастворимых в воде веществ. Неорганические натриевые и калиевые соли азотной и фосфорной кислот, кальциевая соль серной кислоты служат важными компонентами минерального питания растений, соли кальция и фосфора входят в состав костной ткани животных.

Лекция № 3

ОРГАНИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ: УГЛЕВОДЫ. СТРОЕНИЕ И ФУНКЦИИ

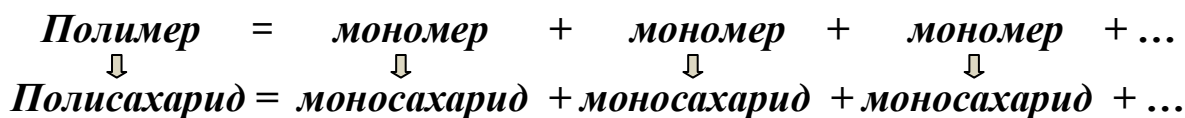
Углеводы – самые распространенные на Земле органические вещества. Название происходит от слов «уголь» (лат. *carbō*) и «вода». Причиной этого является то, что первые из известных науке углеводов описывались брутто-формулой $C_x(H_2O)_y$, формально являясь соединениями углерода и воды. В животных клетках углеводов немного: 1–2 иногда до 5% (например, в клетках печени). Растительные клетки, напротив, богаты углеводами – там их содержание достигает 90% сухой массы.

Углеводы, или **сахариды**, – органические соединения, в состав которых входят углерод (C), водород (H), кислород (O) и выражается общей формулой $C_m(H_2O)_n$. Исключение составляют дезоксисахара, имеющие общую формулу $C_mH_{2n+2}O_n$.

Углеводы делят на **простые** (моносахариды) и **сложные** (олигосахариды, полисахариды) или **мономер** и **полимер**.

Полимеры (от греч. *поли* – много и *мерос* – часть) – гигантские молекулы, образованные многими повторяющимися частями, так называемыми мономерами (от греч. *монос* – один).

Мономер – это строительные блоки, способные соединяться друг с другом, образуя полимеры, известные также под названием макромолекул (от греч. *макрос* – большой).



Моносахариды – простые углеводы, в зависимости от числа атомов углерода подразделяются на триозы (3), тетрозы (4), пентозы (5), гексозы (6) и гептозы (7 атомов). Наиболее распространены пентозы и гексозы.

Свойства моносахаридов – легко растворяются в воде, кристаллизуются, имеют сладкий вкус, могут быть представлены в форме α - или β -изомеров.

Из моносахаридов наибольшее значение для живых организмов имеют рибоза, дезоксирибоза, глюкоза, фруктоза, галактоза.

Рибоза и *дезоксирибоза* относятся к группе *пентоз*, входят в состав нуклеотидов РНК и ДНК, рибонуклеозидтрифосфатов и дезоксирибонуклеозидтрифосфатов и др. Дезоксирибоза ($C_5H_{10}O_4$) отличается от рибозы ($C_5H_{10}O_5$) тем, что при втором атоме углерода имеет атом водорода, а не гидроксильную группу, как у рибозы (рис. 5).

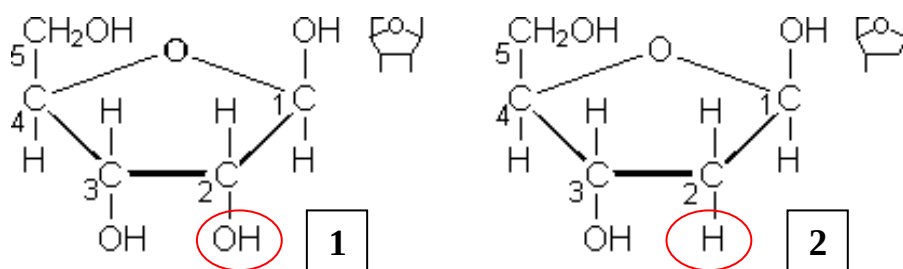


Рис. 5. Моносахариды: 1 – рибоза, 2 – дезоксирибоза

Глюкоза, или *виноградный сахар* ($C_6H_{12}O_6$), относится к группе *гексоз*, может существовать в виде α -глюкозы или β -глюкозы. Отличие между этими пространственными изомерами заключается в том, что при первом атоме углерода у α -глюкозы гидроксильная группа расположена под плоскостью кольца, а у β -глюкозы – над плоскостью (рис. 6).

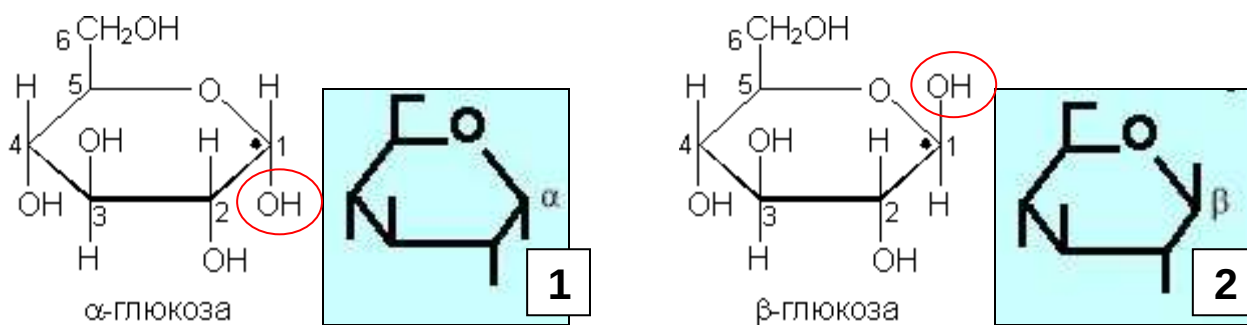


Рис. 6. Моносахариды: 1 – α -глюкоза, 2 – β -глюкоза

Глюкоза – это:

- ✓ один из самых распространенных моносахаридов;
- ✓ важнейший источник энергии для всех видов работ, происходящих в клетке (энергия выделяется при окислении глюкозы в процессе дыхания);
- ✓ мономер многих олигосахаридов и полисахаридов;
- ✓ необходимый компонент крови.

Фруктоза, или *фруктовый сахар* ($C_6H_{12}O_6$), относится к группе гексоз, слаще глюкозы, в свободном виде содержится в меде (более 50%) и фруктах. Является мономером многих олигосахаридов и полисахаридов.

Олигосахариды (греч. *oligos* – немного) образованы несколькими (от двух до десяти) моносахаридами, связанными ковалентно друг с другом с помощью гликозидной связи. В зависимости от числа остатков моносахаридов различают *дисахариды*, *трисахариды* и т.д. Наиболее распространены *дисахариды* (рис. 7).

Свойства олигосахаридов – растворяются в воде, кристаллизуются, сладкий вкус уменьшается по мере увеличения числа остатков моносахаридов.

Сахароза, или *тростниковый*, или *свекловичный сахар*, – дисахарид, состоящий из остатков глюкозы и фруктозы. Содержится в тканях растений. Является продуктом питания (бытовое название – сахар). В промышленности сахарозу вырабатывают из сахарного тростника (стебли содержат 10–18%) или сахарной свеклы (корнеплоды содержат до 20% сахарозы).

Мальтоза, или *солодовый сахар*, – дисахарид, состоящий из двух остатков глюкозы. Присутствует в прорастающих семенах злаков.

Лактоза, или *молочный сахар*, – дисахарид, состоящий из остатков глюкозы и галактозы. Присутствует в молоке всех млекопитающих (2–8,5%).

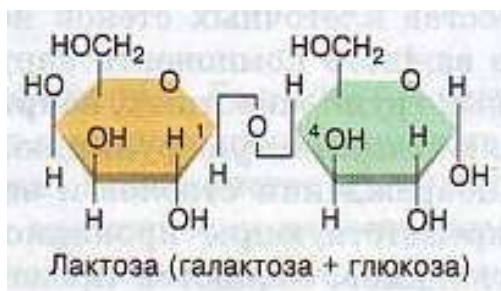
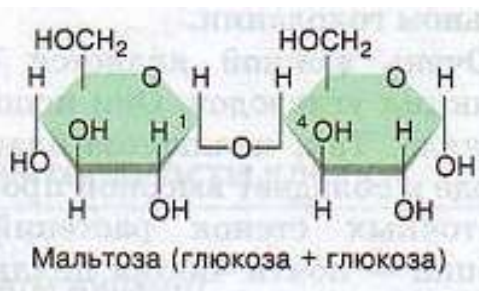
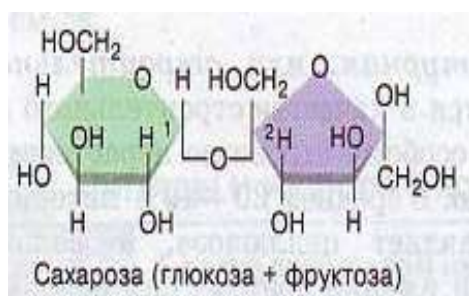


Рис. 7. Дисахариды

Полисахариды – являются полимерами и состоят из неопределенно большого (до нескольких сотен или тысяч) числа остатков молекул моносахаридов, соединенных ковалентными связями (рис. 8).

Свойства полисахаридов – не растворяются или плохо растворяются в воде, не образуют ясно оформленных кристаллов, не имеют сладкого вкуса.

Крахмал ($C_6H_{10}O_5$)_n – полимер, мономером которого является α -глюкоза. Полимерные цепочки крахмала содержат разветвленные (*амилопектин*, 1,6-гликозидные связи) и неразветвленные (*амилоза*, 1,4-гликозидные связи) участки. Крахмал – основной резервный углевод растений, является одним из продуктов фотосинтеза, накапливается в семенах, клубнях, корневищах, луковицах. Содержание крахмала в зерновках риса – до 86%, пшеницы – до 75%, кукурузы – до 72%, в клубнях картофеля – до 25%. Крахмал – основной углевод пищи человека (амилаза – пищеварительный фермент, расщепляющий полимер).

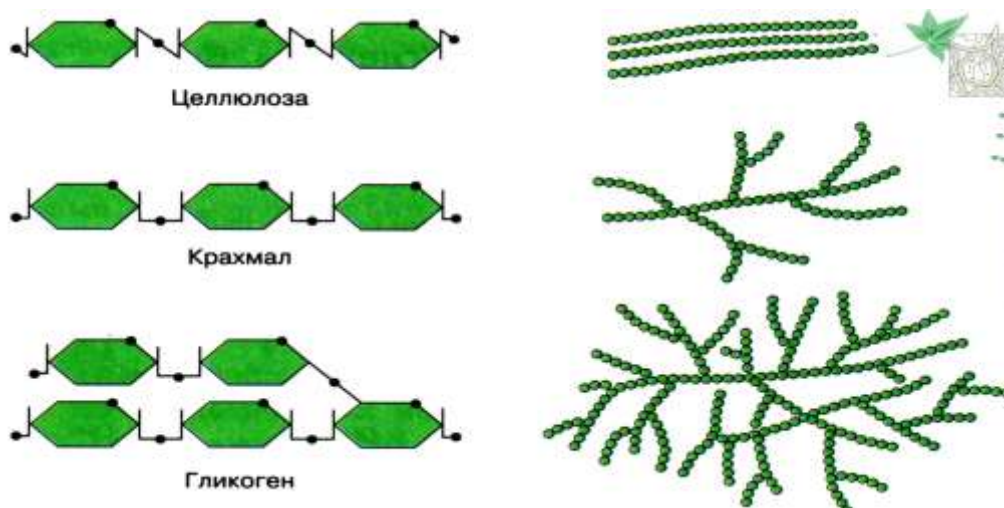


Рис. 8. Схема строения полисахаридов

Гликоген ($C_6H_{10}O_5$)_n – полимер, мономером которого также является α -глюкоза. Полимерные цепочки гликогена напоминают амилопектиновые участки крахмала, но в отличие от них ветвятся еще сильнее. Гликоген – основной резервный углевод животных, в частности, человека. Накапливается в печени (содержание – до 20%) и мышцах (до 4%), является источником глюкозы.

Целлюлоза ($C_6H_{10}O_5$)_n – полимер, мономером которого является β -глюкоза. Полимерные цепочки целлюлозы не ветвятся (β -1,4-гликозидные связи). Основной структурный полисахарид клеточных стенок растений. Содержание целлюлозы в древесине – до 50%,

в волокнах семян хлопчатника – до 98%. Целлюлоза не расщепляется пищеварительными соками человека, т.к. у него отсутствует фермент целлюлаза, разрывающий связи между β -глюкозами.

Инулин – полимер, мономером которого является фруктоза. Резервный углевод растений семейства Сложноцветные и др. Содержание инулина в клубнях топинамбура – 10-18%, корнях цикория – 40-60%. Применяется как заменитель крахмала и сахара при сахарном диабете. Служит исходным материалом для промышленного получения фруктозы.

Гликопротеины – комплексные вещества, образующиеся в результате соединения углеводов и белков.

ФУНКЦИИ УГЛЕВОДОВ:

<i>Функция</i>	<i>Примеры и пояснения</i>
Энергетическая	Основной источник энергии для всех видов работ, происходящих в клетках. При расщеплении 1 г углеводов выделяется 17,6 кДж.
Структурная (строительная)	Из <i>целлюлозы</i> состоит клеточная стенка растений, из <i>муреина</i> – клеточная стенка бактерий, из <i>хитина</i> – клеточная стенка грибов и покровы членистоногих; <i>гликопротеины</i> входят в состав хрящевой и костной ткани животных.
Запасающая	Резервным углеводом у животных и грибов является <i>гликоген</i> , у растений – <i>крахмал</i> , <i>инулин</i> . Эти вещества служат для клеток и организмов источником глюкозы, которая легко высвобождается по мере необходимости.
Защитная	<i>Слизь</i> , выделяемые различными железами и богатые углеводами, предохраняют пищевод, кишечник, желудок, бронхи от механических повреждений, препятствуют проникновению в организм бактерий и вирусов; <i>камеди</i> , выделяющиеся в местах повреждения стволов и ветвей, защищают деревья и кустарники от проникновения инфекций через раны. <i>Гепарин</i> предотвращает свертывание крови у животных и человека.
Пластическая	Участвуют в построении ДНК, РНК, АТФ; входят вместе с белками в состав ферментов; участвуют в синтезе коферментов НАД ⁺ , НАДФ ⁺ , ФАД ⁺ .
Участие в фиксации углерода	<i>Рибулозобифосфат</i> является непосредственным акцептором углекислого газа в темновой фазе фотосинтеза.

ОРГАНИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ: ЛИПИДЫ. СТРОЕНИЕ И ФУНКЦИИ

Липиды (от греч. *lipos* – жир) – обширная группа жиров и жироподобных веществ, в состав которых входят жирные кислоты и их производные. Они содержатся во всех живых клетках. В некоторых клетках липидов очень мало, всего несколько процентов, а вот в клетках подкожной жировой клетчатки млекопитающих и семенах, например подсолнечника, их содержание достигает 90%.

Для большинства липидов характерны свойства гидрофобности и липофильности, это значит, что липиды плохо растворимы в воде и хорошо растворимы в неполярных растворителях (спирты – фенол, стирол, эфир, хлороформ, толуол, бензол и др.).

В зависимости от особенности строения молекул различают:

Простые липиды, представляющие собой двухкомпонентные вещества, являющиеся сложными эфирами высших жирных кислот и какого-либо спирта. К ним относятся *нейтральные жиры* и *воска*.

Сложные липиды, имеющие многокомпонентные молекулы: *фосфолипиды*, *липопротеины*, *гликолипиды*.

Липоиды, к которым относятся *стероиды* – полициклический спирт холестерин и его производные.

Нейтральные жиры, или *триглицериды*, – наиболее простые и широко распространенные липиды. Их молекулы образуются в результате присоединения трех остатков высокомолекулярных жирных кислот к одной молекуле трехатомного спирта – глицерина.

В составе триглицеридов обнаружено более 500 жирных кислот, молекулы которых имеют сходное строение. Жирные кислоты имеют одинаковую для всех кислот группировку – карбоксильную группу ($-\text{COOH}$) и радикал ($\text{R}-$), которым они отличаются друг от друга. Обычно в реакцию вступают все три гидроксильные группы глицерина, поэтому продукт реакции называется *триглицеридом* (рис. 9).

Среди соединений этой группы различают жиры, остающиеся твердыми при температуре 20 °С, и масла, которые в этих условиях становятся жидкими. Масла более типичны для растений, но могут встречаться и у животных.

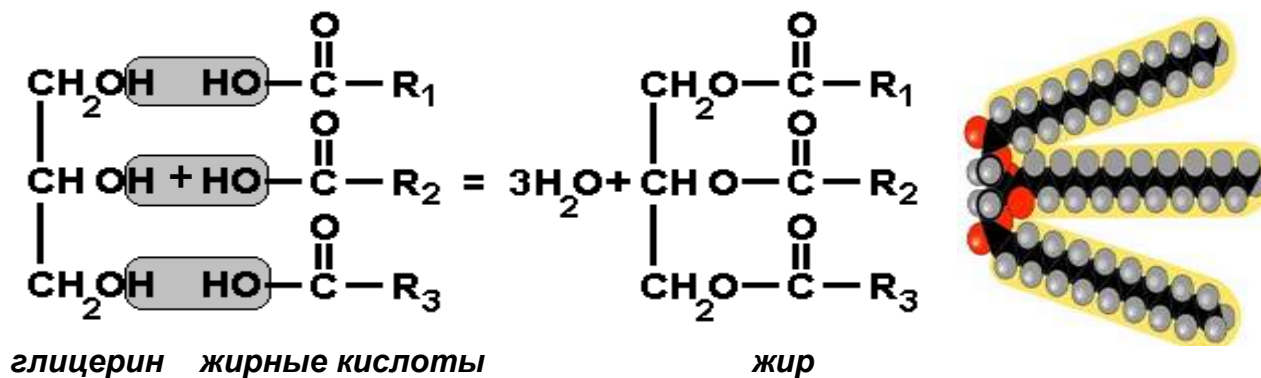
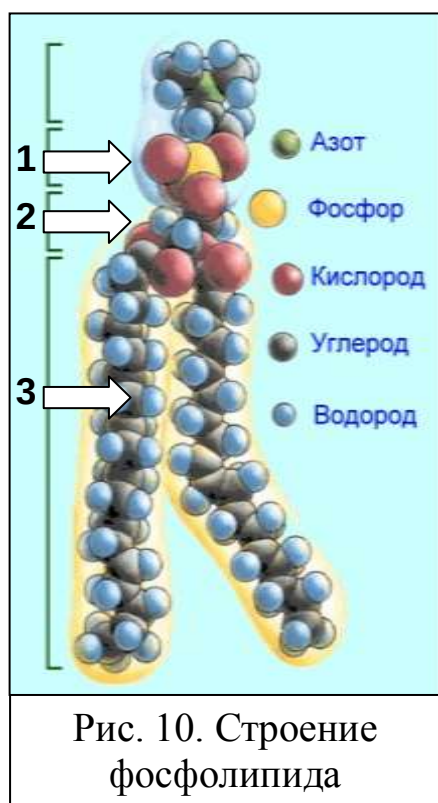


Рис. 9. Образование молекулы жира (триглицерида) из глицерина и трех жирных кислот

Воска – сложные эфиры, образуемые жирными кислотами и многоатомными спиртами. Они покрывают кожу, шерсть, перья животных, смягчая их и предохраняя от действия воды. Восковой защитный слой покрывает также стебли, листья и плоды многих растений.



Фосфолипиды по своей структуре сходны с жирами, но в их молекуле один или два остатка жирных кислот замещены остатком фосфорной кислоты. Фосфолипиды являются составным компонентом клеточных мембран.

Рис. 10. **ФОСФОЛИПИД** =
ГЛИЦЕРИН (2) + ОСТАТКИ ВЫСШИХ
ЖИРНЫХ КИСЛОТ (3) + ОСТАТОК
ФОСФОРНОЙ КИСЛОТЫ (1)

Липопротейны (липопротеиды) – комплексные вещества, образующиеся в результате соединения белков и липидов.

Гликолипиды – комплексные вещества, образующиеся в результате соединения углеводов и липидов.

Стероиды – липиды, не содержащие жирных кислот и имеющие особую структуру. К стероидам относятся гормоны, в частности кортизон, вырабатываемый корой надпочечников, различные половые гормоны, витамины А, D, Е, К и ростовые вещества растений. Стероид холестерин – важный компонент клеточных мембран у животных, однако его избыток в организме может привести к заболеваниям сердечно-сосудистой системы и образованию желчных камней.

ФУНКЦИИ ЛИПИДОВ:

Функция	Примеры и пояснения
Энергетическая	Основная функция <i>триглицеридов</i> . При расщеплении 1 г жира выделяется 38,9 кДж.
Структурная	<i>Фосфолипиды, гликолипиды, липопротеины, холестерин</i> принимают участие в образовании клеточных мембран.
Запасающая	<i>Жиры и масла</i> являются резервным пищевым веществом у животных и растений. Важно для животных, впадающих в холодное время года в спячку или совершающих длительные переходы через местность, где нет источников питания. <i>Масла семян</i> растений необходимы для обеспечения энергией проростка.
Защитная	<i>Прослойки жира и жировые капсулы</i> обеспечивают амортизацию внутренних органов. <i>Слои воска</i> используются в качестве водоотталкивающего покрытия у растений и животных.
Теплоизоляционная	<i>Подкожная жировая клетчатка</i> препятствует оттоку тепла в окружающее пространство. Важно для водных млекопитающих или млекопитающих, обитающих в холодном климате.
Регуляторная	<i>Гиббереллины</i> регулируют рост растений. Половой гормон <i>тестостерон</i> отвечает за развитие мужских вторичных половых признаков. Половой гормон <i>эстроген</i> отвечает за развитие женских вторичных половых признаков. <i>Минералокортикоиды</i> (альдостерон и др.) контролируют водно-солевой обмен. <i>Глюкокортикоиды</i> (кортизол и др.) принимают участие в регуляции углеводного и белкового обменов.
Источник метаболической воды	При окислении 1 кг жира выделяется 1,1 кг воды. Важно для обитателей пустынь.
Каталитическая	<i>Витамины А, D, E, К</i> являются кофакторами ферментов, т.е. сами по себе эти витамины не обладают каталитической активностью, но без них ферменты не могут выполнять свои функции.

Лекция № 5

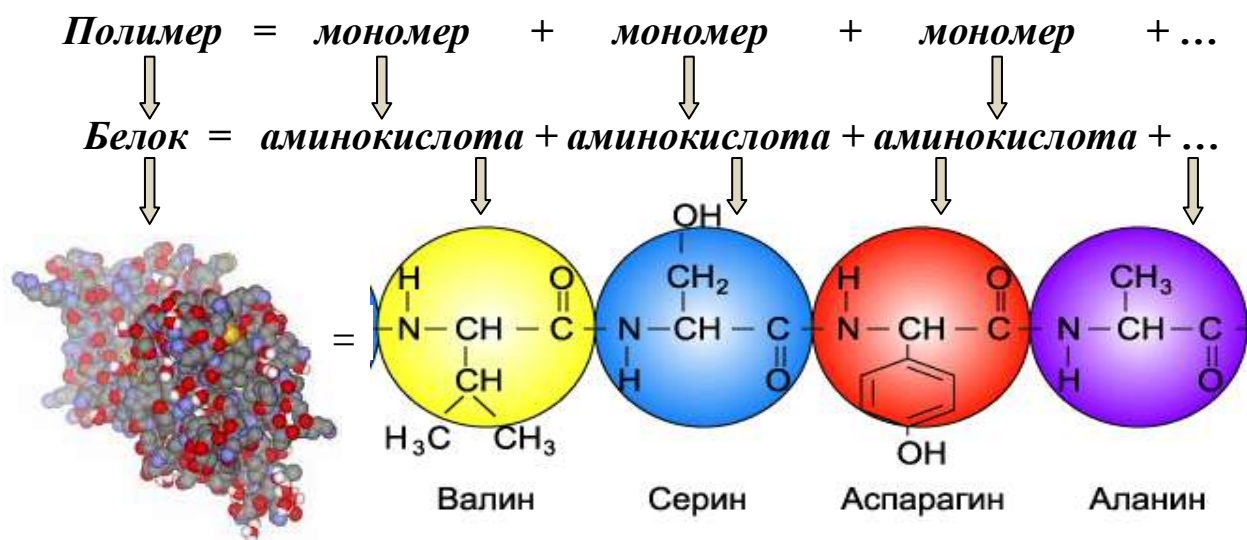
**ОРГАНИЧЕСКИЕ БИОПОЛИМЕРЫ: БЕЛКИ.
ФЕРМЕНТЫ**

СТРОЕНИЕ И ФУНКЦИИ БЕЛКОВ

Белки – самые многочисленные, наиболее разнообразные и имеющие первостепенное значение биополимеры. Благодаря им организм приобрел возможность двигаться, размножаться, расти, усваивать пищу, реагировать на внешние воздействия и т.д.

Белки, или **протеины**, представляют собой высокомолекулярные органические соединения, т.е. *полимеры*. Они имеют большие размеры, поэтому их называют *макромолекулами*. В *состав белков* входят углерод, водород, азот, кислород, сера. Часть белков образует комплексы с другими молекулами, содержащими фосфор, железо, цинк и медь.

В организме человека насчитывается до 100 000 белков. При этом его содержание в различных тканях человека неодинаково. Так, мышцы содержат до 80% белка, селезенка, кровь, легкие – 72%, кожа – 63%, печень – 57%, мозг – 15%, жировая ткань, костная и ткань зубов – 14–28%. Белки отличаются друг от друга числом (от ста до нескольких тысяч), составом и последовательностью мономеров. *Мономерами белков* являются *аминокислоты*.



В клетках разных живых организмов встречается свыше 170 различных аминокислот, но бесконечное разнообразие белков создается за счет различного сочетания всего 20 аминокислот. Из них может быть образовано 2 432 902 008 176 640 000 комбинаций, т. е. различных белков,

которые будут обладать совершенно одинаковым составом, но различным строением. Но и это огромное число не предел – белок может состоять и из большего числа аминокислотных остатков, и, кроме того, каждая аминокислота может встречаться в белке несколько раз. Как из 33 букв алфавита мы можем составить огромное число слов, так из 20 аминокислот – огромное множество белков.

Поскольку в состав молекул белков входит большое число аминокислот, то их молекулярная масса бывает очень большой: от десятков тысяч до нескольких миллионов. Например, молекулярная масса яичного альбумина – 45 000, гемоглобина – 68 000, миозина – 500 000, фермента глутаматдегидрогеназы – 1 000 000.

Классификация белков. В зависимости от аминокислотного состава, белки бывают: *полноценными* – содержат весь набор аминокислот; *неполноценными* – какие-то аминокислоты в их составе отсутствуют. Если белки состоят только из аминокислот, их называют *простыми* или *протеинами*. Если белки содержат помимо аминокислот еще и неаминокислотный компонент (простетическую группу), их называют *сложными* или *протеидами*. Простетическая группа может быть представлена металлами (*металлопротеиды*), углеводами (*гликопротеиды* или *гликопротеины*), липидами (*липопротеиды*), нуклеиновыми кислотами (*нуклеопротеиды*).

Строение аминокислоты. Молекула аминокислоты состоит из двух одинаковых для всех аминокислот частей, одна из которых является **аминогруппой** ($-\text{NH}_2$) с основными свойствами, другая – **карбоксильной группой** ($-\text{COOH}$) с кислотными свойствами. Часть молекулы, называемая **радикалом** ($\text{R}-$), у разных аминокислот имеет различное строение (рис. 11).

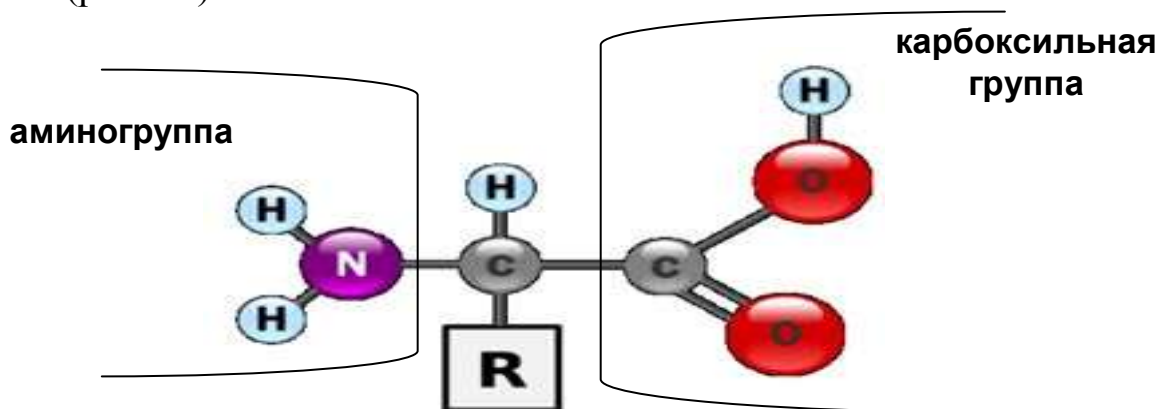


Рис. 11. Строение молекулы аминокислоты

Аминокислоты являются *амфотерными соединениями*, так как в растворе они могут выступать как в роли кислот, так и оснований. В водных растворах аминокислоты существуют в разных ионных формах. Каждая аминокислота имеет свое название, особое строение и свойства.

Классификация аминокислот. В зависимости от количества аминогрупп и карбоксильных групп, входящих в состав аминокислот, различают: *нейтральные аминокислоты*, имеющие одну карбоксильную группу и одну аминогруппу; *основные аминокислоты*, имеющие более одной аминогруппы; *кислые аминокислоты*, имеющие более одной карбоксильной группы (рис. 12).

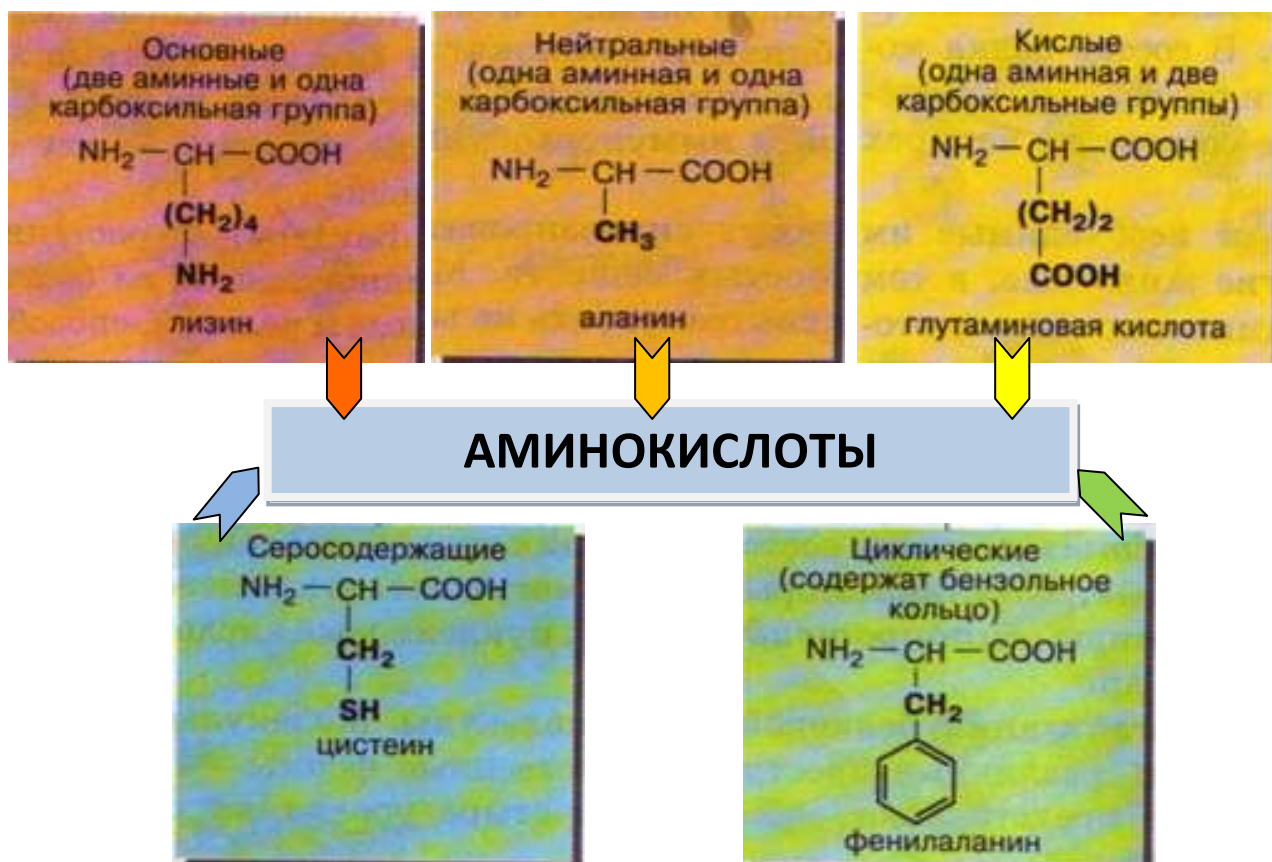


Рис. 12. Примеры строения аминокислот

В зависимости от того, могут ли аминокислоты синтезироваться в организме человека и других животных, различают: *заменимые аминокислоты* – могут синтезироваться; *незаменимые аминокислоты* – не могут синтезироваться. Незаменимые аминокислоты должны поступать в организм вместе с пищей. Все виды аминокислот синтезируют растения и бактерии из более простых веществ.

Пептидная связь. Наличие в одной молекуле аминокислоты основной и кислотной групп обуславливает их высокую реакционную способность. Через эти группы происходит соединение аминокислот при образовании белка, т.е. при взаимодействии аминогруппы одной аминокислоты с карбоксильной группой другой в ходе реакции выделяется молекула воды, а освободившиеся электроны образуют ковалентную азот-углеродную связь, которая получила название *пептидной* – образуется *пептид* (рис. 13).

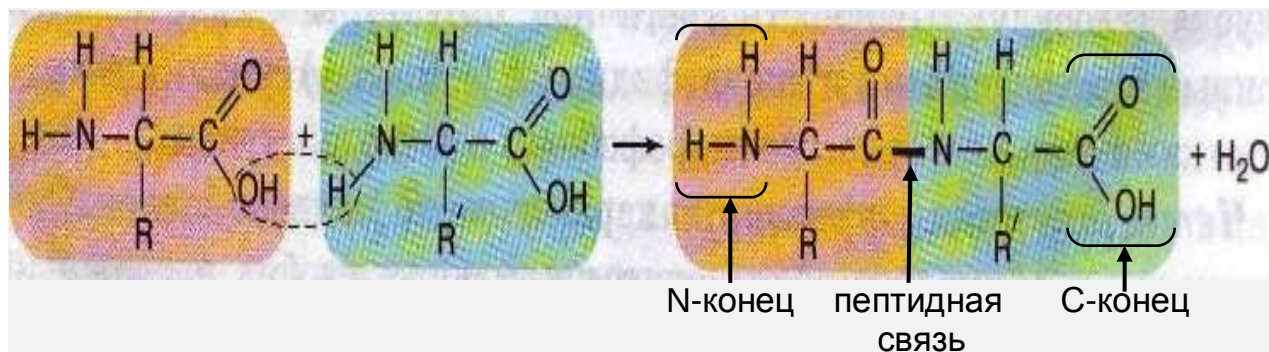


Рис. 13. Образование пептида

Образование пептидной связи может повторяться многократно, так как на одном конце пептида всегда находится свободная аминогруппа (его называют N-концом), а на другом – свободная карбоксильная группа (его называют C-концом). К этим свободным группам могут присоединяться другие аминокислоты, удлиняя «цепь».

В зависимости от количества аминокислот, входящих в состав пептида, различают *дипептиды*, *трипептиды*, *тетрапептиды* и т. д. Образование пептидной связи, повторяющееся многократно, приводит к образованию *полипептидов*. Полипептидные цепи белков бывают очень длинными и включают самые различные комбинации аминокислот. В состав белка может входить не одна, а две полипептидные цепи и более. Так, в молекуле инсулина – две цепи, а иммуноглобулины состоят из четырех цепей.

Пространственная организация белковых молекул. Выполнение белками определенных специфических функций зависит от их *конформации* – *пространственной конфигурации молекулы белка*. Клетке энергетически невыгодно держать белки в развернутой форме – в виде цепочки, поэтому полипептидные цепи подвергаются укладке, приобретая определенную *трехмерную структуру*, или *конформацию*.

Выделяют **4 уровня пространственной организации белков**.

Первичная структура белка – линейная цепь аминокислот, расположенных в определенной последовательности и соединенных между собой пептидными связями (рис. 14).

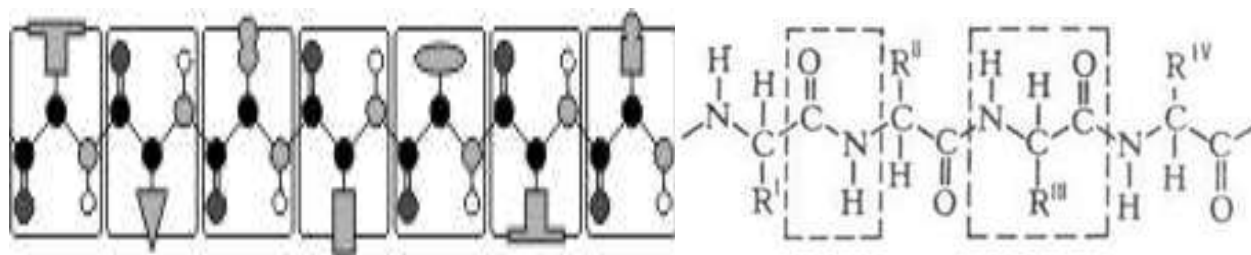


Рис. 14. Первичная структура белка

Каждый индивидуальный белок имеет уникальную первичную структуру. Замена всего лишь одной аминокислоты на другую в полипептидной цепочке приводит к изменению свойств и функций белка. Например, замена в β -субъединице гемоглобина шестой глутаминовой аминокислоты на валин приводит к тому, что молекула гемоглобина в целом не может выполнять свою основную функцию – транспорт кислорода; в таких случаях у человека развивается заболевание – серповидноклеточная анемия.

Вторичная структура – упорядоченно уложенная полипептидная цепь в α -спираль (α -структура – имеет вид растянутой пружины) или β -складчатый слой (β -структура – имеет вид листа, сложенного в гармошку).

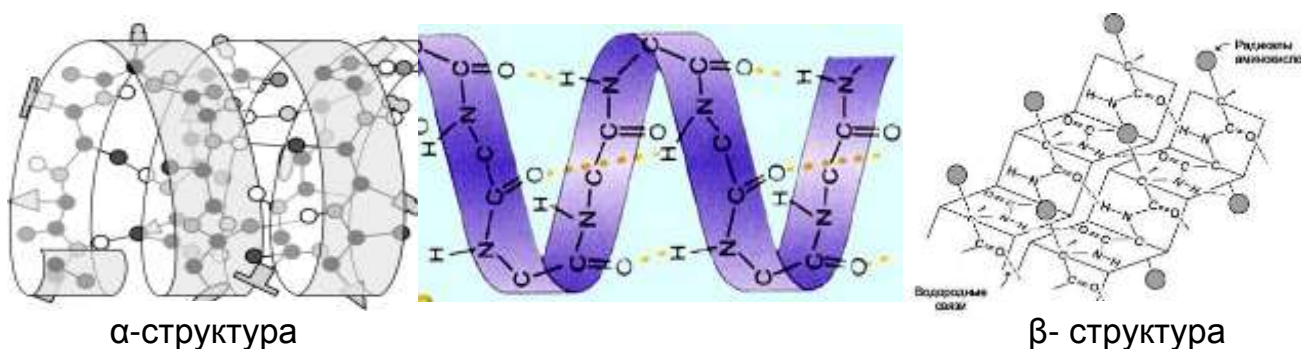


Рис. 15. Вторичная структура белка

Витки спирали укрепляются водородными связями, возникающими между карбоксильными группами и аминогруппами. Практически все $\text{CO}-$ и $\text{NH}-$ группы принимают участие в образовании водородных связей.

Они слабее пептидных, но, повторяясь многократно, придают данной конфигурации устойчивость и прочность (рис. 15).

На уровне вторичной структуры существуют белки: фиброин (шелк, паутина), кератин (волосы, ногти), коллаген (сухожилия).

Третичная структура – многократно свернутая полипептидная цепь в виде α -спирали или β -складчатого слоя в трехмерное образование – глобулу (имеет вид клубка).

Формируется в результате возникновения химических связей (водородных, ионных, дисульфидных) и установления гидрофобных взаимодействий между радикалами аминокислот. Основную роль в образовании третичной

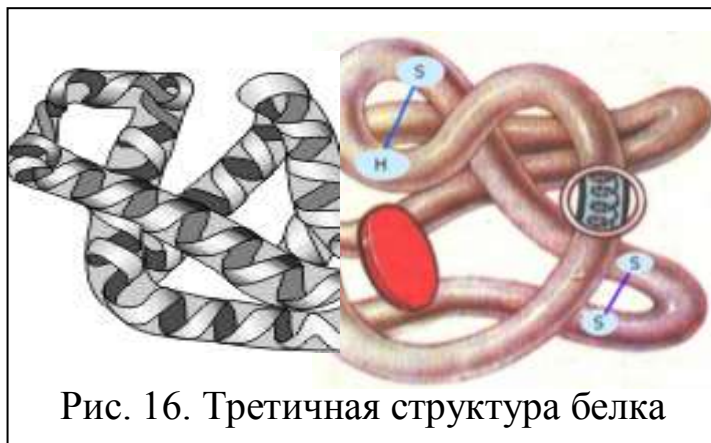


Рис. 16. Третичная структура белка

структуры играют гидрофильно-гидрофобные взаимодействия. В водных растворах гидрофобные радикалы стремятся спрятаться от воды, группируясь внутри глобулы, в то время как гидрофильные радикалы в результате гидратации (взаимодействия с диполями воды) стремятся оказаться на поверхности молекулы. У некоторых белков третичная структура стабилизируется дисульфидными ковалентными связями, возникающими между атомами серы двух остатков цистеина (рис. 16). На уровне третичной структуры существуют ферменты, антитела, некоторые гормоны.

Четвертичная структура – сложный комплекс нескольких (двух, трех и более) молекул белка, обладающих третичной структурной организацией. Характерна не для всех белков. Такой комплекс также рассматривается как белок, состоящий из нескольких субъединиц (рис. 17). Субъединицы удерживаются в молекуле благодаря ионным, гидрофобным и электростатическим взаимодействиям. Иногда при образовании четвертичной структуры

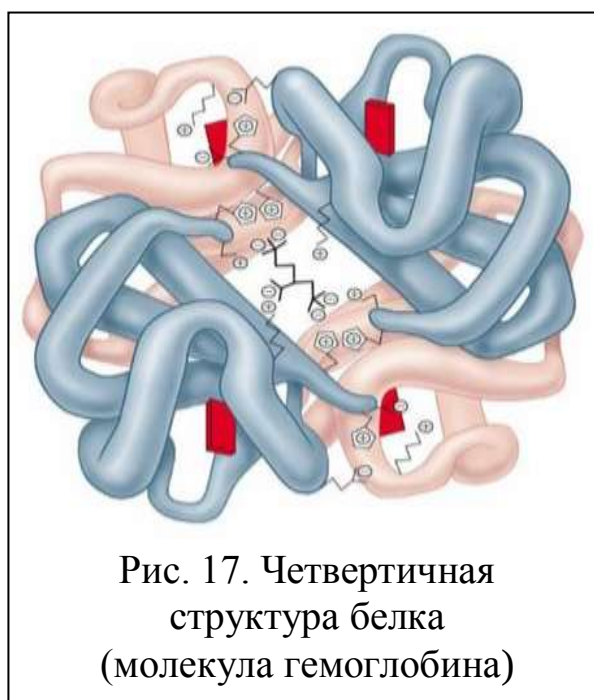
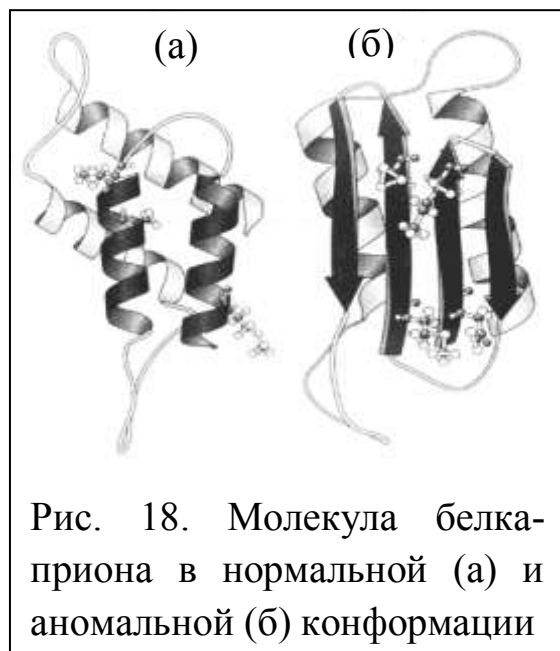


Рис. 17. Четвертичная структура белка (молекула гемоглобина)

между субъединицами возникают дисульфидные связи.

Наиболее изученным белком, имеющим четвертичную структуру, является *гемоглобин*. Его молекула состоит из четырех связанных между собой молекул. Другим примером может служить гормон поджелудочной железы – *инсулин*, включающий две субъединицы. В состав четвертичной структуры некоторых белков включаются помимо белковых субъединиц и



разнообразные небелковые компоненты. Тот же гемоглобин содержит сложное гетероциклическое соединение, в состав которого входит железо.

Если по каким-либо причинам пространственная конформация белков отклоняется от нормальной, белок не может выполнять свои функции. Например, причиной «коровьего бешенства» (губкообразной энцефалопатии) является аномальная конформация прионов – поверхностных белков нервных клеток (рис. 18).

Свойства белков. Белки, как и другие неорганические и органические соединения, обладают рядом физико-химических свойств, вытекающих из их структурной организации. Это во многом обуславливает функциональную активность каждой молекулы.

✓ *Амфотерность.* Белки сочетают в себе *основные* и *кислотные свойства*, определяемые радикалами аминокислот: чем больше кислых аминокислот в белке, тем ярче выражены его кислотные свойства и наоборот.

✓ *Буферность.* Способность отдавать и присоединять H^+ определяют буферные свойства белков. В кислой среде белки проявляют слабощелочные свойства и нейтрализуют кислоты. В щелочной среде они реагируют как слабые кислоты. Один из самых мощных буферов – гемоглобин в эритроцитах, поддерживающий pH крови на постоянном уровне.

✓ *Растворимость в воде.* Есть белки *растворимые* (глобулярные белки, например, фибриноген) и *нерастворимые*, выполняющие механические функции (фибриллярные белки: фиброин, кератин, коллаген). Белки – преимущественно водорастворимые молекулы и,

следовательно, могут проявлять свою функциональную активность только в водных растворах.

✓ *Химическая активность.* Есть белки в химическом отношении *активные* (ферменты) и химически *неактивные*.

✓ *Термолабильность.* Белки термолабильны, т.е. проявляют свою активность в узких температурных рамках.

✓ *Устойчивость.* Белки делят на *устойчивые* к воздействию различных условий внешней среды и крайне *неустойчивые*. Внешние факторы (действие повышенной температуры, ультрафиолетовое излучение, тяжелые металлы и их соли, изменение pH, радиация, обезвоживание и др.) могут вызывать разрушение структурной организации белков.

Утрата белковой молекулой своей структурной организации называется **денатурацией**. Причиной денатурации является разрыв связей, стабилизирующих определенную структуру белка. Первоначально рвутся наиболее слабые связи, а при ужесточении условий и более сильные. Поэтому вначале разрушается самая слабая структура – четвертичная, затем третичная, вторичная и при более жестких условиях – первичная. Изменение пространственной конфигурации приводит к изменению свойств белка и, как следствие, делает невозможным выполнение белком свойственных ему биологических функций (рис. 19).

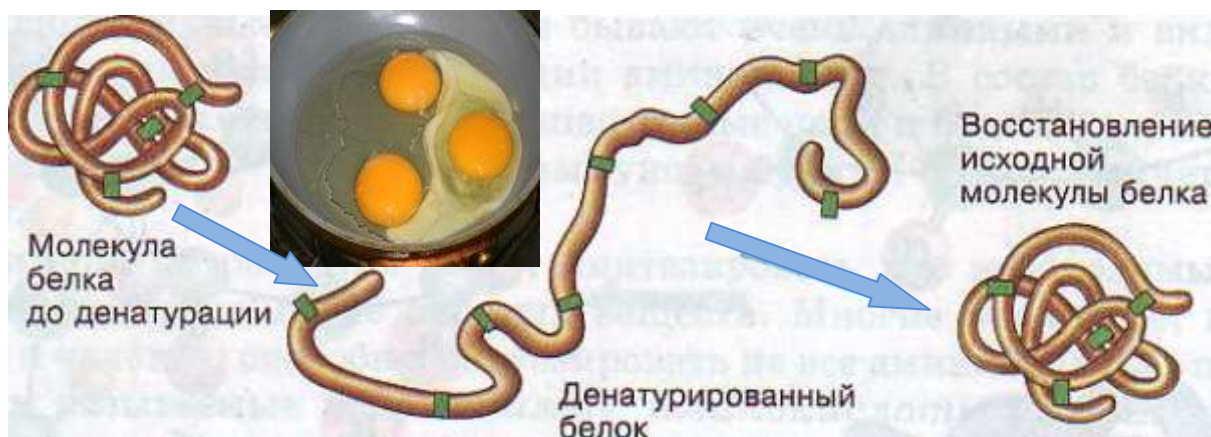


Рис. 19. Денатурация белка
(прямоугольниками показаны дисульфидные связи)

Если изменение условий среды не приводит к разрушению первичной структуры молекулы, то при восстановлении нормальных условий среды полностью воссоздается структура белка и его функциональная активность. Например, такому процессу подвергаются рецепторные белки мембраны.

Процесс восстановления структуры белка после денатурации называется **ренатурацией**. Это свойство белков полностью восстанавливать утраченную структуру широко используется в медицинской и пищевой промышленности для приготовления некоторых медицинских препаратов, например, антибиотиков, вакцин, сывороток, ферментов; для получения пищевых концентратов, сохраняющих длительное время в высушенном виде свои питательные свойства.

ФУНКЦИИ БЕЛКОВ:

<i>Функция</i>	<i>Примеры и пояснения</i>
Структурная (строительная)	Белки участвуют в образовании клеточных и внеклеточных структур: входят в состав клеточных мембран (липопротеины, гликопротеины), волос (кератин), сухожилий (коллаген) и т.д.
Защитная	В ответ на проникновение в организм чужеродных белков или микроорганизмов (антигенов) образуются особые белки – <i>антитела</i> , способные связывать и обезвреживать их; <i>интерфероны</i> – универсальные противовирусные белки. <i>Фибрин</i> , образующийся из фибриногена, способствует остановке кровотечений. Многие живые существа для защиты выделяют белки – токсины, которые в большинстве случаев являются ядами. Некоторые организмы вырабатывают антитоксины, подавляющие действие этих ядов.
Регуляторная	Гормоны белковой природы принимают участие в регуляции процессов обмена веществ. Например, гормон <i>инсулин</i> регулирует уровень глюкозы в крови, способствует синтезу гликогена, увеличивает образование жиров из углеводов.
Сигнальная	В поверхностную мембрану клетки встроены молекулы белков, способных изменять свою структуру в ответ на действие факторов внешней среды, таким образом, осуществляя прием сигналов из внешней среды и передачу команд в клетку.
Двигательная	Особые сократительные белки обеспечивают все виды движения клеток и организма в целом. Например, сократительные белки <i>актин</i> и <i>миозин</i> обеспечивают сокращение мышц у многоклеточных животных.

Транспортная	Белок крови <i>гемоглобин</i> присоединяет кислород и транспортирует его от легких ко всем тканям и органам, а от них в легкие переносит углекислый газ; в состав клеточных мембран входят особые белки, которые обеспечивают активный и строго избирательный перенос некоторых веществ и ионов из клетки во внешнюю среду и обратно.
Каталитическая	Обеспечивается белками-катализаторами – <i>ферментами</i> , которые ускоряют биохимические реакции, происходящие в клетках. Например, рибулезобифосфаткарбоксилаза катализирует фиксацию CO ₂ при фотосинтезе.
Запасающая	В организме животных белки, как правило, не запасаются, исключение: <i>альбумин</i> яиц, <i>казеин</i> молока. Но благодаря белкам в организме могут откладываться про запас некоторые вещества, например, при распаде гемоглобина железо не выводится из организма, а сохраняется, образуя комплекс с белком ферритином.
Энергетическая	При расщеплении 1 г белка до конечных продуктов выделяется 17,6 кДж. Сначала белки распадаются до аминокислот, а затем до конечных продуктов – воды, углекислого газа и аммиака. Однако в качестве источника энергии белки используются только тогда, когда другие источники (углеводы и жиры) израсходованы. Аминокислоты, высвобождающиеся при расщеплении белковых молекул, используются для построения новых белков.

ФЕРМЕНТЫ

Ферменты, или **энзимы**, – особый класс белков, являющихся биологическими катализаторами. Благодаря ферментам биохимические реакции протекают с огромной скоростью. Скорость ферментативных реакций в десятки тысяч раз (а иногда и в миллионы) выше скорости реакций, идущих с участием неорганических катализаторов. Вещество, на которое оказывает свое действие фермент, называют *субстратом*.

Ферменты – глобулярные белки, по особенностям строения ферменты можно разделить на две группы: *простые* и *сложные*.

Простые ферменты являются простыми белками, т.е. состоят только из аминокислот.

Сложные ферменты являются сложными белками, т.е. в их состав помимо белковой части входит группа небелковой природы – кофактор. У некоторых ферментов в качестве кофакторов выступают витамины.

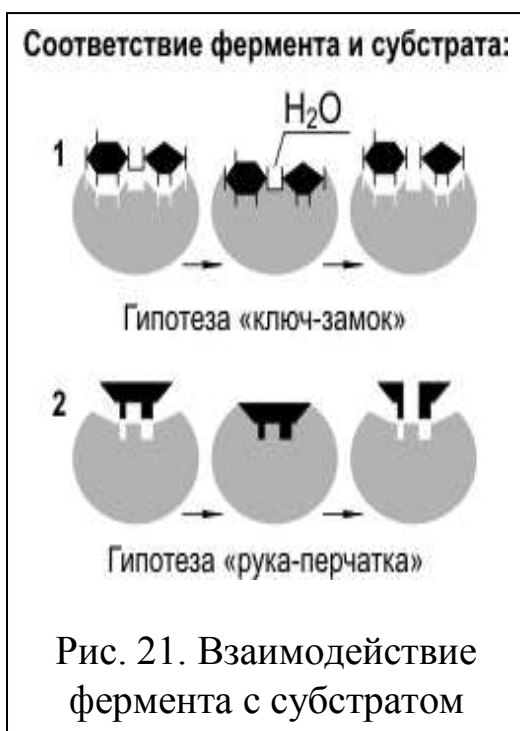
В молекуле фермента выделяют особую часть, называемую активным центром. **Активный центр** – небольшой участок фермента (от трех до двенадцати аминокислотных остатков), где и происходит связывание субстрата или субстратов с образованием фермент-субстратного комплекса. По завершении реакции фермент-субстратный комплекс распадается на фермент и продукт (продукты) реакции (рис. 20).



Рис. 20. Схема образования комплекса «фермент-субстрат»

Некоторые ферменты имеют (кроме активного) **аллостерические центры** – участки, к которым присоединяются регуляторы скорости работы фермента (**аллостерические ферменты**).

Для реакций ферментативного катализа характерны:



- 1) высокая эффективность; 2) строгая избирательность и направленность действия; 3) субстратная специфичность; 4) тонкая и точная регуляция.

Субстратную и реакционную специфичность реакций ферментативного катализа объясняют гипотезы Э. Фишера (1890 г.) и Д. Кошланда (1959 г.).

Э. Фишер (гипотеза «ключ-замок») предположил, что пространственные конфигурации активного центра фермента и субстрата должны точно соответствовать друг другу. Субстрат сравнивается с «ключом», фермент – с «замком».

Д. Кошланд (*гипотеза «рука-перчатка»*) предположил, что пространственное соответствие структуры субстрата и активного центра фермента создается лишь в момент их взаимодействия друг с другом. Эту гипотезу еще называют гипотезой индуцированного соответствия (рис. 21).

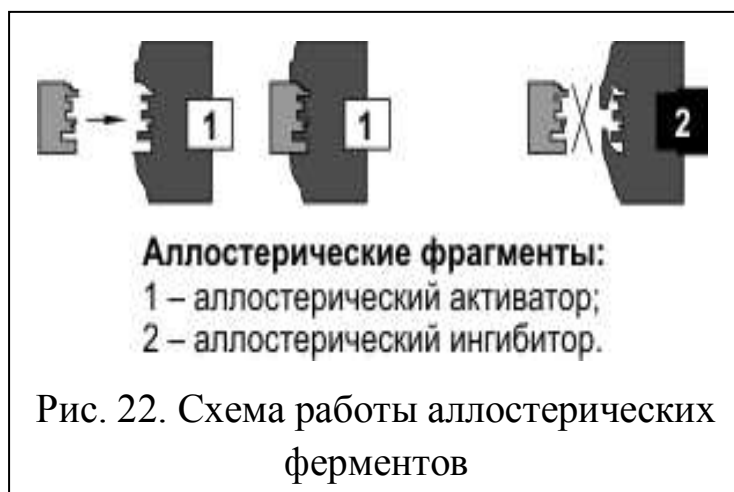
Скорость ферментативных реакций зависит от: 1) температуры, 2) концентрации фермента, 3) концентрации субстрата, 4) pH. Следует подчеркнуть, что поскольку ферменты являются белками, то их активность наиболее высока при физиологически нормальных условиях.

Большинство ферментов может работать только при температуре от 0 до 40 °С. В этих пределах скорость реакции повышается примерно в 2 раза при повышении температуры на каждые 10 °С. При температуре выше 40 °С белок подвергается денатурации и активность фермента падает. При температуре, близкой к точке заморзания, ферменты *инактивируются*, т.е. частично или полностью теряют свою активность.

При увеличении количества субстрата скорость ферментативной реакции растет до тех пор, пока количество молекул субстрата не станет равным количеству молекул фермента. При дальнейшем увеличении количества субстрата скорость увеличиваться не будет, так как происходит насыщение активных центров фермента. Увеличение концентрации фермента приводит к усилению каталитической активности, так как в единицу времени преобразованиям подвергается большее количество молекул субстрата.

Для каждого фермента существует оптимальное значение pH, при котором он проявляет максимальную активность (пепсин – 2,0; амилаза слюны – 6,8; липаза поджелудочной железы – 9,0). При более высоких или низких значениях pH активность фермента снижается. При резких сдвигах pH фермент денатурирует.

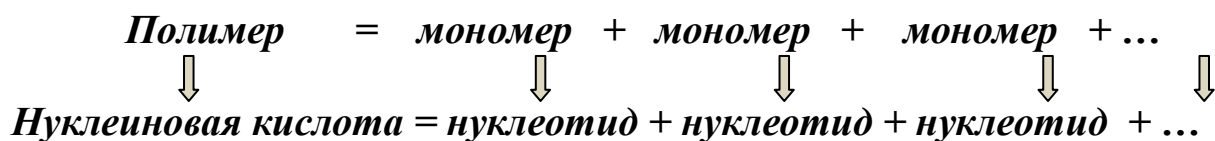
Скорость работы аллостерических ферментов регулируется веществами, присоединяющимися к аллостерическим центрам. Если эти вещества ускоряют реакцию, они называются **активаторами**, если тормозят – **ингибиторами** (рис. 22).



ОРГАНИЧЕСКИЕ БИОПОЛИМЕРЫ: НУКЛЕИНОВЫЕ КИСЛОТЫ. СТРОЕНИЕ И ФУНКЦИИ

Нуклеиновые кислоты – самые крупные из молекул, образуемых живыми организмами, состоят из углерода, водорода, кислорода, фосфора и азота. Их молекулярная масса может быть от 10 000 до нескольких миллионов углеродных единиц. Нуклеиновые кислоты были открыты в 1869 г. швейцарским врачом Фридрихом Мишером в ядрах лейкоцитов, входящих в состав гноя. Так как наиболее высокое содержание нуклеиновых кислот обнаружено в ядрах клеток, то они и получили свое название от латинского «*нуклеус*» – ядро. Хотя теперь выяснено, что нуклеиновые кислоты есть и в цитоплазме, и в целом ряде органоидов – митохондриях, пластидах, а также во всех растительных и животных клетках, бактериях, протистах, грибах и вирусах.

Нуклеиновые кислоты являются биополимерами, состоящими из мономеров – нуклеотидов.



Каждый **нуклеотид** состоит из азотистого основания, пятиуглеродного моносахарида (пентозы) и фосфатной группы (рис. 23).

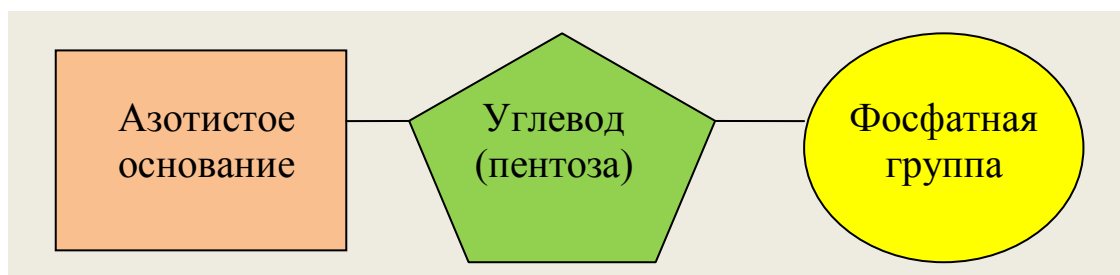


Рис. 23. Общая формула нуклеотида

Связи между нуклеотидами в цепи образуются за счёт пентозы одного нуклеотида и фосфатной группы другого нуклеотида. Причем, концы цепочки нуклеотидов, связанных в нуклеиновую кислоту, разные. На одном конце расположен связанный с пятым атомом пентозы фосфат, и этот конец называется 5'-концом (читается «пять штрих»). На другом конце остается не связанная с фосфатом ОН- группа около третьего атома

пентозы (3'-конец). Благодаря реакции полимеризации нуклеотидов образуются нуклеиновые кислоты (рис. 24).

В зависимости от вида пентозы различают два типа нуклеиновых кислот – **дезоксирибонуклеиновые** (сокращенно ДНК) и **рибонуклеиновые** (РНК). Название кислот обусловлено тем, что молекула ДНК содержит дезоксирибозу, а молекула РНК – рибозу.

СТРОЕНИЕ И ФУНКЦИИ ДНК

ДНК – полимер, мономерами которой являются нуклеотиды – дезоксирибонуклеотиды.

Молекула ДНК образована двумя полинуклеотидными цепями, спирально закрученными друг около друга и вместе вокруг воображаемой оси, т.е. представляет собой двойную спираль (исключение – некоторые ДНК-содержащие вирусы имеют одноцепочечную ДНК).

Модель пространственного строения молекулы ДНК в виде двойной спирали была предложена в 1953 г. Дж. Уотсоном и Ф. Криком.

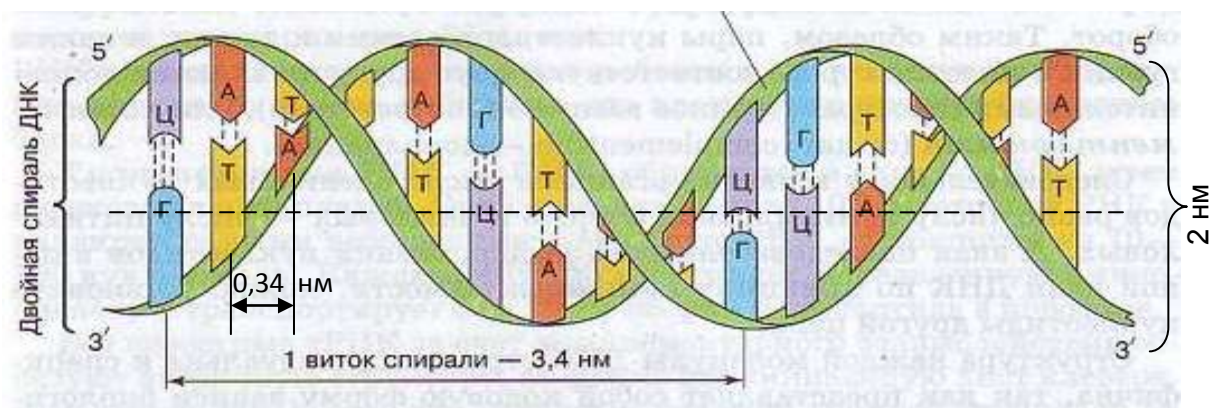
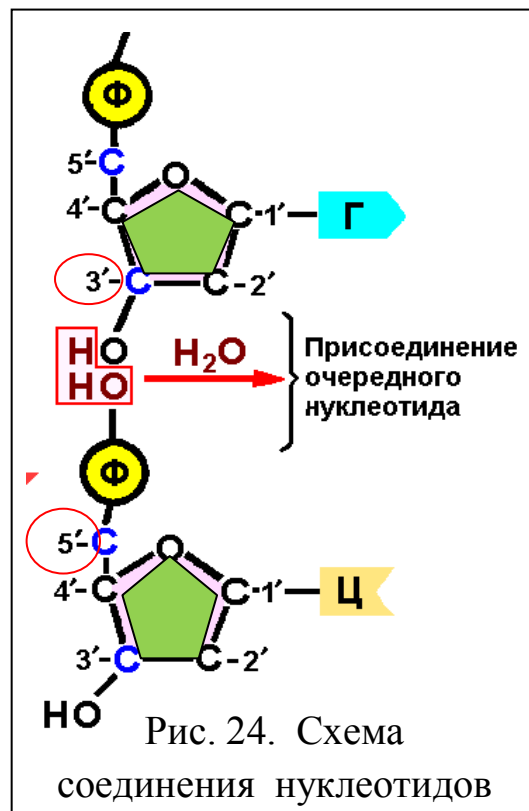


Рис. 25. Модель пространственного строения молекулы ДНК

Диаметр двойной спирали ДНК – 2 нм, расстояние между соседними нуклеотидами – 0,34 нм, на один оборот спирали приходится 10 пар нуклеотидов (3,4 нм) (рис. 25). Длина молекулы может достигать нескольких сантиметров. Молекулярный вес – десятки и сотни миллионов. Суммарная длина ДНК ядра клетки человека – около 2 м.

В эукариотических клетках ДНК образует комплексы с белками и имеет специфическую пространственную конформацию.

Мономер ДНК – нуклеотид (**дезоксирибонуклеотид**) – содержит **одно из четырех азотистых оснований** (аденин, гуанин, цитозин, тимин), пятиуглеродный моносахарид (**дезоксирибозу**) и **остаток фосфорной кислоты** (рис. 26).

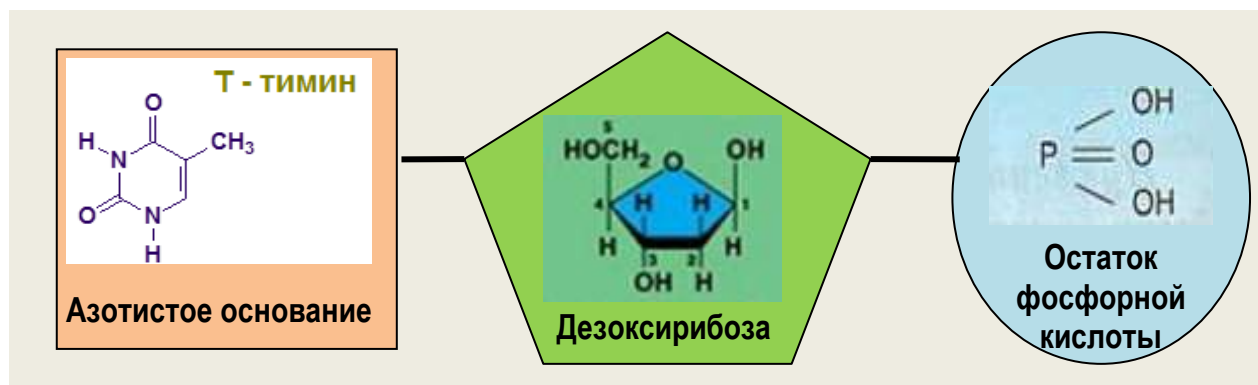
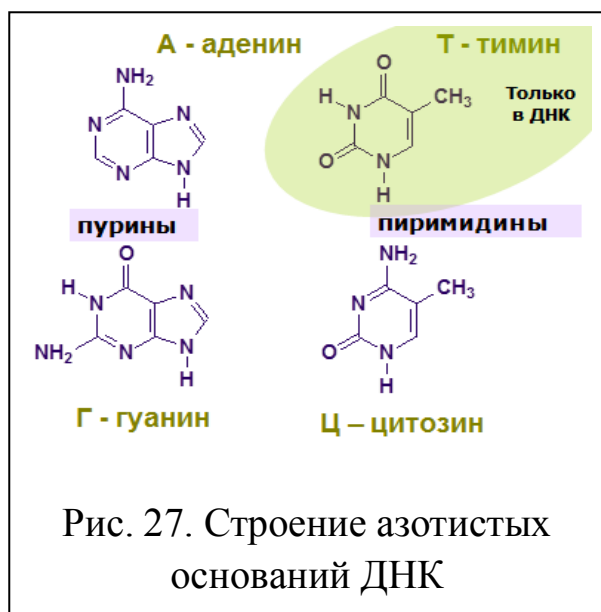


Рис. 26. Схема строения нуклеотида ДНК

Азотистые основания нуклеиновых кислот относятся к классам пиримидинов и пуринов. Пиримидиновые основания ДНК (имеют в составе своей молекулы одно кольцо) – тимин, цитозин. Пуриновые основания (имеют два кольца) – аденин и гуанин (рис. 27).



Название нуклеотида является производным от названия соответствующего основания. Нуклеотиды и азотистые основания обозначаются заглавными буквами.

Азотистое основание	Название нуклеотида	Обозначение
Аденин	Адениловый	А (А)
Гуанин	Гуаниловый	Г (G)
Цитозин	Цитидиловый	Ц (C)
Тимин	Тимидиловый	Т (T)

Нуклеотиды, входящие в состав одной цепи, последовательно соединяются за счет образования ковалентных связей между дезоксирибозой одного и остатком фосфорной кислоты другого нуклеотида. Азотистые основания, которые располагаются по одну

сторону от образовавшегося остова одной цепи ДНК, формируют водородные связи с азотистыми основаниями второй цепи. Таким образом, в спиральной молекуле двухцепочечной ДНК азотистые основания находятся внутри спирали. Структура спирали такова, что входящие в ее состав полинуклеотидные цепи могут быть разделены только после раскручивания спирали.

Против одной цепи нуклеотидов располагается вторая цепь. Расположение нуклеотидов в этих двух цепях не случайное, а строго определенное: против аденина одной цепи в другой цепи всегда располагается тимин, а против гуанина – всегда цитозин, между аденином и тиминном возникают две водородные связи, между гуанином и цитозином – три водородные связи (рис. 28).

Закономерность, согласно которой нуклеотиды разных цепей ДНК строго упорядоченно располагаются (аденин – тимин, гуанин – цитозин) и избирательно соединяются друг с другом, называется **принципом комплементарности** (от лат. *complementum* – дополнение).

Следует отметить, что Дж. Уотсон и Ф. Крик пришли к пониманию принципа комплементарности после ознакомления с работами Э. Чаргаффа. Он, изучив огромное количество образцов тканей и органов различных организмов, установил, что в любом фрагменте ДНК содержание остатков гуанина всегда точно соответствует содержанию цитозина, а аденина – тимину («**правило Чаргаффа**»), но объяснить этот факт он не смог.

Из принципа комплементарности следует, что последовательность нуклеотидов одной цепи определяет последовательность нуклеотидов другой. Цепи ДНК антипараллельны (разнонаправлены), т.е. нуклеотиды разных цепей располагаются в противоположных направлениях, и, следовательно, напротив 3'-конца одной цепи находится 5'-конец другой. Молекулу ДНК иногда сравнивают с винтовой лестницей. «Перила» этой лестницы – сахарофосфатный остов (чередующиеся остатки дезоксирибозы и фосфорной кислоты); «ступени» – комплементарные азотистые

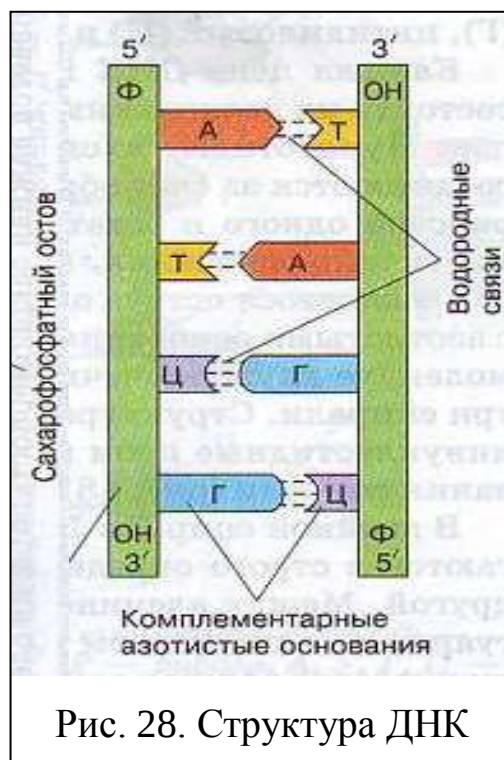




Рис. 29. Схема образования хромосомы

основания (рис. 25). При соединении с определенными белками – **гистонами** – степень спирализации молекулы ДНК повышается. Молекула утолщается и укорачивается. В дальнейшем спирализация достигает максимума, возникает спираль еще более высокого уровня – суперспираль. При этом молекула становится различима в световой микроскоп как вытянутое, хорошо окрашиваемое тельце – **хромосома** (рис. 29).

Функции ДНК: хранение и передача наследственных признаков. Структура каждой молекулы ДНК строго индивидуальна и специфична, так как представляет собой кодовую форму записи биологической информации (**генетический код**). Другими словами, с помощью четырех типов нуклеотидов в ДНК записана вся важная информация об организме, передающаяся по наследству последующим поколениям.

В клетках эукариот (животных, растений и грибов) ДНК находится в ядре клетки в составе хромосом, а также в некоторых клеточных органоидах (митохондриях и пластидах). В клетках прокариотических организмов (бактерий и архей) кольцевая или линейная молекула ДНК, так называемый *нуклеоид*, прикреплена изнутри к клеточной мембране. У них и у низших эукариот (например, дрожжей) встречаются также небольшие автономные, преимущественно кольцевые молекулы ДНК, называемые *плазмидами*. Кроме того, одно- или двухцепочечные молекулы ДНК могут образовывать геном ДНК-содержащих вирусов.

СТРОЕНИЕ И ФУНКЦИИ РНК

РНК – полимер, мономерами которой являются **рибонуклеотиды**. В отличие от ДНК, РНК образована не двумя, а одной полинуклеотидной цепочкой (исключение – некоторые РНК-содержащие вирусы имеют двухцепочечную РНК). Цепи РНК значительно короче цепей ДНК. В клетке молекулы РНК находятся в ядре, цитоплазме, рибосомах, митохондриях и пластидах. Также РНК может использоваться в качестве генома вирусов и вирусоподобных частиц.

Мономер РНК – нуклеотид (**рибонуклеотид**) – содержит пятиуглеродный моносахарид (**рибозу**), **остаток фосфорной кислоты** и **одно из четырех азотистых оснований**. Три азотистых основания – **аденин**, **гуанин** и **цитозин** – такие же, как и у ДНК, а четвертым является **урацил** (рис. 30). Азотистые основания РНК также относятся к классам пиримидинов и пуринов. Пиримидиновые основания РНК – урацил, цитозин, пуриновые основания – аденин и гуанин.

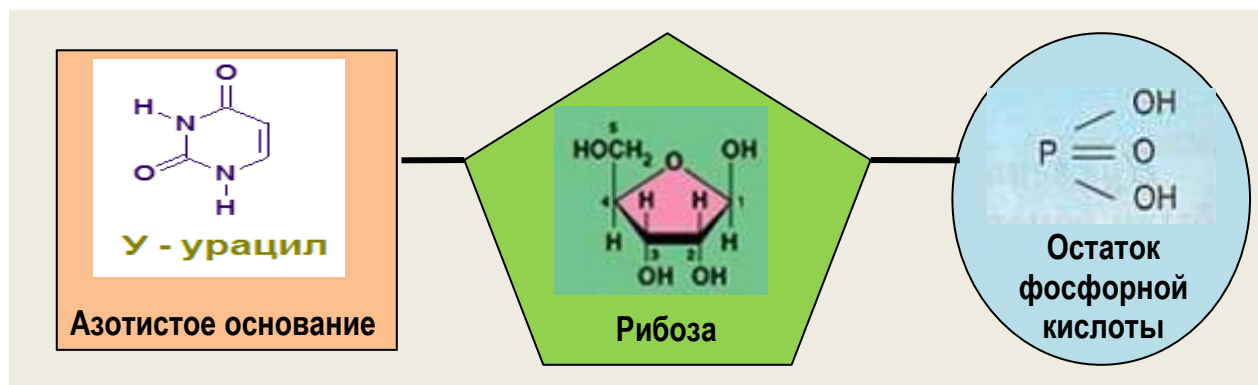


Рис. 30. Схема строения нуклеотида РНК

Образование полимера РНК происходит так же, как и у ДНК, через ковалентные связи между рибозой и остатком фосфорной кислоты соседних нуклеотидов (рис. 24). Молекула РНК может содержать от 75 до 10 000 нуклеотидов.

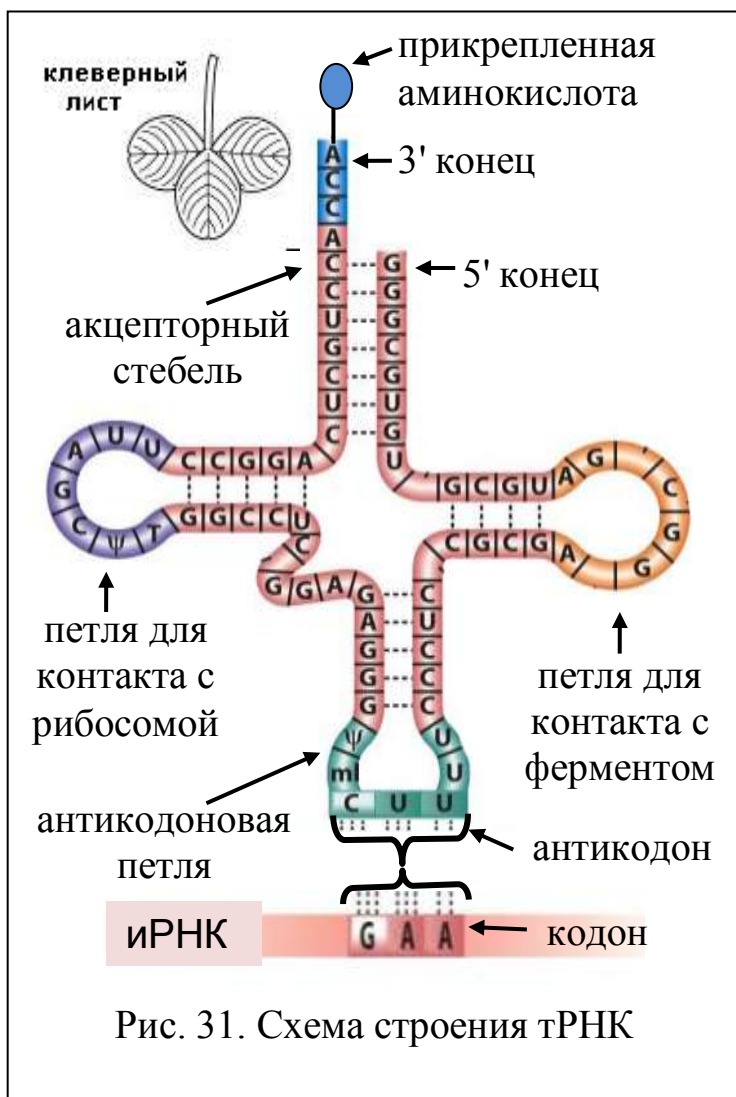
Типы РНК. Выделяют три основных типа РНК: 1) *информационная (матричная) РНК* – иРНК (мРНК), 2) *транспортная РНК* – тРНК, 3) *рибосомная РНК* – рРНК. Все типы РНК принимают участие в процессах синтеза белка, но различаются по структуре, величине молекул, расположению в клетке и выполняемым функциям. Информация о строении всех типов РНК хранится в ДНК. Процесс синтеза РНК на матрице ДНК называется **транскрипцией**.

Информационные, или матричные, РНК разнообразны по содержанию нуклеотидов и молекулярной массе (от 50 000 до 4 000 000). На долю иРНК приходится до 5% от общего содержания РНК в клетке. Синтезируются иРНК в ядре на участке одной из цепей молекулы ДНК по принципу комплементарности, после чего она переходит в цитоплазму. В зависимости от объема копируемой информации молекула иРНК может иметь различную длину. В иРНК закодирована последовательность расположения аминокислот в белке в виде **кодонов** – комбинаций из трёх последовательно расположенных нуклеотидов.

Функции информационной РНК: 1) перенос генетической информации (о структуре белка) из ядра клетки (от ДНК) к рибосомам, 2) матрица для синтеза молекулы белка, 3) определение аминокислотной последовательности первичной структуры белковой молекулы.

Транспортные РНК являются самыми небольшими по размеру РНК, состоящими из 74-95 нуклеотидов, с молекулярной массой – 25 000-30 000. На долю тРНК приходится около 10% клеточной РНК. Синтезируются в ядре на ДНК, затем переходят в цитоплазму.

Каждая тРНК присоединяет определенную аминокислоту и транспортирует ее к месту сборки полипептида в рибосоме. В клетке встречается около 40 видов тРНК и каждый из них имеет характерную только для него последовательность нуклеотидов. Однако у всех тРНК имеется несколько внутримолекулярных комплементарных участков, из-за которых тРНК приобретают конформацию, напоминающую по форме лист клевера.



У любой тРНК есть петля для контакта с рибосомой, антикодоновая петля, петля для контакта с ферментом, акцепторный стебель, антикодон (рис. 31). В молекуле тРНК выделяют два активных участка: триплет-антикодон на одном конце и акцепторный конец на другом. Аминокислота присоединяется к 3'-концу акцепторного стебля.

Антикодон – три нуклеотида, «опознающие» кодон иРНК. Следует подчеркнуть, что конкретная тРНК может транспортировать аминокислоту, соответствующую только ее антикодону.

Функции транспортной РНК: 1) транспорт аминокислот к месту синтеза белка – к рибосомам, 2) трансляционный посредник.

Рибосомные РНК (рРНК) содержат 3000-5000 нуклеотидов; молекулярная масса – 1 000 000 – 1 500 000. На долю рРНК приходится 80–85% от общего содержания РНК в клетке. В комплексе с рибосомными белками рРНК образует *рибосомы* – органоиды, осуществляющие синтез белка. В эукариотических клетках синтез рРНК происходит в ядрышках.

Функции рибосомной РНК: 1) необходимый структурный компонент рибосом и, таким образом, обеспечение функционирования рибосом; 2) обеспечение взаимодействия рибосомы и тРНК; 3) первоначальное связывание рибосомы и кодона-инициатора иРНК и определение рамки считывания; 4) формирование активного центра рибосомы.

Все типы РНК, за исключением генетической РНК вирусов, не способны к самоудвоению и самосборке.

Лекция № 7

АТФ И ДРУГИЕ ОРГАНИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ

СТРОЕНИЕ И ФУНКЦИИ АТФ

В любой клетке, кроме углеводов, липидов, белков и нуклеиновых кислот, синтезируется большое количество других органических соединений. Их можно условно разделить на *конечные* и *промежуточные* продукты биосинтеза и распада.

Конечными продуктами биосинтеза называют *органические соединения, которые играют самостоятельную роль в организме или служат мономерами для синтеза биополимеров*. К числу конечных продуктов биосинтеза относятся аминокислоты, из которых в клетках синтезируются белки; нуклеотиды – мономеры, из которых синтезируются нуклеиновые кислоты (РНК и ДНК); моносахарид глюкоза, которая служит мономером для синтеза гликогена, крахмала и целлюлозы.

Путь к синтезу каждого из конечных продуктов лежит через ряд *промежуточных соединений*. Многие вещества подвергаются в клетках ферментативному расщеплению, распаду.

Среди конечных продуктов биосинтеза важную роль в биоэнергетике клетки играет **аденозинтрифосфорная кислота (АТФ)** – *универсальный источник и основной аккумулятор энергии в клетках*.

АТФ была открыта в 1929 г. Карлом Ломанном, а в 1941 г. Фриц Липман показал, что она является основным переносчиком энергии в клетке. АТФ содержится во всех клетках растений, животных и человека. Количество ее колеблется и в среднем составляет 0,04% (в клетке ≈ 1 млрд молекул АТФ). Наибольшее количество АТФ содержится в скелетных мышцах (0,2–0,5%).

Молекула **АТФ состоит** из **азотистого основания – аденина**, **моносахарида – рибозы** и **трех остатков фосфорной кислоты** (рис. 32). АТФ – особый адениловый нуклеотид. В отличие от других нуклеотидов молекула АТФ содержит не один, а три остатка фосфорной кислоты.

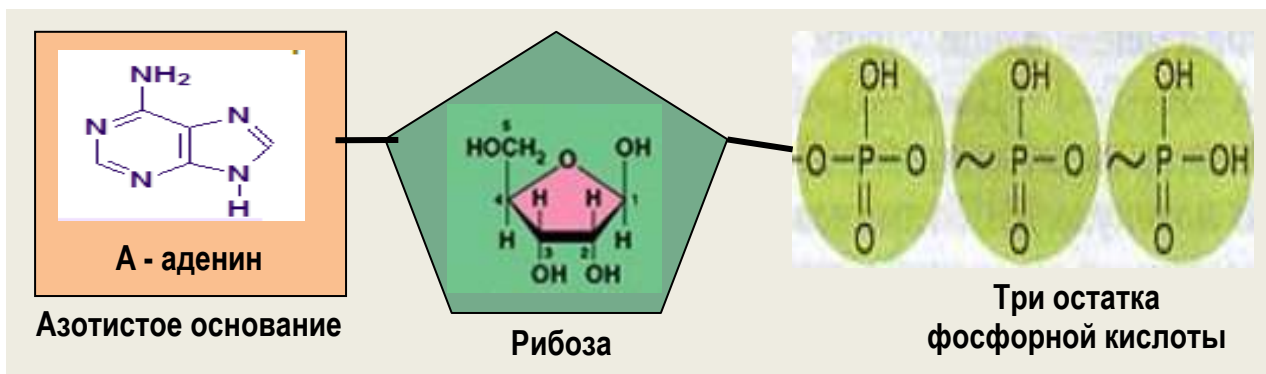


Рис. 32. Схема строения молекулы АТФ

АТФ относится к макроэргическим веществам, т.е. веществам, содержащим в своих связях между остатками фосфорной кислоты большое количество энергии. Энергия освобождается при отщеплении фосфата. При отщеплении конечного остатка фосфорной кислоты АТФ переходит в АДФ (аденозиндифосфорную кислоту), при отщеплении второго остатка фосфорной кислоты – в АМФ (аденозинмонофосфорную кислоту).

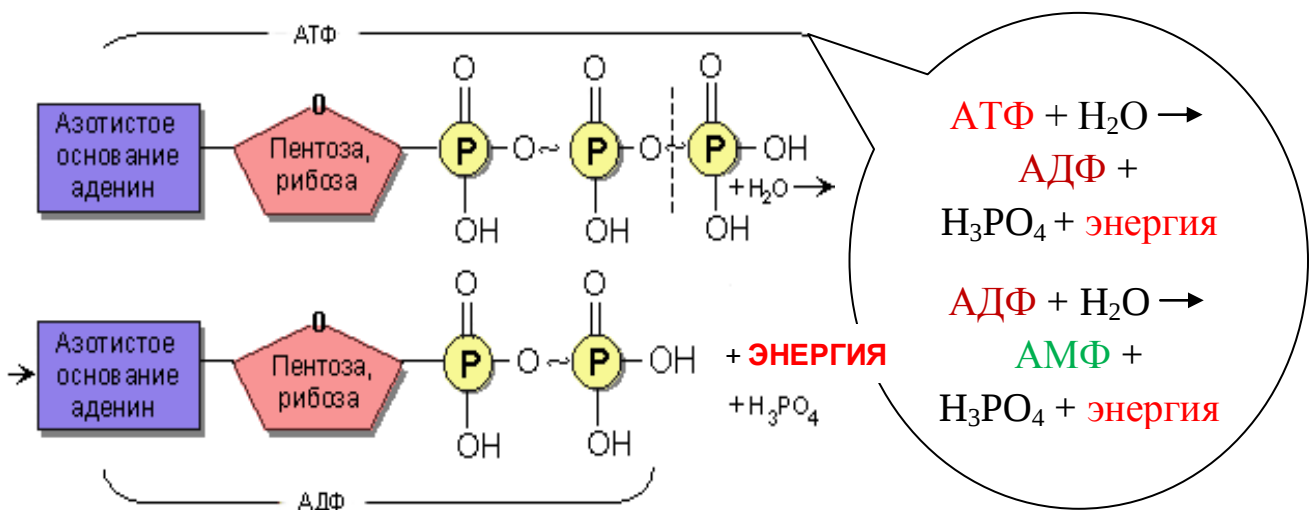


Рис. 33. Превращение АТФ в АДФ

Выход свободной энергии при отщеплении как концевой, так и второго остатков фосфорной кислоты составляет до 40 кДж. Именно поэтому связь между этими остатками фосфорной кислоты называют *макроэргической* (она обозначается символом ~) (рис. 33). Связь между рибозой и первым остатком фосфорной кислоты макроэргической не является, и при ее расщеплении выделяется только 13,8 кДж энергии. Макроэргические соединения могут образовываться и на основе других нуклеотидов.

Функции аденозинтрифосфорной кислоты. АТФ поставляет энергию для большинства реакций, происходящих в клетке. С помощью АТФ клетка синтезирует новые молекулы белков, углеводов, жиров, избавляется от отходов, осуществляет активный транспорт веществ, биение жгутиков и ресничек и т. д.

РЕГУЛЯТОРНЫЕ И СИГНАЛЬНЫЕ ВЕЩЕСТВА

Конечными продуктами биосинтеза являются вещества, играющие важную роль в регуляции физиологических процессов и развитии организма. К числу их относятся многие гормоны животных. Наряду с белковыми гормонами, известны гормоны небелковой природы. Некоторые из них регулируют содержание ионов натрия и воды в организме животных, другие обеспечивают половое созревание и играют важную роль в воспроизведении животных. Гормоны тревоги или стресса (например, адреналин) в условиях напряжения усиливают выход глюкозы в кровь, что в конечном счете приводит к увеличению синтеза АТФ и активному использованию энергии, запасенной организмом.

Насекомые производят ряд особых пахучих веществ, которые играют роль сигналов, сообщающих о нахождении пищи, об опасности, привлекающих самок к самцам (и наоборот).

У растений имеются свои гормоны. Под действием некоторых гормонов значительно ускоряется созревание растений, увеличивается их урожайность.

Растения производят сотни разнообразных летучих и нелетучих соединений, которые привлекают насекомых, переносящих пыльцу; отпугивают или отравляют насекомых, питающихся растениями; подавляют иногда развитие растений других видов, растущих рядом и конкурирующих за минеральные вещества в почве.

ВИТАМИНЫ

К конечным продуктам биосинтеза принадлежат **витамины** (от лат. *vita* – жизнь). К ним относят *жизненно важные соединения, которые организмы определенного вида не способны синтезировать сами, а должны получать в готовом виде извне*. Например, витамин С (аскорбиновая кислота) синтезируется в клетках большинства животных, а также в клетках растений и микроорганизмов. Клетки человека, человекообразных обезьян, морских свинок, некоторых видов летучих мышей утратили способность синтезировать аскорбиновую кислоту. Поэтому она является витамином только для человека и перечисленных животных. Витамин РР (никотиновую кислоту) животные не способны синтезировать, но его синтезируют все растения и многие бактерии.

Все витамины делят на растворимые в воде (*водорастворимые*) и растворимые в жирах (*жирорастворимые*).

К *жирорастворимым* витаминам относят следующие:

Витамин А входит в состав зрительного пигмента. При его недостатке развивается куриная слепота (ухудшение сумеречного зрения), нарушается работа иммунной системы, замедляется рост.

Витамин D способны синтезировать клетки кожи под действием солнечного света, он содержится в больших количествах в печени морских животных. Его недостаток приводит к нарушению обмена ионов кальция, отвечающих за минерализацию костной ткани, при этом у детей возникает рахит – размягчение и деформация костей.

Витамин Е защищает липиды клеточной мембраны от окисления. Недостаточное количество этого витамина в пище приводит к разрушению эритроцитов и слабости мышц.

Витамин К отвечает за свертываемость крови. Его дефицит приводит к частым и длительным кровотечениям.

К *водорастворимым* относят следующие витамины, не имеющие общих свойств с липидами:

Витамин С (аскорбиновая кислота) участвует в формировании и поддержании структуры хрящей, костей, зубов, образовании гемоглобина и эритроцитов. Недостаток витамина С является причиной тяжелого заболевания – цинги.

Витамины группы В входят в состав коферментов. Многие витамины группы В и витамин К синтезируются бактериями пищевого тракта.

Большинство известных витаминов в клетке становятся составными частями ферментов и участвуют в биохимических реакциях, оказывают регулирующее влияние на обмен веществ и тем самым обеспечивают нормальное течение практически всех биохимических и физиологических процессов в организме. Суточная потребность человека в каждом витамине составляет несколько микрограммов ($1 \text{ мкг} = 10^{-6} \text{ г}$). Только витамин С нужен в количестве около 100 миллиграмм ($1 \text{ мг} = 10^{-3} \text{ г}$) в сутки.

Недостаток ряда витаминов в организме человека и животных ведет к нарушению работы ферментов и является причиной тяжелых заболеваний – *авитаминозов*. Следует отметить, что прием антибиотиков приводит к интенсивной гибели бактерий в организме, в том числе и бактерий в кишечнике, синтезирующих витамины. Поэтому после приема антибиотиков рекомендуется принимать витамины.

Лекция № 8

КЛЕТОЧНАЯ ТЕОРИЯ.

СОЗДАНИЕ И ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ КЛЕТОЧНОЙ ТЕОРИИ

Клеточная теория – важнейшее биологическое обобщение, согласно которому все живые организмы состоят из клеток. Изучение клеток стало возможным после изобретения микроскопа. Впервые клеточное строение обнаружил английский ученый, физик *Роберт Гук* (увидел в микроскоп на тонком срезе пробки мелкие ячейки – клетки), он же предложил термин «*клетка*» (1665 г). Голландский ученый *Антони ван Левенгук* впервые описал эритроциты позвоночных, сперматозоиды, разнообразные микроструктуры растительных и животных клеток, различные одноклеточные организмы, в том числе бактерии и пр.

В 1831 г. англичанин *Роберт Броун*, рассматривая в микроскоп строение листа растения, обнаружил внутри клетки круглое плотное образование, которое назвал *ядром*. В 1838 г. немецкий ученый *Маттиас Шлейден* первым пришел к заключению о том, что ядро является обязательным структурным элементом всех растительных клеток. Познакомившись с этим исследованием, *Теодор Шванн*, соотечественник Шлейдена, был удивлен: точно такие же образования он обнаружил и в животных клетках, изучением которых занимался. В 1839 г. вышла книга Т. Шванна «Микроскопические исследования о соответствии

в структуре и росте животных и растений», в которой он доказывает, что клетки, содержащие ядра, представляют собой структурную и функциональную основу всех живых существ.

Обобщив разрозненные факты, Т. Шванн и М. Шлейден сформулировали основное положение клеточной теории: *все растительные и животные организмы состоят из клеток, сходных по строению.*

В 1827 г. российский академик *К.М. Бэр* (нем. *Karl Ernst von Baer*), открыв яйцеклетки млекопитающих, установил, что все организмы начинают свое развитие с одной клетки, представляющей собой оплодотворенное яйцо. Это открытие показало, что клетка является не только единицей строения, но и единицей развития всех живых организмов. В 1858 г. немецкий врач *Рудольф Вирхов* приходит к выводу, что клетка может возникнуть только из предшествующей клетки путем ее деления.

Благодаря дальнейшему усовершенствованию светового микроскопа и методов окраски клеток открытия следовали одно за другим. За сравнительно короткое время были выделены и описаны не только *ядро* и *цитоплазма* клеток, но и многие заключенные в них структурно-функциональные части – *органоиды*.



Рис. 34. Электронный микроскоп

В настоящее время клетку изучают, применяя физические и химические методы исследования и новейшие приборы. Это и электронные микроскопы (рис. 34), дающие увеличение до 1 000 000 раз, и применение специальных красителей, позволяющих избирательно выявить клеточные структуры, и др. Для того чтобы изучить химический состав клетки или ее частей, применяют метод центрифугирования. Он основан на том, что разные клеточные органоиды имеют разные массу и плотность. При очень быстром вращении в ультрацентрифуге различные органоиды предварительно измельченных клеток располагаются слоями: внизу оказываются более

тяжелые и плотные органоиды. Слои разделяют и органоиды изучают отдельно.

С приходом в науку о клетке физических и химических методов исследования было выявлено удивительное единство в строении клеток разных организмов, доказана неразрывная связь между их структурой и функцией. Благодаря этому основные положения клеточной теории, сформулированные более ста лет назад, были развиты и углублены.

Основные положения клеточной теории на современном этапе развития биологии формулируются так:

1. *Все организмы состоят из клеток, которые являются их основными структурными и функциональными единицами.*
2. *Клетки всех организмов сходны по своему химическому составу, строению и функциям.*
3. *Все новые клетки образуются при делении исходных клеток.*
4. *В многоклеточных организмах клетки специализируются по функциям и образуют ткани.*
5. *Клетки многоклеточного организма содержат одинаковую генетическую информацию, но отличаются активностью различных генов, что лежит в основе дифференциации (различия) клеток в разных тканях.*

Остановимся кратко на положениях клеточной теории. Для всех клеток характерна способность к росту, размножению, дыханию, выделению, использованию и превращению энергии, они реагируют на раздражение. Таким образом, клетки обладают всей совокупностью свойств, необходимых для поддержания жизни. Отдельные их части не могут выполнять весь комплекс жизненных функций, только совокупность структур, образующих клетку, проявляет все признаки живого. Поэтому только клетка является основной структурной и функциональной единицей живых организмов. У многоклеточных организмов (растений, животных, грибов) отдельные клетки тесно и слаженно взаимодействуют друг с другом.

Клетки животных, растений, грибов, в том числе и одноклеточных, имеют сходное строение и химический состав. Все они имеют ядро и цитоплазму. В цитоплазме под световым микроскопом хорошо видны некоторые клеточные органоиды: вакуоли, хлоропласты, митохондрии и различного рода *включения*: мелкие капли жира, гранулы крахмала, некоторые пигменты.

Строение большинства клеточных органоидов во всех клетках также очень сходно. И в то же время форма и размер клеток даже в пределах одного организма очень разнообразны, что зависит от специализации клетки и выполняемой ею функции. Они могут быть в виде многогранников, а также иметь дисковидную, шаровидную, кубическую форму. Например, клетки покровных тканей плоские и плотно прилегают друг к другу, нервные клетки вытянуты в длинные нити и т. д. (рис. 35).

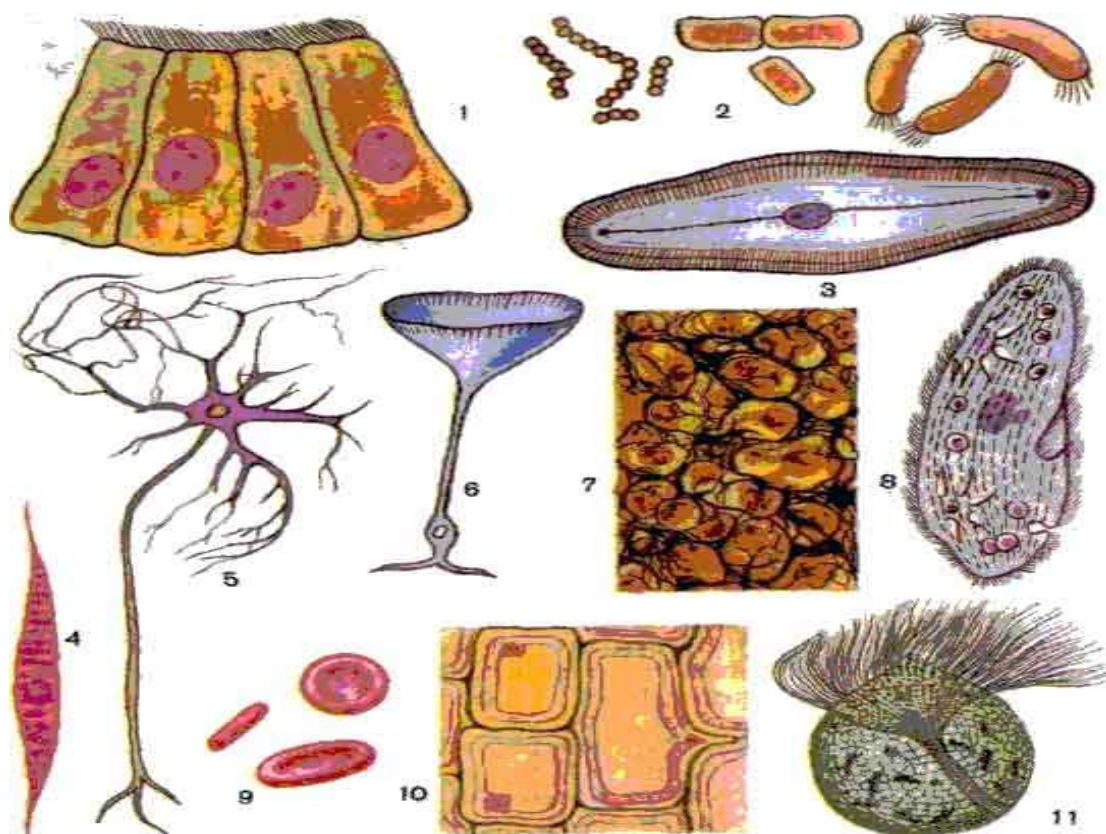


Рис. 35. Различные формы клеток в связи с выполняемыми функциями. 1 – клетки эпителия кишечника; 2 – бактерии (кокки, кишечная палочка, спирали со жгутиками на концах тела); 3 – диатомовая водоросль; 4 – мышечная клетка; 5 – нервная клетка; 6 – одноклеточная водоросль ацетабулярия; 7 – клетки печени; 8 – инфузория; 9 – эритроциты человека; 10 – клетки эпидермиса лука; 11 – жгутиконосец.

Средние размеры клеток – несколько десятков микрометров, хотя бывают клетки меньших и больших размеров. Так, у человека имеются небольшие сферической формы лимфоидные клетки диаметром около 10 мкм и нервные клетки, тончайшие отростки которых достигают более 1 м.

Общность химического состава и строения клетки – основной структурной и функциональной единицы живых организмов – свидетельствует о единстве происхождения всего живого на Земле.

Лекция № 9

СТРУКТУРА И ФУНКЦИИ КЛЕТКИ

Известно, что организмы бывают одноклеточными (например, бактерии, простейшие, некоторые водоросли) или многоклеточными. Клетки многоклеточного организма отличаются многообразием и сложностью строения и в то же время имеют общие черты (рис. 36).

Клетка любого организма состоит из двух важнейших, неразрывно связанных частей – **цитоплазмы** и **ядра**. В цитоплазме расположены различные постоянные клеточные структуры – **органойды** и клеточные **включения**. Содержимое клетки отделено от окружающей среды **мембраной**.

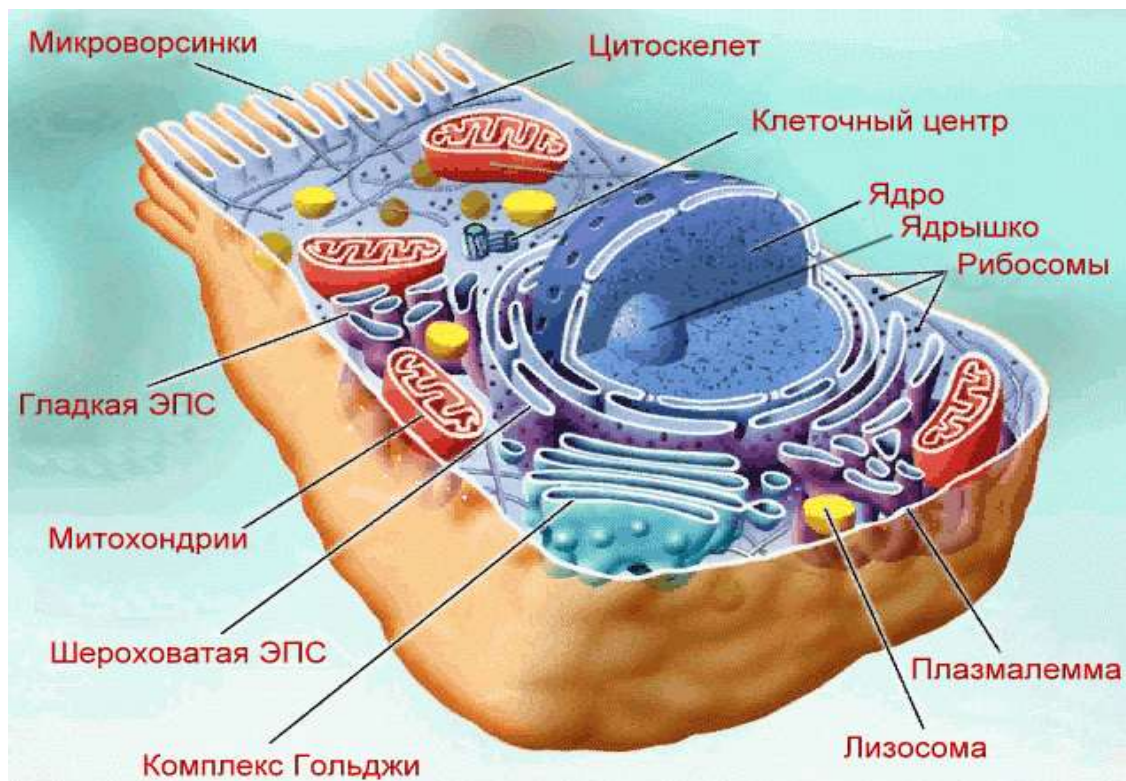


Рис. 36. Схема строения животной клетки

Поверхностный аппарат клетки (ПАК). В поверхностном аппарате клетки можно выделить два слоя. *Внутренний слой* прилегает к цитоплазме и представлен **плазматической мембраной** (синонимы – *плазмалемма, клеточная мембрана, цитоплазматическая мембрана*), над которой формируется наружный слой. В животной клетке он тонкий и называется **гликокаликсом** (образован гликопротеинами, гликолипидами, липопротеинами), в растительной клетке – толстый, называется **клеточной стенкой** (образован целлюлозой) (рис. 37).

Плазматическая мембрана состоит из липидов и белков. Мембранные липиды представлены фосфолипидами. Молекулы фосфолипидов напоминают головастиков, «головки» гидрофильны («любят воду»), а «хвосты» – гидрофобны («боятся воды»). В водной среде молекулы липидов слипаются гидрофобными «хвостами» (такое расположение для них энергетически выгодно), образуя двойной липидный слой (бислой). Белки пронизывают всю толщу мембраны, погружены на разную глубину в липидный бислой или располагаются на внешней и внутренней поверхности мембраны (рис. 37). Толщина мембраны так мала (около 10 нм), что ее можно увидеть только в электронный микроскоп.

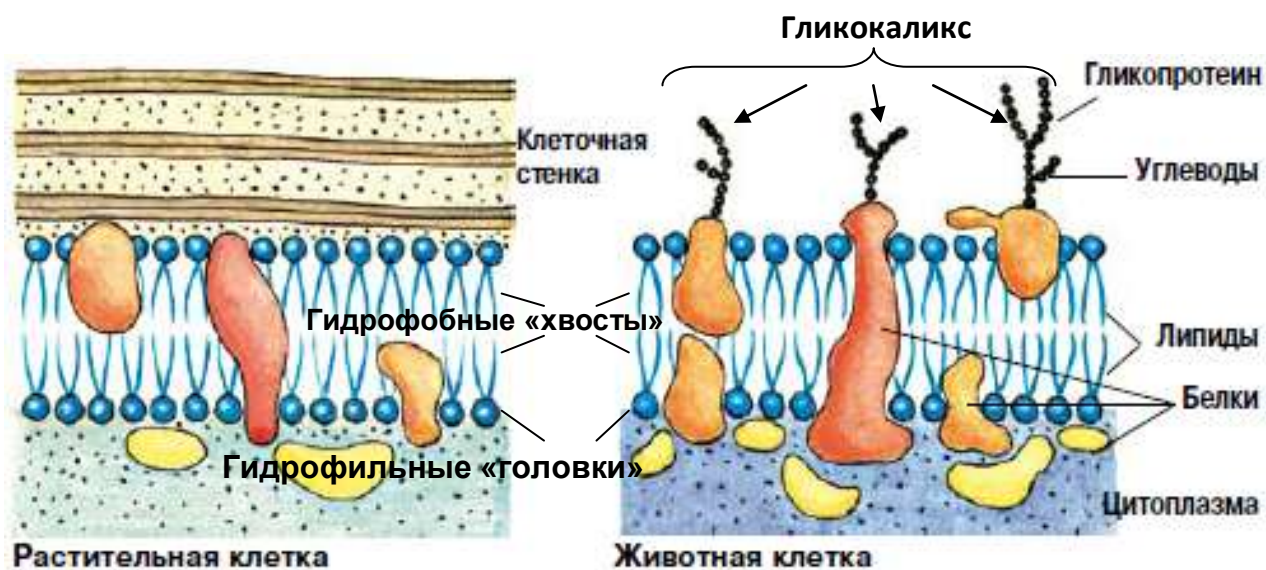


Рис. 37. Строение поверхностного аппарата

К некоторым белкам, находящимся на наружной поверхности, прикреплены углеводы. Белки и углеводы на поверхности мембран у разных клеток неодинаковы и являются своеобразными указателями типа клеток. Например, с помощью этих указателей сперматозоиды узнают яйцеклетку. Благодаря мембранным полисахаридным «антеннам» клетки, принадлежащие к одному типу, удерживаются вместе, образуя ткани. Белковые молекулы обеспечивают избирательный транспорт сахаров, аминокислот, нуклеотидов и других веществ в клетку или из клетки.

Биологическая мембрана очень динамична – все её компоненты передвигаются вдоль поверхности, могут меняться местами в пределах бислоя, вращаться вокруг собственной оси. Текучесть и вязкость мембраны регулируется составом жирных кислот, входящих в фосфолипидные молекулы, и холестерином, заполняющим гидрофобные поры.

Функции плазматической мембраны:

- ✓ **защитная** – защищает цитоплазму от физических и химических повреждений;
- ✓ **барьерная** – ограничивает внутреннее содержимое клетки от наружной среды;
- ✓ **структурная** – придает определенные формы клеткам в соответствии с выполняемыми функциями;
- ✓ **рецепторная** – связана с локализацией на цитоплазматической мембране специальных структур – *рецепторов* «узнающих» вещества и/или сигналы (в качестве таких рецепторов могут выступать гликопротеины или гликолипиды);
- ✓ **образование межклеточных контактов** – обеспечивает связь между клетками в тканях многоклеточных организмов (посредством специфических контактов);
- ✓ **регуляторная** – обеспечивает обмен веществ между клеткой и окружающей средой, контролируя постоянство внутреннего состава клетки (посредством избирательной проницаемости);
- ✓ **транспортная** – осуществляет перенос веществ в клетку и из клетки с помощью механизмов, зависящих от формы, размера, заряда транспортируемого вещества.

Вода, ионы и малые молекулы переносятся клеткой непосредственно через мембрану в форме пассивного и активного транспорта. *Пассивный транспорт* осуществляется без затрат энергии, путем простой диффузии, осмоса или облегченной диффузии с помощью белков-переносчиков; *активный транспорт* осуществляется с помощью белков-переносчиков с затратой энергии АТФ. Макромолекулы и более крупные частицы транспортируются с помощью *эндоцитоза* или *экзоцитоза*.

Эндоцитоз – процесс поглощения клеткой крупных частиц и макромолекул. Различают два типа эндоцитоза:

1) **пиноцитоз** (от греч. *пино* – пью и *цитос* – клетка) – захват и поглощение жидкого материала (раствор, коллоидный раствор, суспензия). Этот способ открыт американским учёным У. Льюисом в 1931 г. и является наиболее универсальным, поскольку присущ клеткам растений, животных и грибов. У человека наблюдается в эпителиальных клетках кишечника, в эндотелии кровеносных капилляров, почечных канальцах и растущих женских половых клетках.

2) **фагоцитоз** (от греч. *фагос* – пожирать и *цитос* – клетка) – захват и поглощение крупных частиц (клеток, частей клеток, макромолекул). Это явление можно наблюдать у многих простейших и некоторых лейкоцитов, например, при захвате амёбой более мелких одноклеточных организмов или при захвате бактерий, проникших в организм животного или человека, лейкоцитами крови. Открытие фагоцитоза принадлежит И.И. Мечникову, который в 1882 г. выявил этот процесс, проделывая опыты с морскими звёздами и дафниями, вводя в их организмы инородные тела.

При эндоцитозе плазматическая мембрана образует впячивание, края ее сливаются, и происходит отщуривание в цитоплазму структур, отграниченных от цитоплазмы одиночной мембраной (рис. 38).

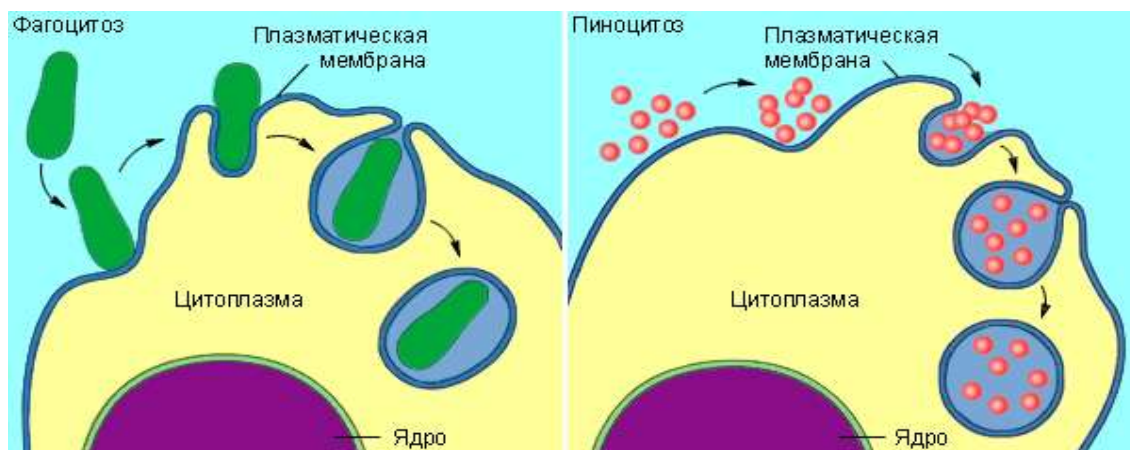


Рис. 38. Эндоцитоз

Экзоцитоз – процесс, обратный эндоцитозу: *выведение различных веществ из клетки*. При экзоцитозе мембрана пузырька сливается с наружной плазматической мембраной, содержимое везикулы выводится за пределы клетки, а ее мембрана включается в состав наружной плазматической мембраны (рис. 39). Таким способом из клеток желез внутренней секреции выводятся гормоны, у простейших – непереваренные остатки пищи.

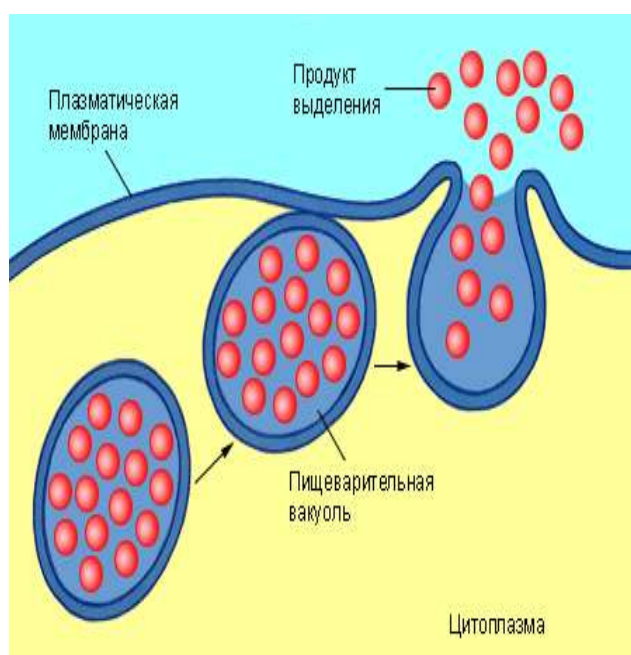


Рис. 39. Экзоцитоз

Цитоплазма – обязательная часть клетки, заключенная между плазматической мембраной и ядром; подразделяется на цитозоль (основное вещество цитоплазмы, пронизанное системой белковых нитей – цитоскелетом), органоиды (постоянные компоненты цитоплазмы) и включения (временные компоненты цитоплазмы).

Химический состав цитоплазмы: основу составляет вода (60–90% всей массы цитоплазмы), различные органические и неорганические соединения. Цитоплазма имеет щелочную реакцию.

Характерная особенность цитоплазмы эукариотической клетки – постоянное движение (**циклоз**). Оно обнаруживается, прежде всего, по перемещению органоидов клетки, например хлоропластов. Если движение цитоплазмы прекращается, клетка погибает, так как, только находясь в постоянном движении, она может выполнять свои функции.

Цитозоль (гяалоплазма) представляет собой бесцветный, слизистый, густой и прозрачный коллоидный раствор. Именно в цитозоле протекают все процессы обмена веществ, она обеспечивает взаимосвязь ядра и всех органоидов. В зависимости от преобладания в цитозоле жидкой части или крупных молекул, различают две формы цитозоля: золь – более жидкая цитозоль и гель – более густая цитозоль. Между ними возможны взаимопереходы: гель превращается в золь и наоборот. Переходы золь в гель и обратно могут быть вызваны изменением кислотности, концентрации определенных ионов, различными химическими реакциями, изменением температуры и др.

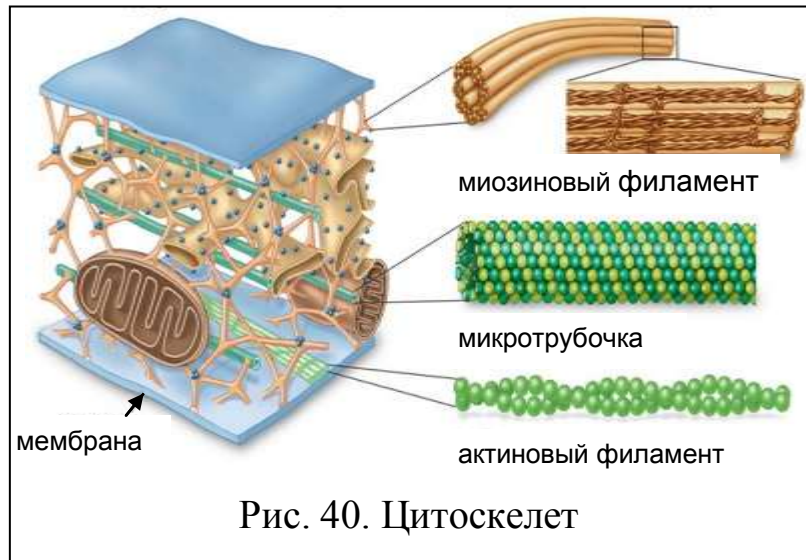
Функции цитоплазмы:

- ✓ объединение всех компонентов клетки в единую систему;
- ✓ среда для прохождения многих биохимических и физиологических процессов;
- ✓ среда для существования и функционирования органоидов.

Цитоскелет – внутриклеточный механический каркас цитоплазмы, состоящий из сложной трехмерной белковой сети микрофиламентов и микротрубочек. **Микротрубочки** – цилиндрические неразветвленные структуры. Длина микротрубочек колеблется от 100 мкм до 1 мм, диаметр составляет примерно 24 нм, толщина стенки – 5 нм. Основным химический компонент – белок тубулин. Микротрубочки легко разбираются и вновь собираются. **Микрофиламенты** – нити диаметром 5–7 нм, состоят из белка актина или миозина. Микротрубочки и микрофиламенты образуют в цитоплазме сложные переплетения (рис. 40).

Функции цитоскелета:

- ✓ определение формы клетки;
- ✓ опора для органоидов;
- ✓ образование веретена деления;
- ✓ участие в движениях клетки;
- ✓ организация тока цитоплазмы.



СТРОЕНИЕ И ФУНКЦИИ ОРГАНОИДОВ КЛЕТКИ

Органоиды – это постоянные клеточные структуры, выполняющие определенные функции.

В зависимости от строения цитоплазматические органоиды разделяют на *мембранные* органоиды и *немембранные* органоиды.

Мембранные органоиды – полые структуры, стенки которых образованы одинарной или двойной мембраной.

К органоидам, образованным одинарной мембраной, относятся: эндоплазматическая сеть, комплекс Гольджи, лизосомы, вакуоли. Они имеют сходный химический состав мембран и образуют внутриклеточную систему синтеза и транспорта веществ.

К двумембранным органоидам относятся митохондрии и пластиды. Эти органоиды называются полуавтономными, поскольку они содержат собственные ДНК, все типы РНК, рибосомы и способны синтезировать некоторые белки. Митохондрии и пластиды способны к самовоспроизведению и никогда не образуются из других компонентов клетки. Вне клеток они существовать не могут.

К немембранным органоидам клетки относятся органоиды, не имеющие собственной замкнутой мембраны, а именно: рибосомы и органоиды, построенные на основе тубулиновых микротрубочек – клеточный центр и органоиды движения (жгутики и реснички).

Эндоплазматическая сеть (ЭПС), или **эндоплазматический ретикулум (ЭПР)**, представляет собой замкнутую систему, образованную соединенными между собой канальцами, «цистернами» и полостями различной формы и размеров, стенки которых являются

мембранами, сходными с плазматической мембраной. ЭПС пронизывает всю клетку. Мембраны ЭПС с одной стороны связаны с плазматической мембраной, с другой – с наружной ядерной мембраной.

Различают **шероховатую (гранулярную)** (на ее мембране есть рибосомы), и **гладкую (агранулярную)** ЭПС (рис. 41). На рибосомах шероховатой ЭПС происходит синтез белков, которые предназначены для вывода за пределы клетки. Шероховатая ЭПС лучше развита в тех клетках, где синтезируется большое количество белков. На мембранах гладкой ЭПС находятся ферментные системы, участвующие в жировом и углеводном обмене. Такие мембраны преобладают в клетках сальных желез, где осуществляется синтез жиров, в клетках печени (синтез гликогена), в клетках богатых запасными питательными веществами (семена растений). Синтезированные на мембранах ЭПС вещества поступают в ее полости, по которым транспортируются и доставляются в комплекс Гольджи.



Шероховатая ЭПС



Гладкая ЭПС



Рис. 41. Схема строения и микрофотографии эндоплазматической сети

Функции эндоплазматической сети:

- ✓ транспорт веществ из одной части клетки в другую;
- ✓ разделение цитоплазмы клетки на компартменты («отсеки»);
- ✓ синтез углеводов и липидов (гладкая ЭПС);
- ✓ синтез белка (шероховатая ЭПС).

Комплекс Гольджи, или **аппарат Гольджи**, представляет собой стопки уплощенных «цистерн» (слегка изогнутых, дискообразных полостей) с расширенными краями. С ними связана система мелких одномембранных пузырьков (пузырьки Гольджи) (рис. 42). Каждая стопка обычно состоит из 3-х–8-ми «цистерн», является структурно-функциональной единицей аппарата Гольджи и называется *диктиосомой*. Число диктиосом в клетке колеблется от одной до нескольких сотен. В растительных клетках диктиосомы обособлены.

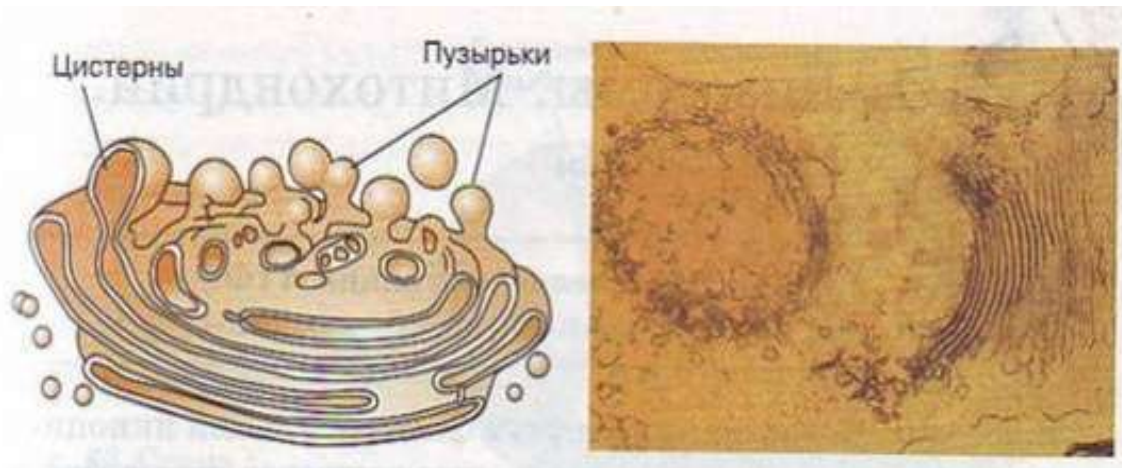


Рис. 42. Схема строения и микрофотография комплекса Гольджи

Комплекс Гольджи обычно расположен около клеточного ядра (в животных клетках часто вблизи клеточного центра). Попадающие в полости комплекса Гольджи из эндоплазматической сети продукты синтетической деятельности клетки (белки, полисахариды, липиды) подвергаются различным преобразованиям, накапливаются, сортируются упаковываются в секреторные пузырьки и по мере необходимости транспортируются к различным внутриклеточным структурам или за пределы клетки.

Функции комплекса Гольджи:

- ✓ накопление белков, липидов, углеводов;
- ✓ модификация поступивших органических веществ;
- ✓ «упаковка» в мембранные пузырьки белков, липидов, углеводов;
- ✓ секреция белков, липидов, углеводов;
- ✓ синтез углеводов и липидов;
- ✓ место образования лизосом.

Секреторная функция является важнейшей, поэтому комплекс Гольджи хорошо развит в секреторных клетках.

Лизосомы представляют собой мелкие пузырьки (диаметр от 0,2 до 0,8 мкм), содержащие набор ферментов. Ферменты синтезируются на шероховатой ЭПС, перемещаются в комплекс Гольджи, где происходит их модификация и упаковка в мембранные пузырьки, которые после отделения от комплекса Гольджи становятся собственно лизосомами. Лизосома может содержать от 20 до 60 различных видов ферментов. Расщепление веществ с помощью ферментов называют **лизисом**.

Различают: 1) **первичные лизосомы**, 2) **вторичные лизосомы**.

Первичными называются лизосомы, отшнуровавшиеся от аппарата Гольджи. Первичные лизосомы являются фактором, обеспечивающим экзоцитоз ферментов из клетки.

Вторичными называются лизосомы, образовавшиеся в результате слияния первичных лизосом с эндоцитозными вакуолями. В этом случае в них происходит переваривание веществ, поступивших в клетку путем фагоцитоза или пиноцитоза, поэтому их можно назвать пищеварительными вакуолями.

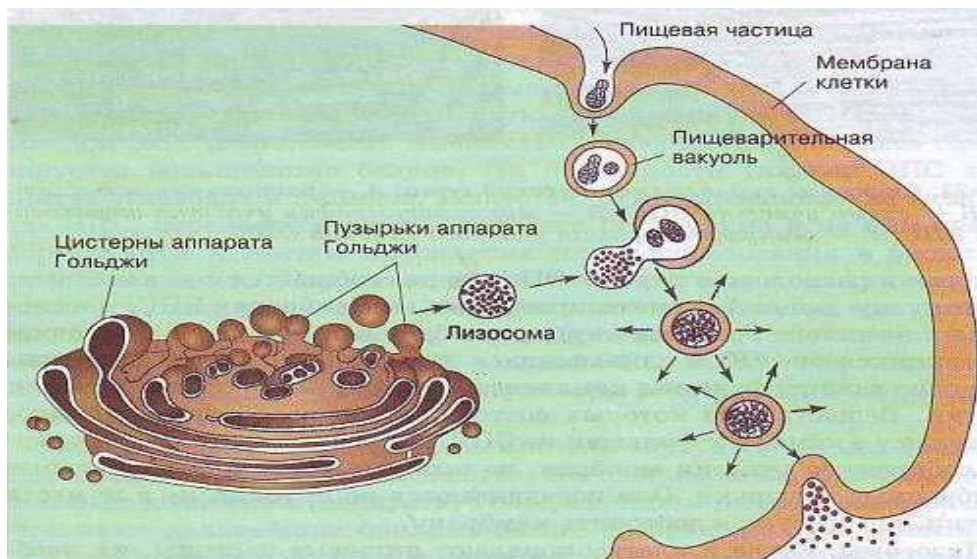


Рис. 43. Схема превращения пищевой частицы при участии лизосомы

Процесс уничтожения ненужных клетке структур называют **автофагией**. Сначала подлежащая уничтожению структура окружается одинарной мембраной, затем образовавшаяся мембранная капсула сливается с первичной лизосомой, в результате также образуется вторичная лизосома (автофагическая вакуоль), в которой эта структура переваривается. Продукты переваривания усваиваются цитоплазмой клетки, но часть материала так и остается непереваренной. Вторичная лизосома, содержащая этот непереваренный материал, называется

остаточным тельцем. Путем экзоцитоза непереваренные частицы удаляются из клетки.

Саморазрушение клетки, наступающее вследствие высвобождения содержимого лизосом называют **автолизом**. В норме автолиз имеет место при метаморфозах (исчезновение хвоста у головастика лягушек), инволюции матки после родов, в очагах омертвления тканей.

Функции лизосом:

- ✓ внутриклеточное переваривание органических веществ;
- ✓ уничтожение ненужных клеточных и неклеточных структур;
- ✓ участие в процессах реорганизации клеток.

Вакуоли представляют собой «емкости», заполненные водными растворами органических и неорганических веществ. В образовании вакуолей принимают участие эндоплазматическая сеть и комплекс Гольджи. Молодые растительные клетки содержат много мелких вакуолей, которые затем по мере роста и дифференцировки клетки сливаются друг с другом и образуют одну большую центральную вакуоль.



Рис. 44. Центральная вакуоль в растительной клетке

Центральная вакуоль может занимать до 95% объема зрелой клетки, ядро и органоиды оттесняются при этом к клеточной оболочке (рис. 44).

Мембрана, ограничивающая растительную вакуоль, называется **тонопластом**.

Жидкость, заполняющая растительную вакуоль, называется **клеточным соком**.

В состав клеточного сока входят водорастворимые органические и неорганические соли, моносахариды, дисахариды, аминокислоты, конечные или токсические продукты обмена веществ (гликозиды, алкалоиды), некоторые пигменты (антоцианы).

В животных клетках имеются мелкие пищеварительные и автофагические вакуоли, относящиеся к группе вторичных лизосом и содержащие ферменты. У одноклеточных животных есть еще сократительные вакуоли, выполняющие функцию осморегуляции и выделения.

Функции вакуолей:

- ✓ накопление и хранение воды;
- ✓ регуляция водно-солевого обмена;
- ✓ поддержание тургорного давления;
- ✓ накопление водорастворимых метаболитов, запасных питательных веществ;
- ✓ окрашивание цветов и плодов и привлечение тем самым опылителей и распространителей семян и др.

Эндоплазматическая сеть, комплекс Гольджи, лизосомы и вакуоли образуют единую вакуолярную сеть клетки, отдельные элементы которой могут переходить друг в друга.

Митохондрия – органоид, называемый «энергетической станцией» клетки. Форма, размеры и количество митохондрий в клетке чрезвычайно варьируют. По форме митохондрии могут быть палочковидными, округлыми, спиральными, чашевидными, разветвленными. Длина митохондрий колеблется в пределах от 1,5 до 10 мкм, диаметр – от 0,25 до 1,00 мкм. Количество митохондрий в клетке может достигать нескольких тысяч и зависит от метаболической активности клетки.

Строение митохондрии.

Митохондрия ограничена двумя мембранами. Наружная мембрана митохондрий гладкая, внутренняя образует многочисленные складки – **кристы**. Кристы увеличивают площадь поверхности внутренней мембраны, на которой размещаются мультиферментные системы, участвующие в процессах синтеза молекул АТФ. Внутри митохондрии заполнена **матриксом**, в котором содержатся молекулы ДНК, РНК, рибосомы (рис. 45).

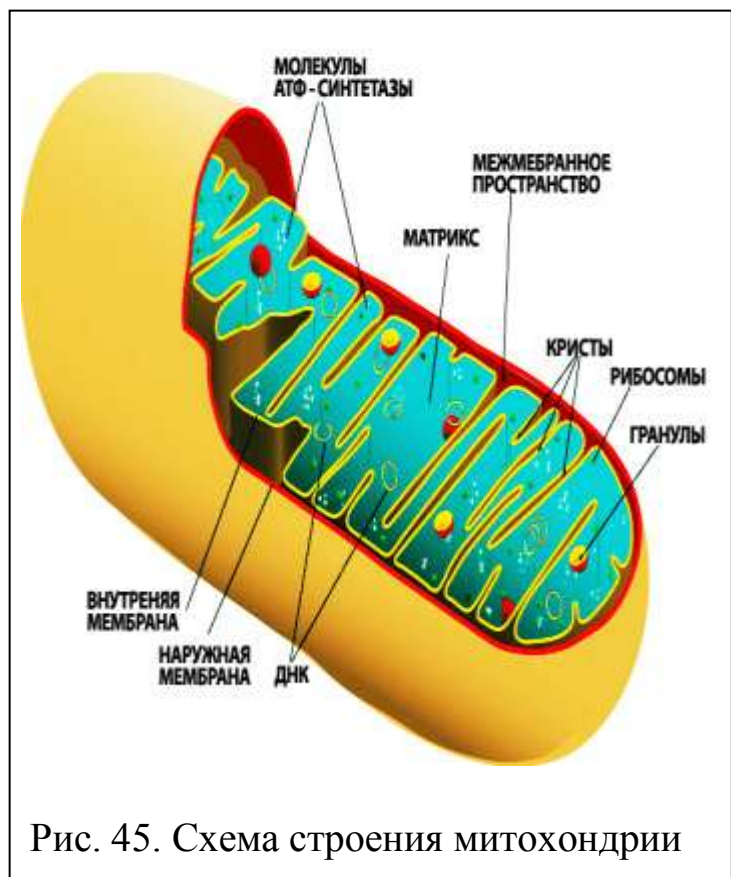


Рис. 45. Схема строения митохондрии

Согласно одной из гипотез (теория симбиогенеза) митохондрии произошли от древних свободноживущих аэробных прокариотических

организмов, которые, случайно проникнув в клетку-хозяина, затем образовали с ней взаимовыгодный симбиотический комплекс.

Функция митохондрий: синтезируют АТФ – универсальный источник энергии.

Пластиды. Эти органоиды характерны только для растительных клеток. Различают три основных типа пластид: **хлоропласты** – зеленые пластиды, **хромопласты** – окрашенные пластиды обычно желтого, красного и оранжевого цветов, **лейкопласты** – бесцветные пластиды в клетках неокрашенных частей растений.

Хлоропласты. В клетках высших растений хлоропласты имеют форму двояковыпуклой линзы. Длина хлоропластов колеблется в пределах от 5 до 10 мкм, диаметр – от 2 до 4 мкм.

Строение хлоропласта. Хлоропласты ограничены двумя мембранами. Наружная мембрана гладкая, внутренняя имеет сложную складчатую структуру. Наименьшая складка называется *тилакоидом*. Группа тилакоидов, уложенных наподобие стопки монет, называется *граной*. В хлоропласте содержится в среднем 40–60 гран, расположенных в шахматном порядке. Граны связываются друг с другом уплощенными каналами – *ламеллами*. В мембраны тилакоидов встроены фотосинтетические пигменты и ферменты, обеспечивающие синтез АТФ. Главным фотосинтетическим пигментом является *хлорофилл*, который и обуславливает зеленый цвет хлоропластов. Внутреннее пространство хлоропластов заполнено *стромой*. В строме содержатся ДНК, рибосомы, ферменты, зерна крахмала. Внутри каждого тилакоида находится протонный резервуар, где происходит накопление H^+ (рис. 46).

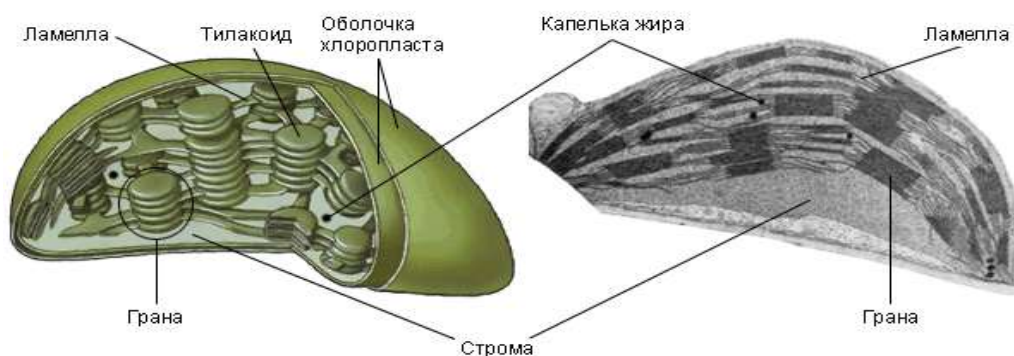


Рис. 46. Строение хлоропласта

Хлоропласты содержатся в клетках зеленых частей высших растений, особенно много хлоропластов в листьях и зеленых плодах. Хлоропласты низших растений называют *хроматофорами*.

Полагают, что хлоропласты произошли от древних эндосимбиотических цианобактерий (теория симбиогенеза).

Функция хлоропластов: участие в процессе фотосинтеза. Благодаря хлорофиллу в хлоропластах происходит превращение энергии солнечного света в химическую энергию АТФ. Энергия АТФ используется в хлоропластах для синтеза органических соединений, в первую очередь углеводов.

Хромопласты. Пигменты красного и желтого цвета, находящиеся в хромопластах, придают различным частям растений красную и желтую окраску. Корень моркови, плоды томатов окрашены благодаря пигментам, содержащимся в хромопластах.

Хромопласты ограничены двумя мембранами. Наружная мембрана гладкая, внутренняя или также гладкая, или образует единичные тилакоиды. В строме имеются ДНК и пигменты – *каротиноиды*, придающие хромопластам желтую, красную или оранжевую окраску. Форма накопления пигментов различная: в виде кристаллов, растворены в липидных каплях и др.

Содержатся хромопласты в клетках зрелых плодов, лепестков, осенних листьев, редко – корнеплодов. Хромопласты считаются конечной стадией развития пластид.

Функция хромопластов: окрашивание цветов и плодов и тем самым привлечение опылителей и распространителей семян.

Лейкопласты являются местом накопления запасного питательного вещества – крахмала. Особенно много лейкопластов имеют клетки подземных органов растения (корни, клубни, корневища и др.). На свету лейкопласты могут превращаться в хлоропласты (в результате чего клубни картофеля зеленеют). Осенью хлоропласты превращаются в хромопласты и зеленые листья и плоды желтеют и краснеют. Форма их варьирует (шаровидные, округлые, чашевидные и др.).

Лейкопласты ограничены двумя мембранами. Наружная мембрана гладкая, внутренняя образует малочисленные тилакоиды. В строме содержатся ДНК, рибосомы, ферменты. Пигменты отсутствуют.

Функции лейкопластов: синтез, накопление и хранение запасных питательных веществ. Выделяют: *амилопласты* – это лейкопласты, которые синтезируют и накапливают крахмал, *элайопласты* – масла, *протеинопласты* – белки. В одном и том же лейкопласте могут накапливаться разные вещества.

Все виды пластид могут образовываться из пропластид. **Пропластиды** – мелкие органоиды, содержащиеся в меристематических тканях. Поскольку пластиды имеют общее происхождение, между ними возможны взаимопревращения. Лейкопласты могут превращаться в хлоропласты (позеленение клубней картофеля на свету), хлоропласты – в хромопласты (пожелтение листьев и покраснение плодов). Превращение хромопластов в лейкопласты или хлоропласты считается невозможным.

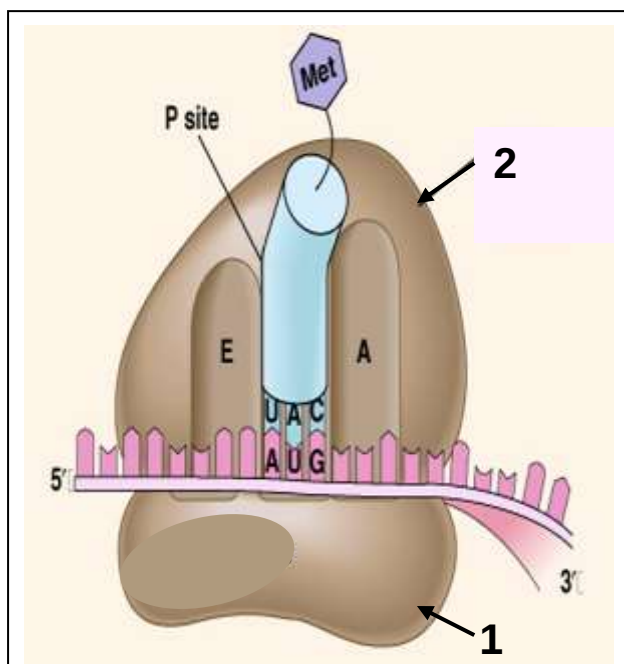


Рис. 47. Строение рибосомы.

1 – малая субъединица,
2 – большая субъединица.

Рибосомы. Мельчайшие органоиды клетки диаметром 15-35 нм, имеющие вид сферы. Состоят рибосомы из 2-х неравных субъединиц: большой и малой (рис. 47). В их состав входят РНК и белки. Располагаются рибосомы на мембранах эндоплазматической сети и в цитоплазме. Субъединицы рибосомы синтезируются в ядрышке. Объединение субъединиц в целую рибосому происходит в цитоплазме.

Во время биосинтеза белка рибосомы могут «работать» поодиночке или объединяться в комплексы – **полирибосомы (полисомы)**.

Функция рибосомы: обеспечивает биосинтез белка (сборку белковой молекулы из аминокислот).

Клеточный центр включает в себя две центриоли и центросферу (сферу притяжения). **Центриоль** представляет собой цилиндр, стенка которого образована девятью группами из трех слившихся микротрубочек (9 триплетов), соединенных между собой через определенные интервалы поперечными шивками. Центриоли объединены в пары, где они расположены под прямым углом друг к другу (рис. 48).

Перед делением клетки центриоли расходятся к противоположным полюсам, и возле каждой из них возникает дочерняя центриоль. Они формируют веретено деления, способствующее равномерному распределению генетического материала между дочерними клетками. В клетках высших растений (голосеменные, покрытосеменные) клеточный

центр центриолей не имеет. Центриоли относятся к самовоспроизводящимся органоидам цитоплазмы, они возникают в результате дупликации (лат. *duplicatio* – удвоение) уже имеющихся центриолей.

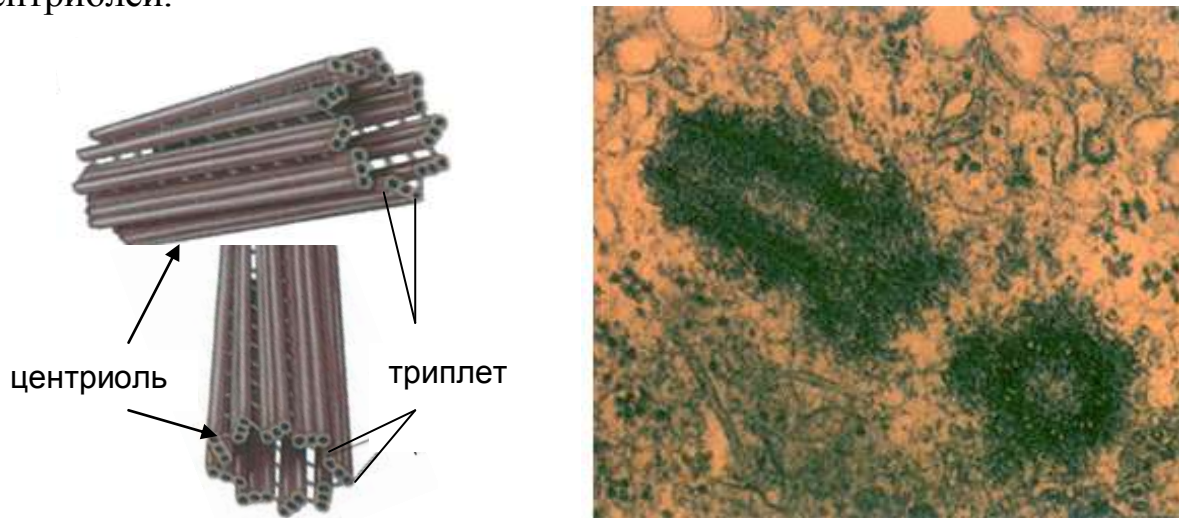


Рис. 48. Схема строения и микрофотография клеточного центра

Функции клеточного центра:

- ✓ обеспечение расхождения хромосом к полюсам клетки во время деления (митоза или мейоза);
- ✓ центр организации цитоскелета.

Органоиды движения. Присутствуют не во всех клетках. К органоидам движения относятся ***реснички*** (инфузории, эпителий дыхательных путей – ресничное движение), ***жгутики*** (жгутиконосцы, эвглена зеленая, сперматозоиды), ***ложноножки*** (корненожки, лейкоциты), ***миофибриллы*** (мышечные клетки) и др.

Миофибриллы состоят из актиновых и миозиновых филаментов, обеспечивающих сокращение мышечных клеток (рис. 40).

Жгутики и реснички – органоиды нитевидной формы, представляют собой выросты цитоплазмы, окруженные плазматической мембраной. Внутри выростов находятся микротрубочки, сокращения которых приводят клетку в движение.

Под движением понимается и движение клетки в пространстве, и внутриклеточное движение ее органоидов. В жидкой среде перемещение клеток осуществляется движением жгутиков и ресничек (рис. 35 - 2, 8, 11). Обычно у одной клетки бывает только один жгутик, а ресничек может быть очень много, и все их движения скоординированы, чем и обеспечивается движение клетки. Например, на поверхности

одноклеточной инфузории-туфельки насчитывается до 15 000 ресничек, с помощью которых она может передвигаться со скоростью 3 мм/с. На каждой клетке ресничного эпителия, выстилающего верхние дыхательные пути, насчитывается до 250 ресничек.

Клеточное движение обеспечивается *цитоскелетом*. Благодаря его наличию при фагоцитозе и пиноцитозе происходит впячивание плазматической мембраны внутрь клетки, передвигаются лизосомы, пузырьки комплекса Гольджи, митохондрии, наконец, движется сама цитоплазма.

Включения – непостоянные структуры цитоплазмы, которые образуются и исчезают в процессе жизнедеятельности клетки. Основное место локализации включений – цитоплазма, но иногда они встречаются и в ядре (рис. 49).



Рис. 49. Клеточные включения

Включения имеют вид зерен, глыбок, капель, вакуолей, гранул различной величины и формы. Их химическая природа очень разнообразна.

Липоиды обычно откладываются в клетке в виде мелких капель. Большое количество жировых капель встречается в цитоплазме ряда простейших, например инфузорий. У млекопитающих жировые капли находятся в специализированных жировых клетках, в соединительной ткани. Капли жира встречаются в клетках практически всех растительных тканей, очень много жира содержится в семенах некоторых растений.

Включения полисахаридов имеют чаще всего форму гранул разнообразных размеров. У многоклеточных животных и простейших в цитоплазме клеток встречаются отложения гликогена. В клетках растений из полисахаридов наиболее часто откладывается крахмал.

Он имеет вид гранул различной формы и размеров, причем форма крахмальных гранул специфична для каждого вида растений и для определенных тканей. Отложениями крахмала богата цитоплазма клубней картофеля, зерен злаков.

Белковые включения встречаются реже, чем жировые и углеводные. Белковыми гранулами богата цитоплазма яйцеклеток, где они имеют форму пластинок, шариков, дисков, палочек. Белковые включения встречаются в цитоплазме клеток печени, клеток простейших и многих других животных.

К клеточным включениям относятся некоторые пигменты, например распространенный в тканях желтый и коричневый пигмент липофусцин, круглые гранулы которого накапливаются в процессе жизнедеятельности клеток, особенно по мере их старения. Присутствие некоторых пигментов связано с выполнением этими клетками особых функций. Примерами могут служить красный дыхательный пигмент гемоглобин в эритроцитах крови или пигмент меланин в клетках меланофорах покровных тканей животных.

Лекция № 10

ЯДРО. ЭУКАРИОТЫ И ПРОКАРИОТЫ. ВИРУСЫ

СТРОЕНИЕ И ФУНКЦИИ ЯДРА

Каждая клетка растений и животных содержит ядро. Большинство клеток имеет одно ядро, но встречаются двоядерные (рис. 50, 1) и многоядерные клетки (рис. 50, 2). Некоторые высокоспециализированные клетки утрачивают ядро (рис. 50, 3-4).

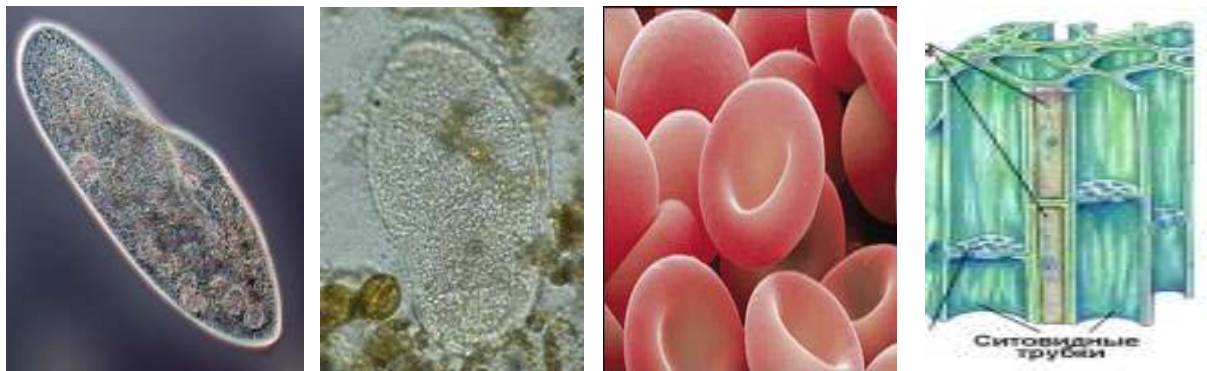


Рис. 50. Многоядерные и безъядерные клетки организмов.
1 – инфузория, 2 – опалина, 3 – эритроциты млекопитающих,
4 – ситовидные трубки покрытосеменных.

В животной клетке ядро обычно расположено в центре, а в растительной, как правило, находится на периферии клетки. Форма ядра зависит большей частью от формы клетки и может быть сферическая, эллипсоидная, реже лопастная, бобовидная и др. Диаметр ядра варьирует в пределах от 0,5 мкм (у грибов) до 500 мкм (в некоторых яйцеклетках), но в большинстве случаев он от 3 до 10 мкм.

Строение и функции ядра в разные периоды жизни клетки различны. В составе неделящегося ядра выделяют ядерную оболочку, ядерный сок, хроматин и ядрышки (рис. 51).

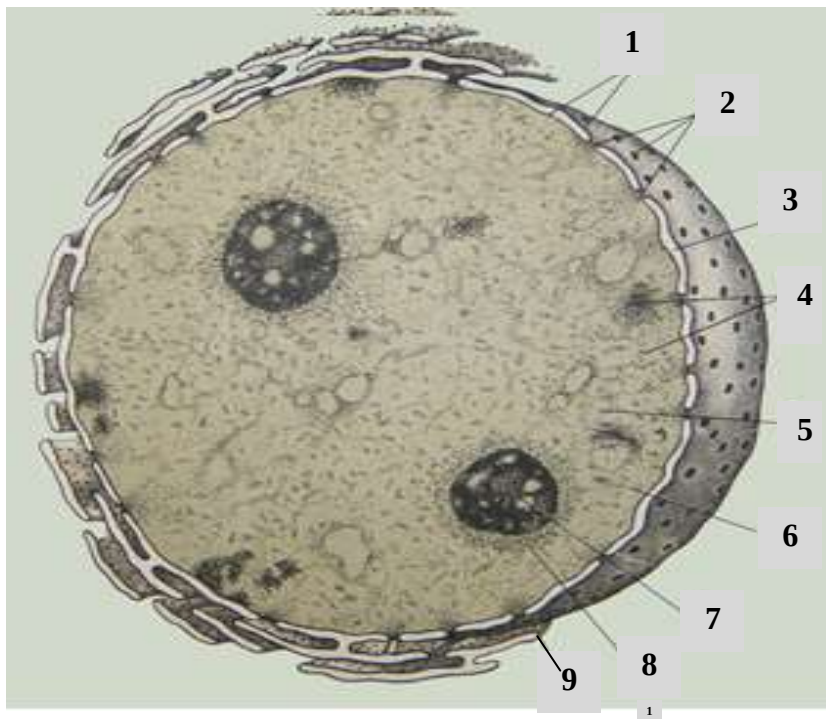


Рис. 51. Строение ядра.

- 1 – внутренняя и наружная ядерные мембраны;
- 2 – поры;
- 3 – околядерное пространство;
- 4 – хроматин;
- 5 – ядерный сок;
- 6 – ядерные рибосомы;
- 7 – ядрышко;
- 8 – околядрышковый хроматин;
- 9 – мембраны эндоплазматической сети, связанные с ядерной мембраной.

Ядерная оболочка – состоит из двух мембран (каждая толщиной 6-8 нм и подобна плазматической мембране). Между мембранами – узкая щель (*околядерное пространство*), заполнена полужидким веществом. В некоторых местах мембраны сливаются друг с другом, образуя *поры*, через которые происходит обмен веществ между ядром и цитоплазмой. *Наружная ядерная мембрана* со стороны, обращенной в цитоплазму, покрыта рибосомами, придающими ей шероховатость, *внутренняя мембрана* гладкая. Ядерные мембраны являются частью мембранной системы клетки: выросты наружной ядерной мембраны соединяются с каналами эндоплазматической сети, образуя единую систему сообщающихся каналов.

Функции ядерной оболочки:

- ✓ отделение генетического материала клетки от цитоплазмы;
- ✓ регуляция взаимосвязи «ядро-цитоплазма».

Ядерный сок (кариоплазма, нуклеоплазма) – внутреннее содержимое ядра, в котором располагаются хроматин и одно или несколько ядрышек. В состав ядерного сока входят различные белки (в том числе ферменты ядра), свободные нуклеотиды.

Функция ядерного сока:

- ✓ обеспечивает взаимосвязи внутриядерных структур;
- ✓ участвует в функционировании наследственного материала.

Ядрышко представляет собой округлое плотное тельце, погруженное в ядерный сок. Количество ядрышек зависит от функционального состояния ядра и варьирует от 1 до 7 и более. Ядрышки обнаруживаются только в неделящихся ядрах, во время деления клетки они исчезают.

Ядрышко образуется на определенных участках хромосом, несущих информацию о структуре рРНК. Такие участки называются ядрышковым организатором и содержат многочисленные копии генов, кодирующих рРНК. Из рРНК и белков, поступающих из цитоплазмы, формируются субъединицы рибосом. Таким образом, ядрышко представляет собой скопление рРНК и рибосомальных субъединиц на разных этапах их формирования.

Функция ядрышка: синтез рРНК и рибосом.

Хроматин – внутренняя структура ядра, окрашивающиеся некоторыми красителями и отличающиеся по форме от ядрышка. Хроматин имеет вид глыбок, гранул и нитей.

В химическом отношении хроматин представляет собой сложный **дезоксирибонуклеопротеидный комплекс**, в состав которого входят: 1) ДНК (30–45%), 2) гистоновые белки (30–50%), 3) негистоновые белки (4–33%).

В зависимости от функционального состояния хроматина различают: гетерохроматин и эухроматин.

Эухроматин – генетически активные участки хроматина. Эухроматин при световой микроскопии не различим, слабо окрашивается и представляет собой деконденсированные (деспирализованные, раскрученные) участки хроматина (рис. 52, 1).

Гетерохроматин – генетически неактивные участки хроматина. Гетерохроматин под световым микроскопом имеет вид глыбок или гранул, интенсивно окрашивается и представляет собой конденсированные (спирализованные, уплотненные) участки хроматина (рис. 52, 2).



Рис. 52. Хроматин:
1 – эухроматин,
2 – гетерохроматин.

Хроматин – форма существования генетического материала в клетках между двумя делениями (в интерфазу).

Во время деления клетки (митоз, мейоз) хроматин преобразуется в хромосомы.

ФУНКЦИИ ЯДРА:

- ✓ хранение и передача наследственной информации;
- ✓ регуляция жизнедеятельности клетки путем регуляции синтеза различных белков;
- ✓ место образования субъединиц рибосом.

ХРОМОСОМЫ

Хромосомы – палочковидные структуры, представляющие собой конденсированный хроматин и появляющиеся в клетке во время деления (митоза или мейоза).

Хромосомы и хроматин – различные формы пространственной организации дезоксирибонуклеопротеидного комплекса (ДНП), соответствующие разным фазам жизненного цикла клетки. (В период между делениями хроматин деспирализован. Во время клеточного деления хромосомы скручиваются в плотные спирали, укорачиваются в тысячи раз и становятся заметными в световой микроскоп).

Химический состав хромосом такой же, как и хроматина:

- 1) **ДНК** (30–45%);
- 2) **гистоновые белки** (30–50%) (отвечают за упаковку ДНК);
- 3) **негистоновые белки** (4–33%) (обеспечивают функционирование хромосом и устраняют нарушение в ДНК).

Основу хромосомы составляет одна непрерывная двухцепочечная молекула ДНК. Длина ДНК одной хромосомы может достигать нескольких сантиметров. Понятно, что молекула такой длины не может располагаться в клетке в вытянутом виде, а подвергается укладке, приобретая определенную трехмерную структуру, или **конформацию**.

На первом уровне двойная спираль ДНК диаметром 2 нм наматывается на белковый комплекс, содержащий 8 молекул *гистонов*. Образуется структура диаметром 10-11 нм, напоминающая бусы на нитке. Каждая «бусина» – *нуклеосома* содержит около 150 пар нуклеотидов.

На втором уровне нуклеосомы сближаются с помощью гистона, отличающегося от тех, которые входят в состав нуклеосомы. Образуется *фибрилла* диаметром 30 нм.

На третьем уровне упаковки формируются петли, содержащие от 20 000 до 80 000 пар нуклеотидов ДНК. В «устье» каждой петли находятся белки, которые узнают определенные нуклеотидные последовательности и при этом имеют сродство друг к другу. Типичная хромосома млекопитающих может содержать до 2500 петель.

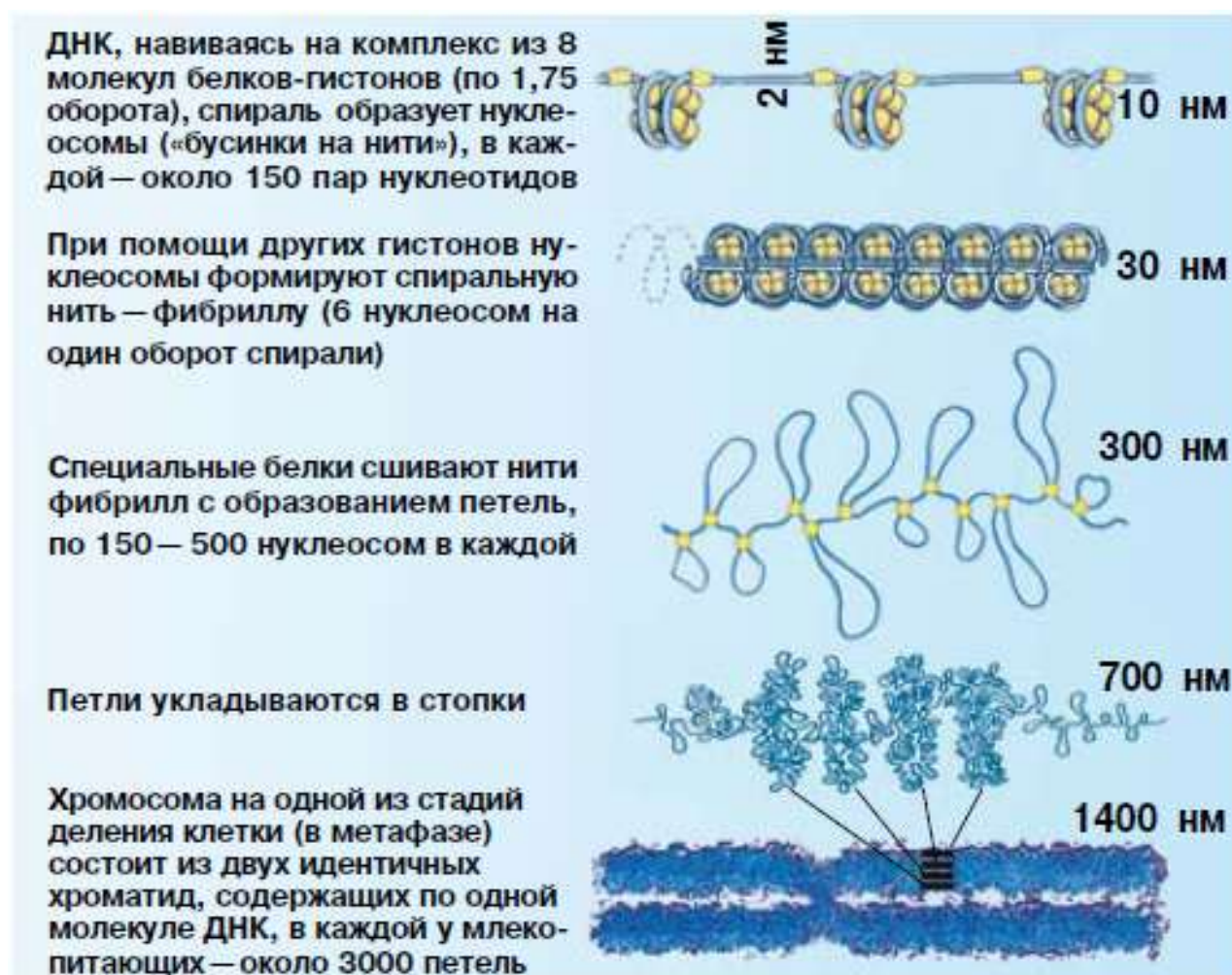


Рис. 53. Упаковка ДНК в хромосоме

Перед делением клетки молекулы ДНК удваиваются, петли укладываются в стопки, хромосома утолщается и становится видимой в световой микроскоп.

На четвертом уровне упаковки каждая хромосома состоит из двух идентичных *хроматид*, каждая из которых содержит по одной молекуле ДНК. Участок соединения хроматид носит название *центромеры*. В целом «укорочение» ДНК достигает 10^4 . Это соответствует тому, как если бы нитку длиной с Останкинскую башню (500 м) упаковали в спичечный коробок (5 см) (рис. 53).

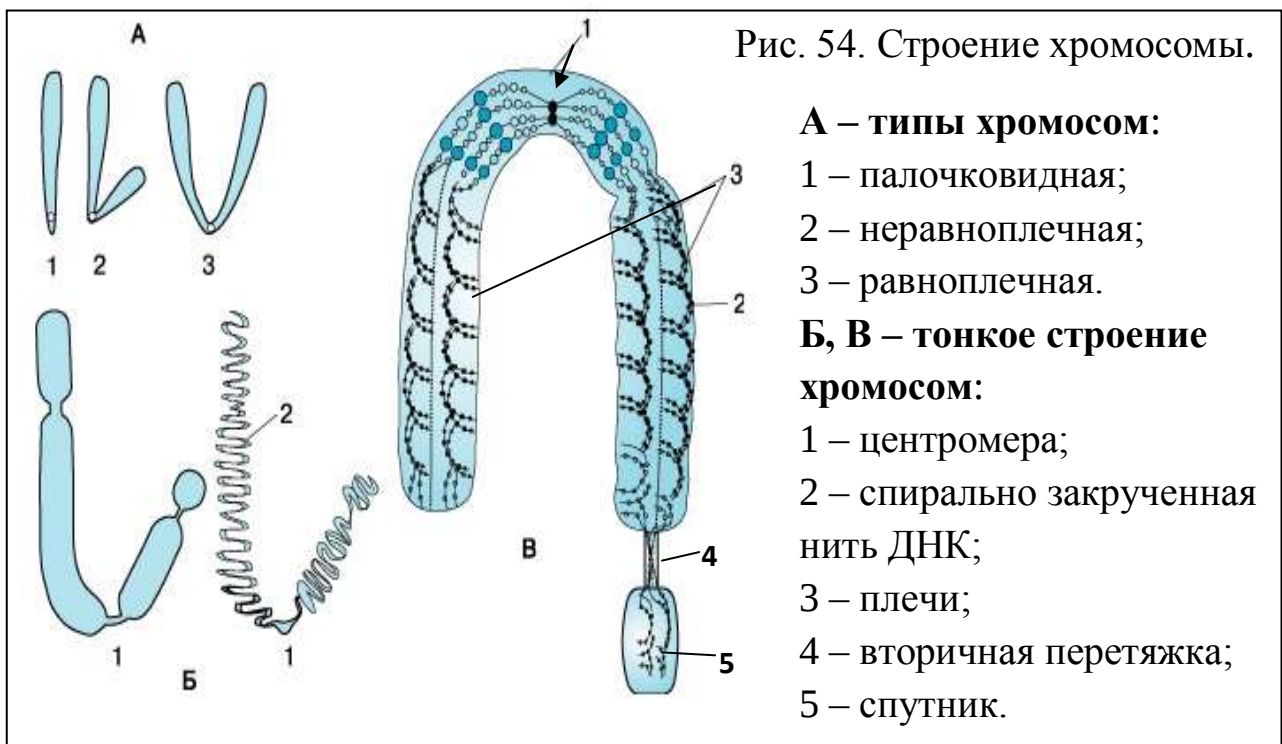
В процессе преобразования хроматина в хромосомы дезоксирибонуклеопротеидный комплекс образует не только спирали и суперспирали, но еще петли и суперпетли. Поэтому *процесс формирования хромосом, который происходит в первой фазе деления клетки (профазе), лучше называть не спирализацией, а конденсацией хромосом*.

Строение хромосомы. Любая хромосома имеет *первичную перетяжку (центромеру)*, которая делит хромосому на *плечи*. Некоторые хромосомы имеют *вторичную перетяжку* и *спутник*. **Спутник** – участок короткого плеча, отделяемый вторичной перетяжкой. Хромосомы, имеющие спутник, называются *спутничными*. Концы хромосом называются *теломерами* (рис. 54).

Расположение центромеры определяет **3 основных типа хромосом**:

- 1) *равноплечие* – с плечами равной или почти равной длины;
- 2) *неравноплечие* – с плечами неравной длины;
- 3) *палочковидные* – с одним длинным и вторым очень коротким, иногда с трудом обнаруживаемым плечом.

Выделяют еще точечные хромосомы с очень короткими плечами.



Функции хромосом:

- ✓ хранение наследственной информации;
- ✓ передача генетического материала от материнской клетки к дочерним.

Хромосомный набор клетки (кариотип). Набор хромосом, содержащийся в клетках какого-либо вида живых существ, называется **кариотипом**. Кариотип неповторим, и даже если число хромосом в клетках каких-то двух видов будет одинаковым (например, у картофеля и шимпанзе по 48 хромосом в клетке), то форма и строение этих хромосом все равно будут различными.

Клетки, составляющие ткани любого многоклеточного организма, получили название **соматических**. Ядра таких клеток содержат, как правило, *двойной*, или **диплоидный**, набор хромосом, т. е. по две хромосомы одинакового вида. Исходно половина хромосом досталась каждой клетке от материнской яйцеклетки и столько же хромосом – от сперматозоида отца. Парные, т. е. абсолютно одинаковые хромосомы (одна от матери, другая от отца), получили название **гомологичных хромосом**. Исключение представляют половые хромосомы; например, у всех млекопитающих это: X – доставшаяся от матери и одна из двух – X или Y – доставшаяся от отца.

Гаплоидный набор хромосом – это набор различных по размерам и форме хромосом клеток данного вида, но каждая хромосома представлена, в отличие от диплоидного набора, в единственном числе. Гаплоидный набор содержится в ядрах **половых клеток (гамет)**. Если у пчелы диплоидный набор – 32 хромосомы, то гаплоидный соответственно – 16. В период подготовки клетки к делению (интерфазу) каждая хромосома удваивается и состоит из двух хроматид. При этом у человека в соматических клетках будет 92 хроматиды, попарно соединенные в 46 хромосом.

Хромосомы в составе кариотипа делят также на **аутосомы**, или **неполовые хромосомы**, и **гетерохромосомы**, или **половые хромосомы**.

Аутосомы – хромосомы, одинаковые для мужского и женского кариотипов.

Половые хромосомы – хромосомы, по которым мужской кариотип отличается от женского.

Хромосомный набор человека ($2n = 46$, $n = 23$) содержит 22 пары аутосом и 1 пару половых хромосом. Аутосомы распределены по группам и пронумерованы.

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КЛЕТОК ЭУКАРИОТ

По строению различные *эукариотические (ядерные)* клетки сходны. Но наряду со сходством между клетками организмов различных царств живой природы имеются заметные отличия. Они касаются как структурных, так и биохимических особенностей (рис. 55).



Рис. 55. Разнообразие эукариотических клеток

Для растительной клетки характерно наличие различных пластид, крупной центральной вакуоли, которая иногда отодвигает ядро к периферии, а также расположенной снаружи плазматической мембраны клеточной стенки, состоящей из целлюлозы. В клетках высших растений в клеточном центре отсутствует центриоль, встречающаяся только у водорослей. Резервным питательным углеводом в клетках растений является крахмал.

В клетках представителей царства грибов клеточная стенка обычно состоит из хитина – полисахарида, из которого также построен наружный скелет членистоногих животных. Имеется центральная вакуоль, отсутствуют пластиды. Только у некоторых грибов в клеточном центре встречается центриоль. Запасным углеводом в клетках грибов является гликоген.

В клетках животных отсутствует плотная клеточная стенка, нет пластид. Нет в животной клетке и центральной вакуоли. Центриоль характерна для клеточного центра животных клеток. Резервным углеводом в клетках животных также является гликоген.

ПРОКАРИОТЫ И ЭУКАРИОТЫ

Все организмы, имеющие клеточное строение, делятся на две группы: *доядерные (прокариоты)* и *ядерные (эукариоты)*.

Клетки прокариот, к которым относят бактерии, цианобактерии (или синезеленые водоросли) и архебактерии, в отличие от эукариот, имеют относительно простое строение. Отличительным признаком этих одноклеточных существ считается отсутствие ограниченного мембранной оболочкой ядра. Бактериальная хромосома (кольцевая ДНК примерно из 10⁶ пар нуклеотидов – в тысячу и более раз короче ДНК эукариот) прикреплена к мембране с помощью специальных белков и находится в хорошо очерченной области цитоплазмы, называемой **нуклеоидом**. В состав нуклеоида входят также РНК и белки. В клетках цианобактерий обычно 8-10 нуклеоидов с копиями хромосом. Прокариотические клетки по размерам (1-10 мкм) существенно меньше эукариотических (20-30 мкм и более). В цитоплазме многих прокариот содержатся небольшие автономные самореплицирующиеся кольцевые ДНК – **плазмиды**.

В клетках прокариот отсутствуют все мембранные органоиды: митохондрии, пластиды, эндоплазматическая сеть и комплекс Гольджи. Их мелкие рибосомы рассеяны по цитоплазме или прикреплены к наружной мембране. Поверхность прокариот покрыта настолько плотной клеточной стенкой, что фагоцитоз и пиноцитоз для них невозможен. Они получают питательные вещества путем диффузии через оболочку или активного транспорта и не содержат вакуолей (пищеварительных, накопительных) (рис. 56).

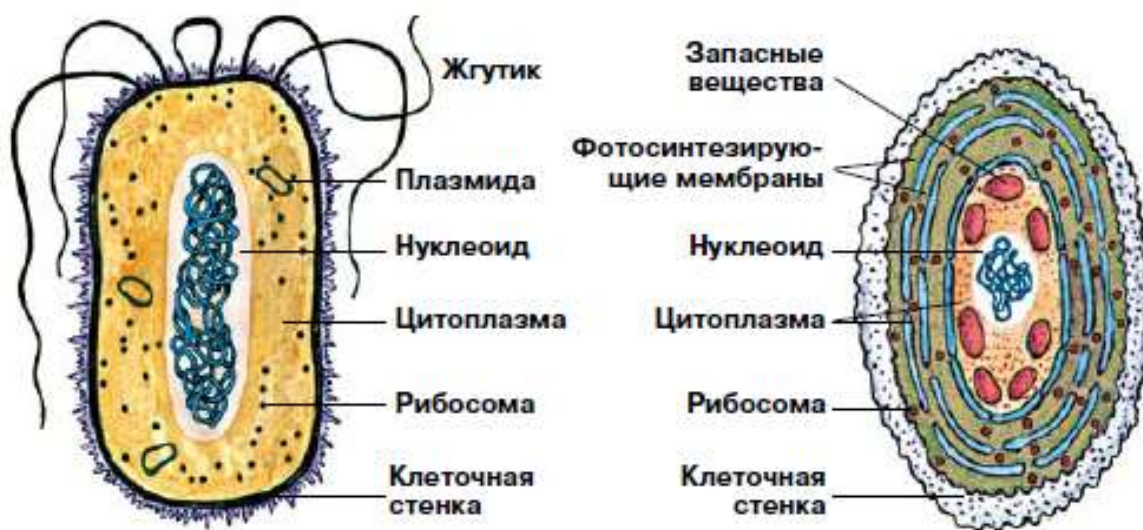
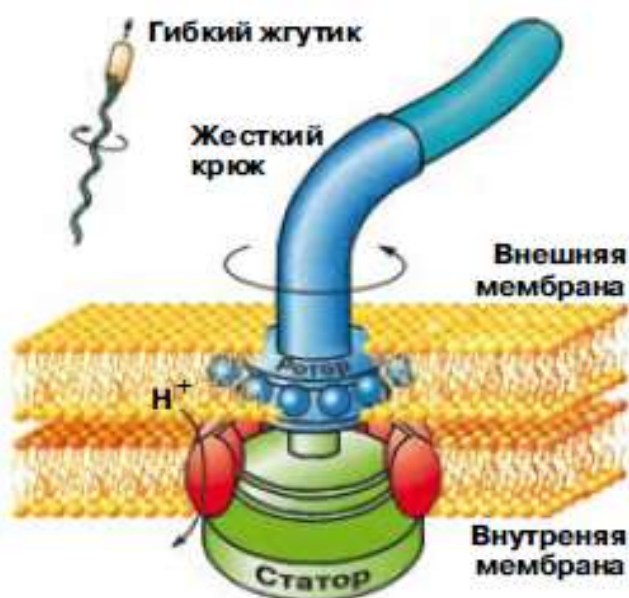


Рис. 56. Схема строения типичной бактерии (слева) и цианобактерии

Бактерии имеют самую различную форму: *кокки* (греч. *kokkos* – зерно) – шаровидную, *палочки* и *бациллы* (лат. *bacillum* – палочка) – продолговатую, *спириллы* – извитую. В клетках бактерий отсутствует клеточный центр, и поэтому их жгутики сформированы особым образом. Они прикреплены к оболочке белковым комплексом, способным вращать жгутик, сообщая движение клетке. Жгутики бактерий не покрыты мембраной.

Жгутики бактерий сравнивают с протонным микродвигателем гениальной конструкции: в двигателе есть ротор, статор, подшипники, молекулярная смазка и карданный вал. Скорость вращения поразительна – до 1 700 об/с. Всего за 10^{-3} с двигатель способен сменить направление вращения.
--



Вследствие отсутствия центриолей прокариоты не имеют цитоскелета, поэтому их цитоплазма практически неподвижна; соответственно нет необходимости и в ядерной оболочке.

Прокариоты размножаются делением. Дочерние клетки бактерий могут оставаться связанными в характерные группы. Стрептококки образуют длинные цепочки из нескольких клеток; стафилококки формируют скопление клеток, похожее на грозди винограда. Многие из них патогенны для человека (способны вызывать патологическое состояние – болезнь). Наличие подобных образований облегчает выявление бактериальной инфекции.

При недостатке пищи или избытке ядовитых продуктов обмена в клетке некоторые бактерии способны образовывать споры (например, бациллы, к которым относятся возбудители сибирской язвы, ботулизма, столбняка). Меньшая часть цитоплазмы с хромосомой отделяется двойной мембраной, а затем покрывается многослойной оболочкой. Жизнедеятельность бактерии практически прекращается.



Споры выдерживают сильные колебания температур, интенсивные химические и радиационные воздействия и сохраняются сотни лет. Попадая в благоприятную среду водоемов, они переходят к активной жизнедеятельности (рис. 57).

Разнообразие биохимических процессов у прокариотов велико: необходимую для жизни энергию различные бактерии получают или окисляя неорганические соединения, или используя для питания готовые органические вещества, или посредством фотосинтеза. Некоторые бактерии являются паразитами животных или растений.

Жизнеспособность бактерий поразительна. Есть виды, которые населяют океанические впадины и вершины гор, обитают в арктическом холоде и в кипятке горячих источников, и даже в ядерных реакторах.

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОКАРИОТ И ЭУКАРИОТ

Структура	Прокариоты	Эукариоты
Ядро	Нуклеарная область: мембраны нет	Есть и окружено мембраной
ДНК	Замкнута в кольцо (условно называется <i>бактериальная хромосома</i>)	Ядерная ДНК представляет собой линейную структуру и находится в хромосомах
Клеточная мембрана	Есть. Органоиды немембранные	Есть. Органоиды мембранные и немембранные
ЭПС	Нет	Есть
Рибосомы	Есть, но меньше по размеру	Есть
Митохондрии	Нет	Есть
Комплекс Гольджи	Нет	Есть
Лизосомы	Нет	Есть
Вакуоли	Нет	Есть
Реснички, жгутики	Есть	Есть
Пластиды	Нет	Есть у растительных клеток

НЕКЛЕТОЧНЫЕ ФОРМЫ ЖИЗНИ – ВИРУСЫ

В 1892 г. русский микробиолог и ботаник Д. И. Ивановский описал необычные свойства возбудителя одной из болезней листьев растений – табачной мозаики (у растений разрушаются лейкопласты и обесцвечиваются участки листьев). Возбудитель этой болезни проникал сквозь фильтр, задерживающий бактерии.

Похожее открытие сделали французские ученые Ф. Леффлер и П. Фрош, изучая возбудителя болезни животных ящура. Нидерландский ботаник М. Бейеринк предложил называть эти фильтрующиеся возбудители *вирусами* (лат. *virus* – яд). Отечественный микробиолог и эпидемиолог Н. Ф. Гамалея обнаружил вирус, разрушающий бактерии. Канадский бактериолог Ф. де Эррель назвал такие вирусы *бактериофагами*.

Как теперь известно, вирусную природу имеют возбудители многих болезней, поражающих человека: оспы, гепатита, свинки, кори, бешенства, клещевого энцефалита, краснухи, полиомиелита, герпеса, гриппа.

Размеры вирусов составляют всего 15-100 нм, поэтому рассмотреть их можно только с помощью электронного микроскопа. Вирусы являются неклеточными формами жизни. В них отсутствуют практически все

характерные для живой клетки органеллы. Вирусные частицы (*вирионы*) состоят из молекулы РНК или ДНК и оболочки (*капсида*). Капсид вирусов образован *капсомерами* – белковыми субъединицами (у вируса табачной мозаики их свыше 1000) или липопротеиновой мембраной (рис. 58). Вирусы не питаются и вне клеток не размножаются, многие имеют вид кристаллов. В клетках «хозяев» вирусы активируются и проявляют такие свойства живых систем, как воспроизведение, регуляция и самосохранение.

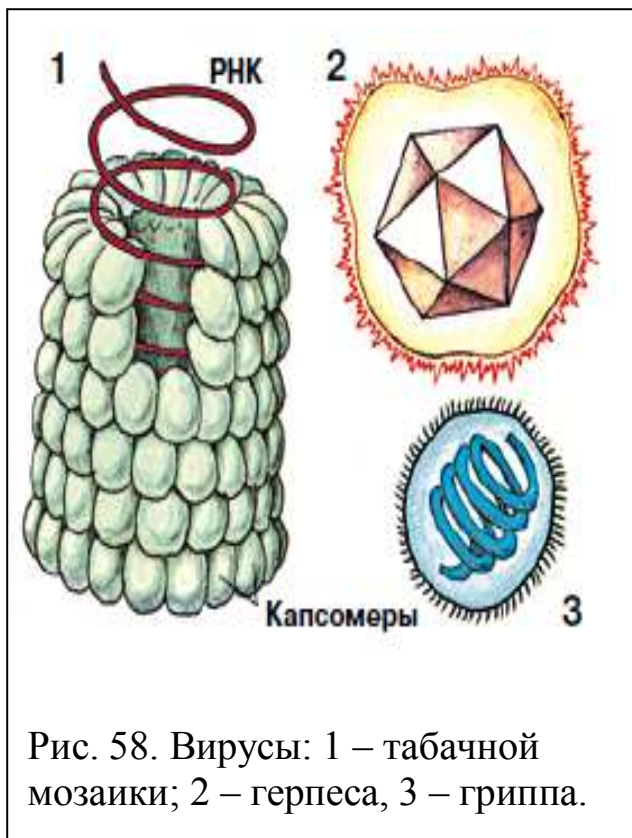


Рис. 58. Вирусы: 1 – табачной мозаики; 2 – герпеса, 3 – гриппа.

РНК-вирусы любопытны тем, что в них роль генетического материала выполняет не ДНК, а РНК. Количество генов в наследственном материале вирусов невелико: от 3 у вируса табачной мозаики до 240 у вируса оспы (в ДНК человека более 30 тыс. генов). Бактериофаги, как правило, содержат ДНК, а в клетках растений и животных чаще паразитируют РНК-вирусы (например, вирус гепатита В, однако вирус гепатита А содержит ДНК).

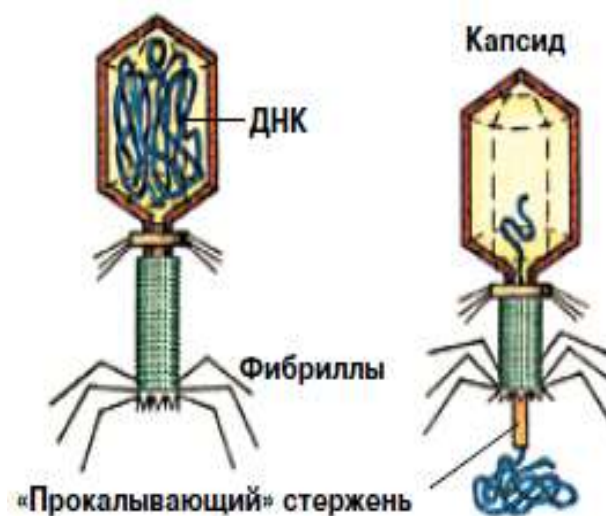
Паразитизм вирусов носит особый, генетический характер.

В отличие от клеточных организмов вирусы не имеют собственной белоксинтезирующего аппарата (рибосом, тРНК). ДНК вируса, проникая в клетку, начинает управлять клеточными процессами, заставляя клетку синтезировать строительные материалы для вируса.

Сначала вирус присоединяется к поверхности клетки, затем погружается в цитоплазму и там освобождается от оболочек. Бактериофаги не в состоянии проникнуть сквозь прочные стенки бактерий. Они впрыскивают свою ДНК в клетку бактерии, «раздеваясь» уже на стадии проникновения.

Рис. 59. Бактериофаг (Т4) вводит ДНК в бактерию:

фаг прикрепляется к поверхности клетки нитями – фибриллами, далее специальные белки сокращают чехол, обнажая стержень, прокалывающий клеточную стенку с помощью особых ферментов.



В зависимости от дальнейшего поведения различают *вирулентные* и *умеренные бактериофаги*. Вирулентные бактериофаги (например, Т4-фаг кишечной палочки) размножаются, только разрушая (*лизир*уя) клетку бактерии. Пораженные клетки вместо собственных ДНК и белков синтезируют ДНК и белки вируса. Накопившиеся вирусы покидают клетку путем ее *лизиса* (разрушения). Умеренные бактериофаги (например, фаг λ) помимо литического пути развития способны к так называемой *лизогении*. Их ДНК встраивается в хромосому бактерии и реплицируется (удваивается) вместе с ней (рис. 60).

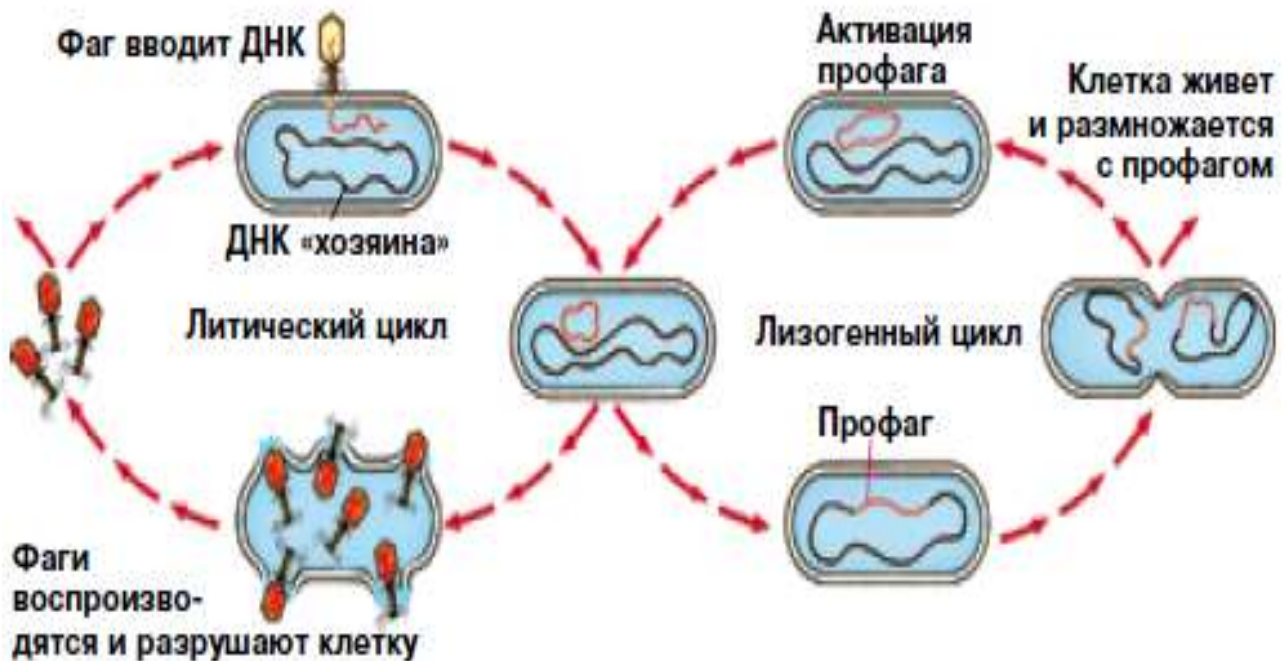


Рис. 60. Жизненный цикл умеренных бактериофагов

Вирусы растений попадают в клетки через повреждения клеточных стенок. Накопившиеся вирусы покидают клетку путем лизиса или выходят постепенно через аппарат Гольджи. Онкогенный вирус саркомы Рауса содержит фермент *обратную транскриптазу*, синтезирующую ДНК на матрице своей РНК. Встраиваясь в хромосомную ДНК, провирус реплицируется и передается по наследству. Канцерогены (облучение, полициклические ароматические углеводороды, табачный дым, нефтепродукты, бензол) способны активировать провирус, что может привести к злокачественной трансформации клеток. Явление обратной транскрипции (обычная транскрипция происходит от ДНК на РНК) открыто в 1970 г. американскими учеными Г. Темином и Д. Балтимором. РНК-вирусы, для развития которых необходима обратная транскрипция, называют *ретровирусами* (лат. *retro* – обратно).

Вирусы распознают «хозяев» по специфическим для каждой клетки белкам на поверхности мембраны – *вирусная инфекция имеет видовую и тканевую специфичность*. Вирусы гепатита паразитируют только в клетках печени, гриппа – в клетках эпителия слизистой оболочки дыхательных путей, свинки – в клетках слюнных желез. Некоторые люди обладают пониженной чувствительностью к ретровирусу СПИД. Т-лимфоциты их иммунной системы имеют наследственно измененные белковые рецепторы и не поражаются.

ЛИТЕРАТУРА:

Беляев Д.К., Бородин П.М., Воронцов Н.Н. и др. Биология. Общая биология. 10-11 классы: учебник для общеобразовательных учреждений: базовый уровень. – М.: Просвещение, 2012. – 304 с. (Академический школьный учебник).

Вертьянов С.Ю. Общая биология: учебник для 10-11 кл. общеобразовательных учреждений. – М.: Свято-Троицкая Сергиева Лавра, 2012. – 352 с.

Захаров В.Б., Мамонтов С.Г., Сонин Н.И. Общая биология: учебник для 10-11 кл. общеобразовательных учебных заведений. – М.: Дрофа, 2003. – 624 с.

Каменский А.А. Криксунов Е.А., Пасечник В.В. Биология. Общая биология. 10-11 классы: учебник для общеобразовательных учреждений. – М.: Дрофа, 2010. – 367 с.

Козлова Е.А., Курбатова Н.С. Общая биология: конспект лекций. – М.: ЭКСМО, 2007. – 89 с.

Мамонтов С.Г., Захаров В.Б. Общая биология. Учебник для средних спец. учеб. заведений. – М.: Высшая школа, 2002. – 317 с.

Пименова И.Н., Пименов А.В. Лекции по общей биологии. – Саратов. ОАО, изд. Лицей, 2003.

Полянский Ю.И., Браун А.Д., Верзилин Н.М. и др. Общая биология. Учебник для 10–11 кл. ср. шк. / Под ред. Ю.И. Полянского. 21-е изд. – М.: Просвещение, 1991. – 288 с.

Садчикова Е.В., Селезнева И.С. Строение клетки. Учебное электронное текстовое издание. – ГОУ ВПО УГТУ УПИ, 2005. – 38 с.

Сивоглазов В.И., Агафонова И.Б., Захарова Е.Т. Общая биология. Базовый уровень. 10–11 класс. Учебник. – М.: Дрофа, 2008-2012. – 368 с.

Ходжаян А.Б. Структурно-функциональная организация клеток. Учебно-методическое пособие. – СБОУ ВПО СтГМА, 2012. – 97 с.

Интернет-ресурсы:

www.bio.1september.ru;

www.bio.nature.ru;

www.edios.ru.