

Министерство спорта и туризма Республики Беларусь  
Учреждение образования  
«Белорусский государственный университет физической культуры»

**Н. В. Банецкая**

# **СОВРЕМЕННЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О КЛЕТКЕ**

**Учебное наглядное пособие  
для управляемой самостоятельной работы студентов**

Минск  
БГУФК  
2020

Р е ц е н з е н т ы:  
заведующий кафедрой анатомии БГУФК  
кандидат медицинских наук, доцент *Г. М. Броновицкая*;  
заведующий кафедрой спортивной медицины БГУФК  
кандидат медицинских наук, профессор *Н. А. Гамза*

**Банецкая, Н. В.**

Современные представления о клетке : учеб. нагляд. пособие для упр. самост. работы студентов / Н. В. Банецкая. – Минск : БГУФК, 2020. – 44 с. : ил.

© Банецкая Н. В., 2020

© Оформление. Учреждение образования «Белорусский государственный университет физической культуры», 2020

## ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>1. Определение понятия «клетка»: ее значение и функции.....</b>	<b>4</b>
<b>2. Химический состав клетки .....</b>	<b>5</b>
2.1. Химические элементы.....	5
2.2. Неорганические соединения.....	6
2.3. Органические соединения .....	7
<b>3. Строение клетки .....</b>	<b>12</b>
3.1. Основные методы исследования клеток и единицы измерения.....	12
3.2. Общие данные о клетке.....	12
3.3. Цитоплазма и ее органеллы. Цитоплазматические включения.....	17
3.4. Ядро.....	29
<b>4. Жизненный цикл клеток.....</b>	<b>34</b>
4.1. Определение понятия «жизненный цикл клетки».....	34
4.2. Деление клеток.....	36
4.3. Внутриклеточная регенерация .....	38
4.4. Адаптация.....	38
<b>5. Производные клеток .....</b>	<b>39</b>
<b>6. Вопросы для контроля знаний .....</b>	<b>41</b>
<b>Список рекомендуемой литературы.....</b>	<b>44</b>

*Какие чудеса открылись бы человеку, будь его глаза способны разглядеть очертания и движения мельчайших частиц в крови и других жидкостях живых организмов столь же отчетливо, как очертания и движения самих живых существ!*

*ДЖОН ЛОКК<sup>1</sup>,  
Опыт о человеческом разуме*

## **1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОНЯТИЯ «КЛЕТКА»: ЕЕ ЗНАЧЕНИЕ И ФУНКЦИИ**

Организм человека состоит из **клеток, тканей, органов** и их систем. Представленные структуры находятся в четкой соподчиненности. Среди них **клетка** (лат. *cellula*, греч. *kytos* – ячейка, полость) – элементарная единица, являющаяся основой строения, развития и жизнедеятельности всех животных и растительных организмов. Наука, изучающая биологию клетки, называется **цитология** (греч. *kytos* – клетка, *logos* – учение).

В 1665 г. Р. Гук, английский физик и биолог, рассматривая под усовершенствованным микроскопом тонкий срез сухой пробки, обнаружил маленькие, ничем не заполненные ячейки, разделенные тонкими стенками. Он назвал их «клетками». В дальнейшем ученые выявили клетки в живых растительных и животных объектах, что привело к созданию *клеточной теории* (Т. Шванн, 1839).

*Клеточная теория в современном представлении* включает следующие главные положения:

- клетка является универсальной элементарной единицей живого – вне клетки нет жизни;
- клетки всех организмов принципиально сходны по своему строению, функциям и химическому составу;
- клетки размножаются только путем деления исходной клетки («каждая клетка происходит из клетки»);
- многоклеточные организмы представляют собой клеточные ансамбли, объединенные в ткани, органы и целостные системы;
- клетки хранят наследственную информацию и реализуют ее в форме контроля и регуляции различных процессов; они равнозначны по генетической информации, но отличаются друг от друга разной работой (*экспрессией*) генов, что и приводит к морфологическому и функциональному разнообразию клеток.

---

<sup>1</sup> Джон Локк (1632–1704) – английский философ, политический деятель, педагог (*Примеч. авт.*)

Клетка выполняет множество *функций*. Основные функции – *обмен веществ (самообновление), раздражимость, рост, развитие (дифференцировка), размножение (самовоспроизведение)*.

*Обмен веществ*, или *метаболизм* (греч. *metabole* – перемена, превращение) – это совокупность химических реакций, составляющих основу жизнедеятельности клетки. Эта совокупность включает *ассимиляцию*, или *анаболизм* – реакции биосинтеза сложных молекул из более простых, и *диссимиляцию*, или *катаболизм* – реакции расщепления питательных веществ с выделением энергии, необходимой для клетки.

*Раздражимость* – способность клеток реагировать на действие факторов внешней среды (например, температуру, свет, влажность, химические вещества, осмотическое давление, различные виды излучений и другие).

*Рост* – увеличение размеров клетки (увеличиваются объем цитоплазмы и ядра, количество и размеры органелл).

*Развитие (дифференцировка)* – морфофункциональная специализация клетки, т. е. увеличение числа некоторых органелл общего значения и появление органелл специального значения, необходимых для выполнения клеткой специфических функций (например, секреции веществ, проведения нервного импульса, сокращения и других).

*Размножение* или способность клетки к *самовоспроизведению* – основа сохранения количества клеток, роста органов и целого организма, замещения стареющих и погибающих клеток.

## 2. ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ КЛЕТКИ

### 2.1. Химические элементы

В организме человека присутствует более 70 химических элементов. В зависимости от их содержания (массовой доли, в % на сырую ткань) различают **макроэлементы** и **микроэлементы** (по В.И. Вернадскому).

**Макроэлементы** – химические элементы, содержание которых в организме превышает 0,01 % от общего количества. Это – *кислород (62 %), углерод (21 %), водород (10 %), азот (3,0 %), кальций (2,0 %), фосфор (1,0 %), калий (0,23 %), сера (0,16 %), хлор (0,1 %), натрий (0,08 %), магний (0,027 %)* и *железо (0,01 %)*. Причем, на долю четырех из них (кислород, углерод, водород и азот) приходится около 96 %.

**Микроэлементы** – химические элементы, содержание которых в организме находится в пределах 0,001–0,00001 % и ниже от общего количества. К ним относятся *цинк, медь, йод, фтор, марганец, селен, кобальт, молибден, стронций, никель, хром, ванадий* и другие элементы.

Химические элементы выполняют важные функции в клетке. Макроэлементы, как правило, входят в состав *органических соединений*. Ионы *натрия, калия и хлора* обеспечивают проницаемость клеточных мембран для различных веществ и проведение импульса по нервному волокну. *Кальций и фосфор* участвуют в формировании костной ткани; кроме того, кальций принимает участие в свертывании крови. *Железо* входит в состав гемоглобина эритроцитов, *магний* – в состав ряда ферментов.

Многие макроэлементы депонируются в организме. Так, кальций откладывается в форме *гидроксилапатита* в костной ткани, железо – в составе *ферритина* и *трансферина* в красном костном мозге, селезенке и печени.

Несмотря на то, что микроэлементы содержатся в организме в очень малых количествах, они играют жизненно важную роль. Микроэлементы входят в состав простых *неорганических соединений*, участвуют в образовании *биологически активных веществ* в специализированных клетках: *цинк* входит в состав гормона поджелудочной железы – *инсулина*; *йод* – компонент гормонов щитовидной железы.

Микроэлементы влияют на обмен веществ. Местом накопления многих микроэлементов служит печень, молибден накапливается в почках, барий – в сетчатке глаза, стронций – в костях.

Отклонения в содержании многих макро- и микроэлементов от нормы вызывают различные заболевания, поэтому показатели количественного содержания химических элементов используются в качестве чувствительного диагностического теста. Так, снижение содержания цинка в плазме крови – обязательное следствие инфаркта миокарда; уменьшение содержания лития в крови – показатель гипертонии (повышенного артериального давления).

Химические элементы находятся в организме в составе **неорганических и органических соединений**.

## 2.2. Неорганические соединения

**Неорганические соединения** (*вода, соли, кислоты* и другие) определяют физико-химические свойства клеток: поддерживают определенные значения рН, создают в ней осмотическое давление, электрический заряд и другие.

Среди неорганических соединений преобладает *вода*. Она составляет 50–80 % от массы тела. Содержание других неорганических веществ находится в пределах до 6 %. Так, у человека с массой тела 65 кг содержится 40 кг воды и 4 кг минералов.

В норме количество воды в организме для каждого возраста и пола относительно постоянно. В среднем у новорожденного вода составляет 77 %, а в старческом возрасте – около 50 % от массы тела; у мужчин – 55–70 %, а

у женщин – 45–60 % от массы тела. Вся вода распределяется между *внутри- и внеклеточным пространством*. Под *внутриклеточным пространством* понимают объем, занимаемый всеми клетками организма. Соответственно, *внеклеточное пространство* расположено между клетками. Во *внутриклеточном пространстве*, в *цитоплазме* клеток, жидкости находится примерно 50 % от ее общего количества в организме (*внутриклеточная жидкость*). На долю *внеклеточной жидкости* приходится около 40 %, а оставшиеся 10 % распределены между *плазмой крови, лимфой и спинномозговой жидкостью*.

Вода – *универсальный растворитель*, в ней происходят все биологические реакции, при участии воды осуществляется *терморегуляция* клетки. Растворимые в воде как неорганические (*соли, кислоты*), так и органические (*углеводы, белки*) вещества называются *гидрофильными* («любят воду»). *Гидрофобные* («боятся воды») вещества (например, *жиры*) не растворяются в воде. Имеются также вещества, у которых один конец вытянутой молекулы гидрофильный, другой – гидрофобный. Их называют *амфипатическими* (греч. «любящий двоих»). Примером таких веществ могут служить *фосфолипиды* (участвуют в образовании биологических мембран).

### 2.3. Органические соединения

**Органические соединения** – это самый обширный класс химических соединений. Основные органические соединения в организме человека представлены **белками** (10–20 %), **липидами** (15–20 %), **углеводами** (0,2–2,0 %) и **нуклеиновыми кислотами** (1–2 %). Содержание низкомолекулярных органических веществ не превышает 0,5 %.

**Белки (протеины)** – весьма сложные соединения; представляют собой крупные молекулы – *макромолекулы* (греч. *takros* – большой), имеют высокий молекулярный вес. Молекула белка состоит из простых органических соединений (*мономеров*, греч. *topos* – единичный), называемых *аминокислотами* (их всего 20). Клетки разных органов одного и того же организма отличаются друг от друга своими белками.

Различают *простые белки* и *сложные*. *Простые белки* построены только из аминокислот. Наиболее важные из них – *альбумины* (например, альбумины сыворотки крови) и *глобулины* (например, фибриноген крови, белки мышц). К простым белкам относятся также *коллаген* и *эластин* – белки соединительной ткани, *оссеин* – белок костной ткани. *Коллаген* – один из самых распространенных белков в организме человека. Он составляет 1/3 от общего количества белка.

Важное значение в жизни клетки имеют *сложные белки* – содержат в своем составе дополнительные небелковые группы.

*Нуклеопротеины* – соединения белков с нуклеиновыми кислотами; различают *дезоксирибонуклеопротеины* и *рибонуклеопротеины*. Им при-

надлежит важная роль в *хранении, передаче и реализации генетической информации*.

*Гликопротеины* – углеводно-белковые комплексы – это большинство белковых *гормонов*, сложные *белки мембран*, все *антитела* (иммуноглобулины; отвечают за иммунитет), белки *плазмы крови* (кроме альбуминов), *рецепторные белки*, *интерфероны* (образуются в клетке в ответ на внедрение вирусной нуклеиновой кислоты), некоторые *ферменты*. Они входят в состав *слюны (муцин)*, хрящевой и костной тканей.

*Липопротеины* – белки, содержащие липиды; присутствуют в *плазме крови* и обеспечивают *транспорт липидов* в ней, а также, наряду с гликопротеинами, входят в *состав мембран клетки*.

*Металлопротеины* – белки, содержащие атомы металлов (*железа, магния, меди, цинка* и других). В количественном отношении в организме преобладают *железо- и цинкосодержащие белки*. Они участвуют в *транспорте и депонировании металлов* (например, *ферритин* – содержит в своем составе до 20 % железа).

*Хромопротеины* – собирательное название сложных белков, содержащих окрашенный компонент различной химической природы. Многие хромопротеины содержат металлы (например, *гемоглобин, миоглобин, цитохром* имеют в своем составе железо, что обуславливает их красный цвет).

К хромопротеинам относятся *флавопротеины*. Белки, в состав которых входит *витамин B<sub>2</sub> (рибофлавин)*, окрашены в желтый цвет. *Витамин B<sub>12</sub> (цианокобаламин)* содержит в своем составе кобальт и окрашивает переносящий его белок в розовый цвет.

Хромопротеины участвуют в фундаментальных процессах жизнедеятельности клеток – *дыхании, окислительно-восстановительных реакциях, свето- и цветовосприятии* и других.

*Фосфопротеины* – белки, которые в своем составе имеют остатки фосфорной кислоты. В больших количествах фосфопротеины содержатся в нервных клетках и являются ценными источниками энергетического и пластического материала в течение всего онтогенеза человека.

Таким образом, белки выполняют важные функции. Они являются биологическими *катализаторами (ферментами)*, ускоряющими протекание химических реакций в клетке в сотни тысяч – миллионы раз. Белки выполняют *пластическую (строительную)* функцию, поскольку входят в состав всех клеточных структур; обеспечивают *транспорт веществ* в клетку, внутри клетки и из клетки. В *движении* клеток участвуют специальные сократительные белки (*актин и миозин*). Вирусы, лекарственные препараты взаимодействуют со специальными белками – *рецепторами*. Антитела, которые выполняют *защитные функции*, тоже являются белками. И, наконец, белки служат одним из *источников энергии*.

**Липиды** (греч. *lipos* – жир) – это группа разнообразных по химическому строению и классификациям веществ. Различают *простые* и *сложные* липиды, а также их *предшественники* и *производные*. Наиболее важными и распространенными представителями *простых* липидов являются *жиры*. К *сложным* липидам относятся *фосфолипиды*, *гликолипиды*, *липопротеины*. *Предшественники* и *производные* липидов – *жирные кислоты*, *жирорастворимые витамины*, *гормоны* и другие.

Липиды, и прежде всего жиры, играют роль непосредственного и запасного источника *энергии* и *питательных веществ*. Их энергетическая ценность почти в шесть раз выше, чем у гликогена. При полном окислении 1 г жира высвобождается 38,9 кДж энергии, а при окислении 1 г белков или углеводов – 17,6 кДж. Это самый энергоемкий источник энергии, особенно для спортсменов, тренирующихся на выносливость.

Жир содержится, в основном, в клетках жировой ткани – *адипоцитах* в виде жировых капель. Запасы жира в организме человека примерно в 30 раз больше, чем запасы *гликогена*. Количество резервного жира зависит от характера питания и физической активности. В норме он составляет 10–15 % веса тела, при *ожирении* – 30 % и выше.

Жиры играют также роль *теплоизолятора*; выполняют *амортизирующую* и *защитную* функции, фиксируя внутренние органы и предохраняя их от механических повреждений.

Липиды являются основными компонентами биологических мембран и выполняют тем самым *строительную* функцию. Типичные «мембранные» липиды – это *фосфолипиды*, *гликолипиды* и *холестерин*. Особенно много их в мембранах нервных клеток. Процентное содержание липидов в мембранах жестко регулируется и не изменяется даже при голодании.

Для некоторых липидов в организме характерны *специальные функции*. В частности, такие липиды как *стероиды* в качестве гормонов и медиаторов выполняют *регуляторные (сигнальные)* функции; играют роль «якоря», удерживающего в биологических мембранах белки и другие соединения. *Витамины А, D и E* также являются липидами.

Среди липидов следует выделить *холестерин* (греч. *chole* – желчь, *stegeos* – твердый), который имеет ключевое значение для нормального функционирования организма. Холестерин содержится в *желчи*, в *плазме крови*, является компонентом *липопротеинов*, входит в состав *плазмолеммы*. Он необходим для образования *витамина D*, *стероидных гормонов*; играет важную роль в работе *синапсов* нервных клеток головного мозга и в функционировании *иммунной системы*. 80 % холестерина вырабатывается клетками печени, тонкой кишки, почек, надпочечников, половых желез, остальные 20 % поступают в организм с пищей.

В крови холестерин находится в виде комплексных соединений с особыми белками-транспортёрами, называемыми *липопротеинами*. Установлена зависимость между содержанием различных групп липопротеинов и здоровьем человека. Уровень холестерина в крови человека в норме должен находиться в пределах 3,3–5,2 миллимоль/литр (ммоль/л). При повышенном содержании холестерина образуются комплексные соединения, склонные к выпадению в осадок, – так формируются *атеросклеротические бляшки*. Нарушение липидного обмена считается одним из наиболее важных факторов развития *атеросклероза*.

К факторам, снижающим уровень холестерина в крови, наряду с другими относятся оздоровительная физическая культура и спорт.

**Углеводы** – обширная группа соединений, входящих в состав всех живых организмов.

Роль углеводов в организме велика. Они являются *источником энергии* (обеспечивают 60 % ее суточной потребности, а при мышечной деятельности на выносливость – до 70 %). Углеводы выполняют *специфические функции*: входят в состав *транспортных белков плазмы крови*; некоторые из них участвуют в *обеспечении специфических групп крови*; *предотвращают свертывание крови* (*гепарин* – природный антикоагулянт); оказывают *противоопухолевое действие*.

Углеводы подразделяются на *простые сахара* или *моносахариды* и *сложные сахара* – *дисахариды* и *полисахариды*. Ди- и полисахариды, подобно белкам, построены из мономеров – *моносахаридов*. Среди *моносахаридов* в клетке важное значение имеют *глюкоза* или *виноградный сахар* (находится в сыворотке крови, внеклеточной жидкости) и *пентозы* (входят в состав нуклеиновых кислот). Глюкоза в организме служит *источником получения энергии*. Основными потребителями глюкозы являются нервные клетки головного мозга и эритроциты.

К *дисахаридам* относятся *сахароза, лактоза, мальтоза*.

В клетках человека *полисахариды* представлены *гликогеном*. Гликоген является запасной формой глюкозы в организме. В небольших количествах он встречается в клетках почти всех тканей. В мышцах и в клетках печени его содержание выше. В скелетных мышцах взрослого человека в норме количество гликогена составляет приблизительно 300 г, т. е. около 1–2 % от мышечной массы тела. При повышенной мышечной деятельности запасы гликогена снижаются, а в период отдыха восстанавливаются. Систематическая мышечная деятельность сопровождается адаптацией организма, что приводит к увеличению запасов гликогена и повышению его энергетических возможностей.

В печени человека при сбалансированном питании содержится 100 г гликогена (5 % от массы органа). При голодании это количество уменьшается и, в конце концов, приходит к истощению.

Полисахариды, соединенные с белками (*гликопротеины*) и липидами (*гликолипиды*), участвуют в образовании биологических мембран и во взаимодействиях клеток друг с другом.

Важное значение в организме человека имеют сложные соединения полисахаридов с белками с преимущественным содержанием углеводной части (70–80 %) – *гликозаминогликаны* (старое название *мукополисахариды*, лат. *mucis* – слизь). Наиболее изучены *гликозаминогликаны* различных видов соединительной ткани и некоторых жидкостей (*синовиальной жидкости* суставов, *стекловидного тела* глаза). Основными представителями их являются *гиалуроновая кислота*, *хондроитинсульфаты*, *кератосульфат* и *гепарин*. Они играют важную роль в борьбе организма с инфекциями; участвуют в процессах оплодотворения, роста клеток, регуляции некоторых биохимических реакций; входят в состав ряда ферментов и гормонов. Благодаря способности связывать и удерживать воду, служат природным смазочным материалом и определяют эластичность соединительной ткани. Входя в состав хрящей и связок, они выполняют опорно-двигательные функции; обладают бактерицидными свойствами. Нарушение обмена гликозаминогликанов вызывает изменение состава соединительной ткани и некоторых жидкостей организма, что приводит к развитию ряда заболеваний (*коллагенозы*, *ревматизм* и другие). Установлена прямая связь между количеством содержания гликозаминогликанов и уровнем иммунитета.

Исключительно важная роль принадлежит группе органических соединений, называемых **нуклеиновыми кислотами**. Это полимерные молекулы, образованные мономерами – *нуклеотидами*, каждый из которых состоит из азотистого основания, сахара в виде *пентозы* (*рибозы* или *дезоксирибозы*) и остатка *фосфорной кислоты*. Во всех клетках различают два типа нуклеиновых кислот: *дезоксирибонуклеиновую (ДНК)* и *рибонуклеиновую (РНК)*.

Молекула ДНК состоит из двух разнонаправленных полинуклеотидных цепей, закрученных одна вокруг другой в виде двойной спирали.

Молекула РНК образована одной полинуклеотидной цепью.

ДНК содержится в ядре и митохондриях, а РНК – в цитоплазме и ядрышке клетки.

В клетках различают три типа РНК. Это – *матричная РНК (мРНК)* – переносит информацию, закодированную в ДНК, к рибосомам для синтеза белка. В образовании рибосом участвует *рибосомная РНК (рРНК)*. Есть еще небольшие *транспортные РНК (тРНК)*, выполняющие двойную функцию: они транспортируют молекулы аминокислот и присоединяют их к рибосоме, узнают код, соответствующий этим аминокислотам в молекуле мРНК.

Таким образом, функции нуклеиновых кислот – участие в процессах биосинтеза белка, хранение и передача наследственной информации при делении клеток.

Среди органических соединений исключительно важная роль принадлежит **аденозинтрифосфату (АТФ)**. Это нуклеотид, который содержится в клетках в свободном состоянии и известен как *универсальный источник энергии* для всех биохимических реакций и физиологических процессов. Среди них – реакции синтеза сложных веществ в организме, осуществление активного переноса молекул через биологические мембраны, мышечное сокращение. Помимо энергетической, АТФ выполняет и другие не менее важные функции, – участвует в качестве исходного вещества в синтезе нуклеиновых кислот; известна роль АТФ как медиатора в синапсах.

АТФ является одним из самых часто обновляемых веществ в организме человека, так как продолжительность жизни молекулы составляет менее одной минуты.

### 3. СТРОЕНИЕ КЛЕТКИ

#### 3.1. Основные методы исследования клеток и единицы измерения

Основным *методом исследования* биологических объектов, в том числе и клеток, является **микроскопирование**, т. е. изучение специально приготовленных препаратов из тканей органов под микроскопом. Используются разные конструкции микроскопов. Наиболее распространенными являются *световая микроскопия* (позволяет изучить форму и размеры клеток, рассмотреть некоторые органеллы цитоплазмы) и *электронная* (для изучения тонкой структуры органелл клетки; ее разновидностью является *сканирующая электронная микроскопия*, позволяющая изучить поверхность органелл).

Для оценки размеров клеток и ее структур используют **единицы измерения длины**. В световой микроскопии – это *микромметр (мкм)*:  $1 \text{ мкм} = 10^{-3} \text{ мм}$  или  $10^{-6} \text{ м}$ . В электронной микроскопии для оценки размеров структур органелл клетки обычно используют *наномметр (нм)* –  $1 \text{ нм} = 10^{-3} \text{ мкм}$  или  $10^{-9} \text{ м}$ , а также *ангстрем (Å)* –  $1 \text{ Å} = 10^{-1} \text{ нм}$  или  $10^{-10} \text{ м}$ .

#### 3.2. Общие данные о клетке

В теле взрослого человека насчитывается огромное количество клеток (примерно  $10^{12} - 10^{14}$ ). Они отличаются друг от друга по *размерам, форме, строению* и выполняемым *функциям*. Различают более *200 типов* клеток.

*Размеры* клеток человека варьируют от 5–7 мкм (например, *малые лимфоциты*) до 120–200 мкм (например, *нервные клетки, яйцеклетки*).

*Форма* клеток также как и их *величина*, очень разнообразна и зависит от функций, которые они выполняют, и от положения в тканях. Различают

клетки *призматической, кубической, плоской, шаровой (сфероидной), веретеновидной, звездчатой* и других форм (рисунок 1).

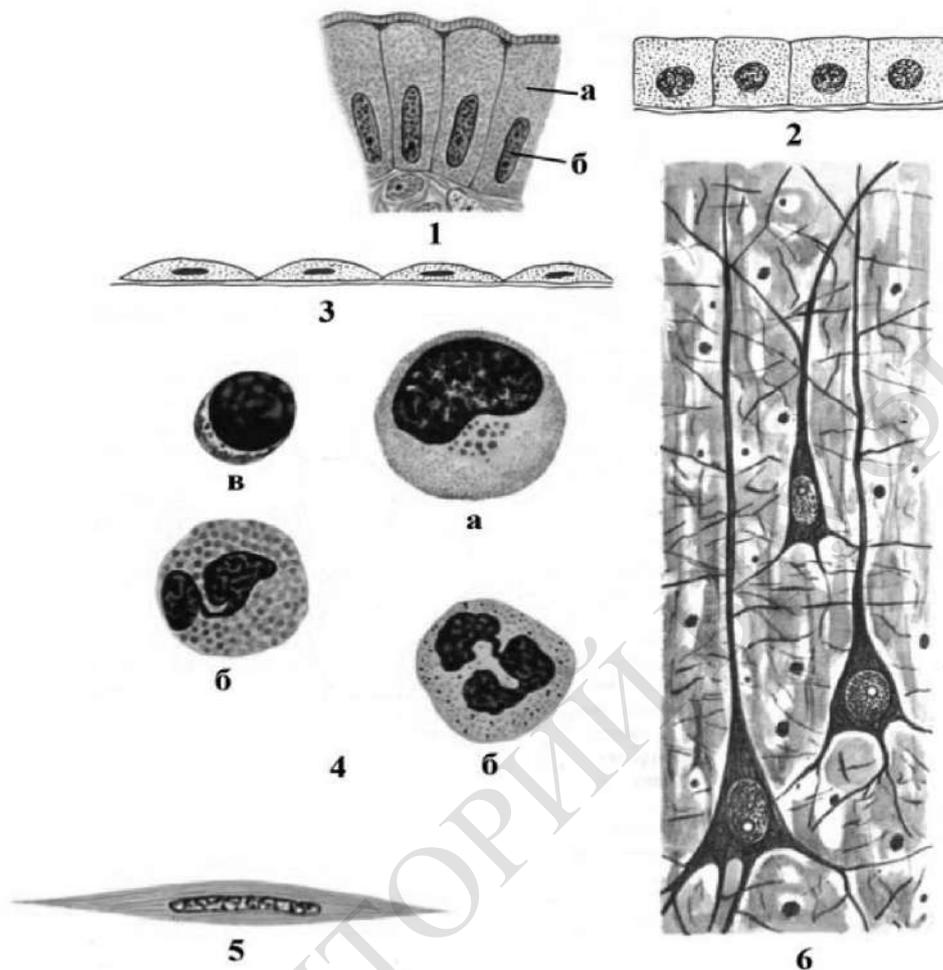


Рисунок 1 – Форма клеток: 1 – призматическая (клетки эпителия тонкой кишки: а – цитоплазма, б – ядро); 2 – кубическая (клетки эпителия почечных канальцев); 3 – плоская (клетки мезотелия); 4 – шаровая (клетки периферической крови: а – моноцит; б – гранулоциты; в – лимфоцит); 5 – веретеновидная (гладкая мышечная клетка); 6 – звездчатая (нервные клетки)

Например, шаровая форма клеток крови связана с переносом питательных веществ в жидкой среде (плазме крови) и стремлением занять наименьший объем. Нервные клетки имеют сложную звездчатую форму. Они снабжены отростками длиной до нескольких десятков сантиметров, функция которых заключается в проведении нервного импульса. Клетка гладкой мышечной ткани – веретеновидной формы, что связано с функцией сокращения. Форма клеток эпителия (призматическая, кубическая, плоская) связана с защитной функцией и другими специфическими функциями.

Клетка – «архитектурное чудо», имеет сложное высокоупорядоченное строение. Для всех клеток характерен общий принцип строения, – основными структурами клетки являются **цитоплазма** и **ядро** (рисунок 1, рисунок 2).

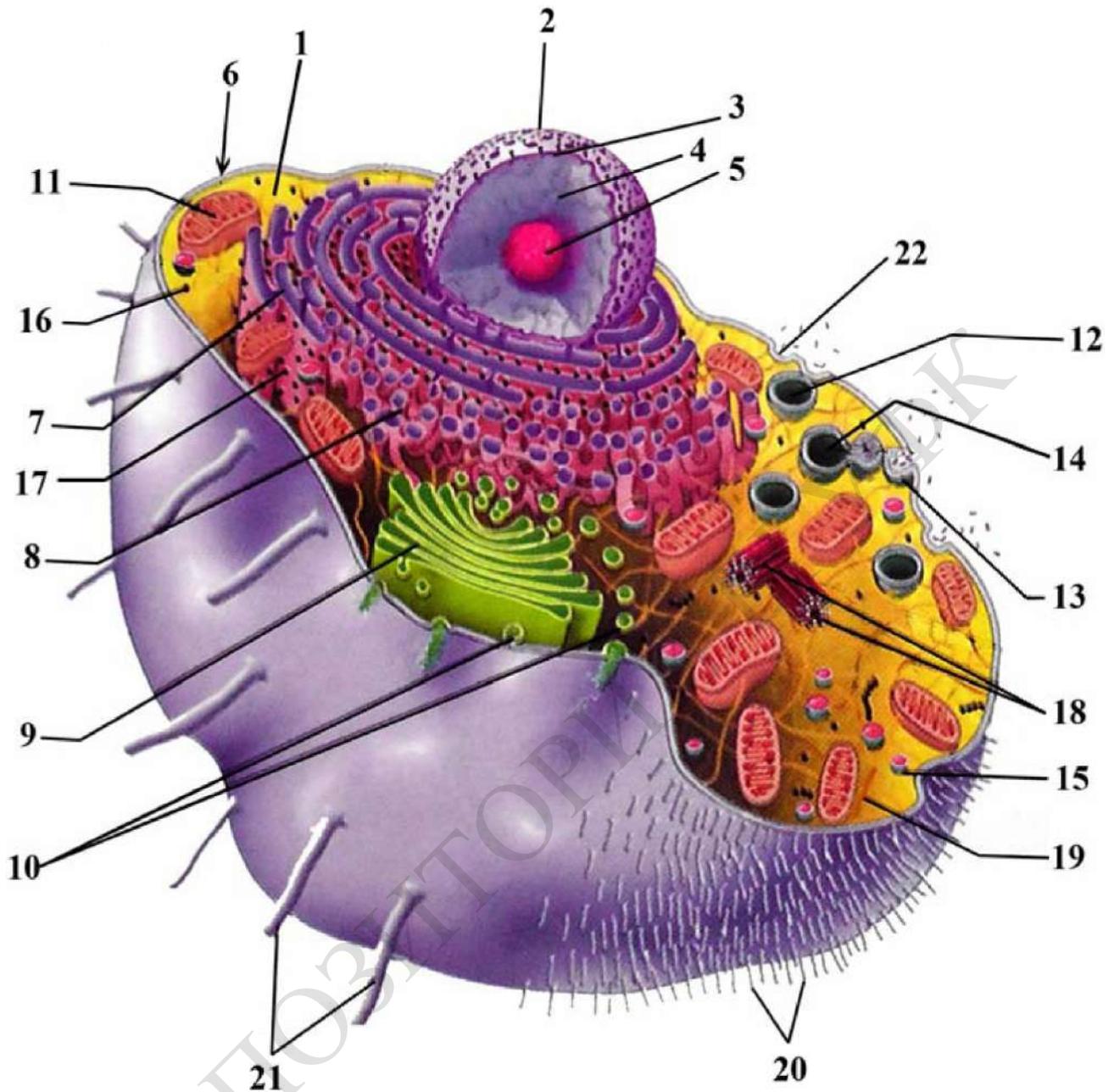


Рисунок 2 – Клетка (общий вид, схема) 1 – цитоплазма; 2 – ядро; 3 – оболочка ядра; 4 – нуклеоплазма; 5 – ядрышко; 6 – плазмолемма; 7 – гранулярная эндоплазматическая сеть; 8 – агранулярная эндоплазматическая сеть; 9 – комплекс Гольджи; 10 – секреторные пузырьки; 11 – митохондрия; 12 – лизосома; 13 – фагоцитарный пузырек; 14 – лизосома, сливающаяся с фагоцитарным пузырьком; 15 – пероксисома; 16 – свободная рибосома; 17 – рибосома, связанная с мембраной гранулярной эндоплазматической сети; 18 – клеточный центр; 19 – цитоскелет; 20 – микроворсинки; 21 – реснички; 22 – клеточные инвагинации

Кроме этого в состав клетки входит большое количество структур (рисунок 3).

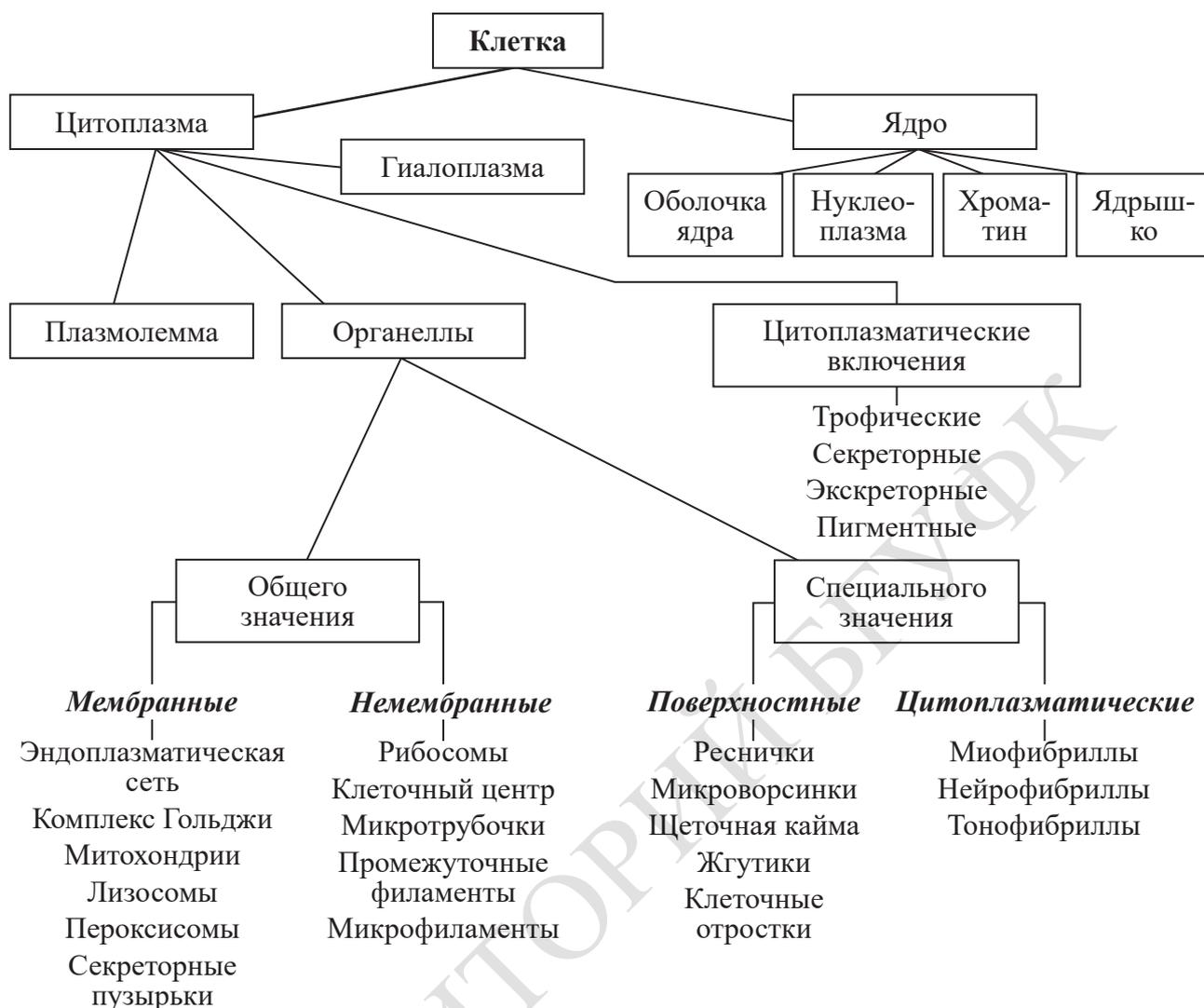


Рисунок 3 – Структурные компоненты клетки (схема)

**Цитоплазма** (греч. *kytos* – клетка, *plasma* – образование) отделена от окружающей среды *плазмолеммой* (клеточной мембраной) и включает в себя *гиалоплазму*, *органеллы* и *цитоплазматические включения*.

Основными структурами **ядра** (лат. *nucleus* от *nux* – орех, сердцевина) являются *оболочка ядра*, *нуклеоплазма*, *хроматин* и *ядрышко*.

Одна из особенностей строения клетки заключается в изобилии *мембран* и сложности их строения (лат. *membrane* – оболочка, перепонка). Мембраны разделяют клетку на отсеки – *компартменты* (англ. *compartment* – отделение), в которых протекают химические реакции независимо друг от друга.

Общий план строения мембраны обобщен в понятии «*элементарная биологическая мембрана*». В настоящее время наиболее признана *жидкостно-мозаичная модель* элементарной биологической мембраны (предложена Г. Николсоном и С. Стингером в 1972 г.), согласно которой мембрана образована молекулами *фосфолипидов* и *белков* (рисунок 4).

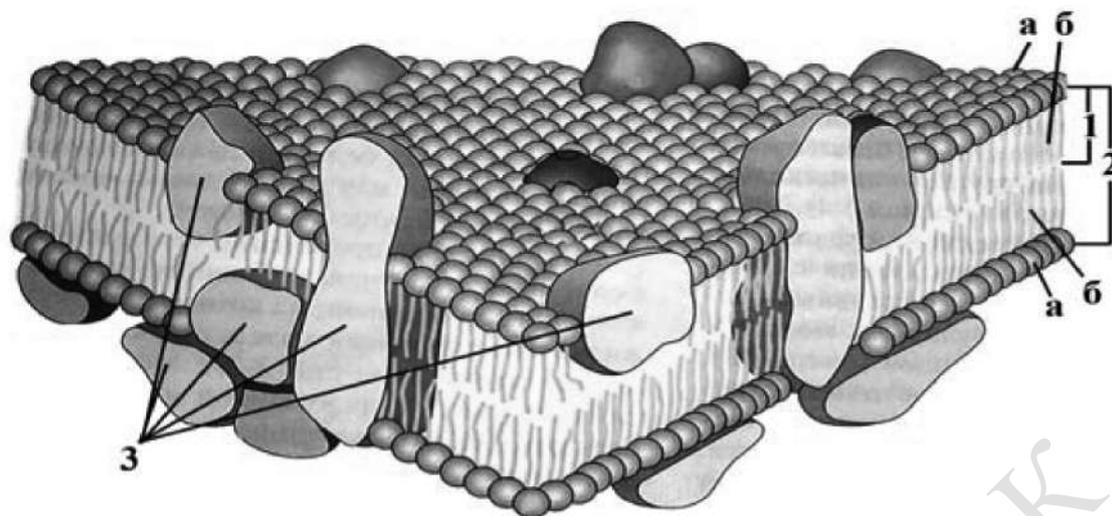


Рисунок 4 – Строение элементарной биологической мембраны (жидкостно-мозаичная модель): 1 – фосфолипиды (а – головка, б – хвост); 2 – двойной слой фосфолипидов; 3 – белки

Ее общая толщина 6 нм. Каждая молекула фосфолипида имеет *головку* и *хвост*. Головка является гидрофильным концом, а хвост – гидрофобным. Молекулы фосфолипидов расположены в два слоя, образуя *бислой*: гидрофобными концами (хвостами) внутрь (навстречу друг другу), гидрофильными (головками) – к внутренней и наружной поверхности мембраны. Фосфолипидный бислой функционирует как жидкость, в которой находятся другие молекулы, такие как белки. Белки встроены *мозаично* – либо пронизывают весь бислой липидов, либо проникают до половины, либо располагаются на его наружной или внутренней поверхности. Они как бы «плавают в липидном море» наподобие «айсбергов». Таким образом, липиды обеспечивают основные физико-химические свойства мембран, в частности, их *текучесть* (возможность изменять свою конфигурацию) при нормальной температуре тела. Молекулы липидов и белков не связаны между собой и способны достаточно быстро перемещаться в плоскости мембраны. По своей функции белки делятся на *структурные*, *рецепторные*, *транспортные* и *ферментные*. Они поддерживают определенную структуру мембраны, образуют рецепторы биологически активных веществ, осуществляют транспорт веществ через мембрану, ускоряют (катализируют) определенные химические реакции.

Мозаичное распределение белков в сочетании с текучей природой фосфолипидного бислоя является основой сформулированной *жидкостно-мозаичной модели* строения мембраны.

Единый принцип строения мембран объясняется тем, что все они имеют общий источник происхождения – эндоплазматическую сеть, а их структурная и функциональная специализация происходит в основном в комплексе Гольджи. Общность строения позволяет мембранам органелл и плазмолеммы встраиваться, слипаться, разъединяться, отшнуровываться, взаимодействуя, таким образом, друг с другом.

### 3.3. Цитоплазма и ее органеллы. Цитоплазматические включения

Цитоплазма клетки покрыта снаружи **плазмолеммой** или **клеточной мембраной** (греч. *plasma* – форма, *lemma* – оболочка). Это самая сложноорганизованная мембрана клетки (рисунок 5).

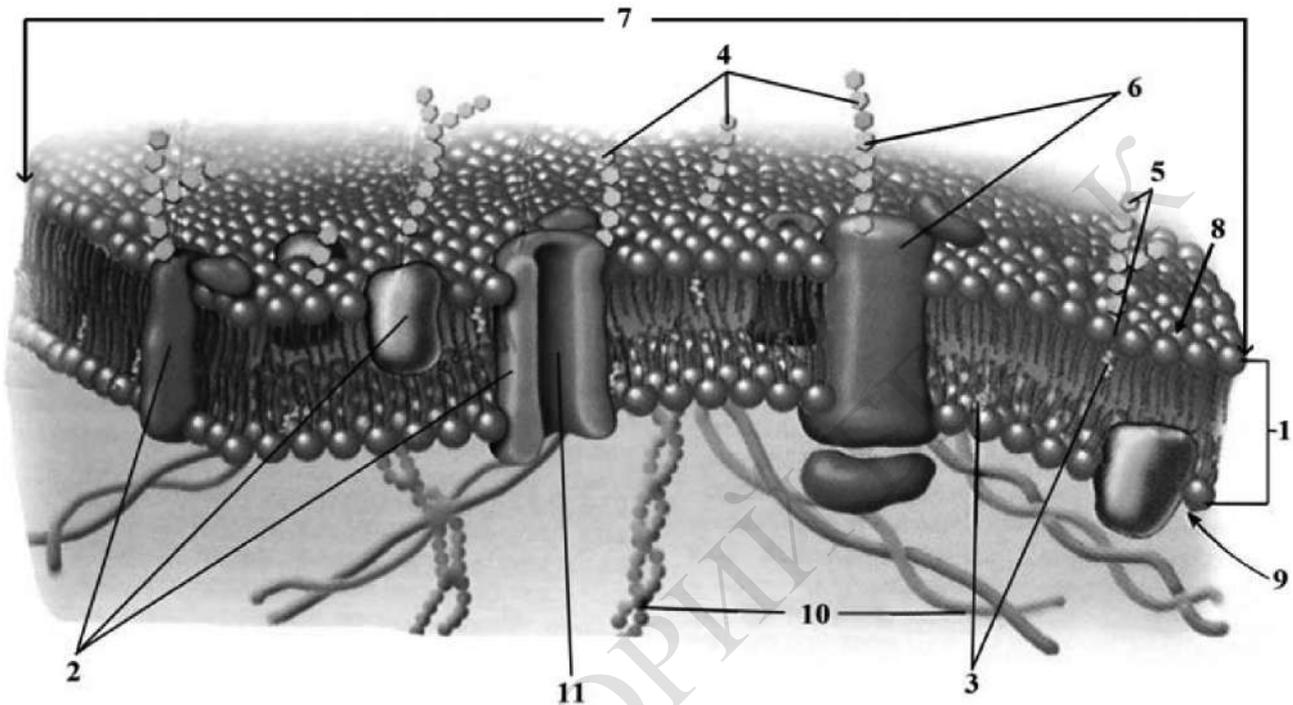


Рисунок 5 – Плазмолемма (пространственная схема): 1 – двойной слой фосфолипидов; 2 – белки; 3 – холестерин; 4 – углеводные цепочки; 5 – гликолипид; 6 – гликопротеин; 7 – гликокаликс; 8 – наружная поверхность; 9 – цитоплазматическая поверхность; 10 – цитоскелет; 11 – белковый канал

Толщина плазмолеммы составляет 10 нм. В ее основе лежит элементарная биологическая мембрана. Кроме *белков*, которые составляют 50 % ее массы, и *фосфолипидов* в состав также входят *холестерин*, *полисахариды* (2–10 % массы плазмолеммы). Полисахаридный слой покрывает сверху плазмолемму клетки и называется *гликокаликс*. Короткие и сильно разветвленные цепочки полисахаридов выглядят как «молекулярный пушок» (или «лес антенн») на поверхности клетки. Они связаны с белками и липидами плазмолеммы, образуют сложные соединения – *гликопротеины* и *гликолипиды* и играют роль *рецепторов*. *Холестерин* разбросан между молекулами фосфолипидов. Он составляет примерно 1/3 липидов плазмолеммы и делает мембрану более текучей. К внутренней поверхности плазмолеммы прилежит целый ряд поддерживающих структур (*микротрубочек*, *тонких сократительных нитей*), входящих в состав *цитоскелета* клетки.

Плазмолемма выполняет следующие *функции*:

- *защитную* (отделяет клетку от окружающей среды);
- *рецепторную* (обеспечивает распознавание клеток, взаимодействие с гормонами, медиаторами и другими веществами);
- *транспортную* (транспорт веществ и частиц в цитоплазму и из нее);
- *локомоторную* (обеспечение движения клеток благодаря связи с сократительными элементами цитоскелета).

Кроме того, плазмолемма участвует:

- в *образовании выпячиваний, выростов, микроворсинок, ресничек*, значительно увеличивающих площадь ее поверхности, что особенно важно для процессов всасывания веществ;
- в *образовании специальных структур (клеточных соединений)*, которые обеспечивают тесное взаимодействие клеток (например, *синапсов*, характерных для нервной ткани).

**Гиалоплазма** (греч. *hyalinos* – прозрачный), или **цитозоль** (англ. *cytosol* – жидкое состояние) – это внутренняя среда клетки, составляющая около половины ее общего объема. Она представляет собой полужидкое содержимое, по консистенции приближается к гелю (золю) и состоит из *воды, ионов, простых органических соединений, биополимеров*, а также их сложных комплексов (*гликопротеинов, гликолипидов, липопротеинов*), которые располагаются в определенной последовательности. Кроме того, в гиалоплазме во взвешенном состоянии (как в суспензии) располагаются *органеллы, сеть белковых волокон, собранных в цитоскелет, цитоплазматические включения*, а также *ядро* клетки.

Функциональное значение гиалоплазмы велико и заключается в объединении всех структур клетки и обеспечение химического взаимодействия их друг с другом. Здесь синтезируются аминокислоты, нуклеотиды, жирные кислоты. В гиалоплазме происходит синтез и отложение запасного полисахарида – *гликогена*, накопление запасных *липидных капель*. В гиалоплазме протекает ряд важнейших биохимических реакций, в частности осуществляется *гликолиз* – бескислородный процесс выделения энергии (греч. *glykys* – сладкий, *lysis* – распад). На рибосомах и полирибосомах, не связанных с мембранами, происходит синтез белка.

В гиалоплазме располагаются **органеллы** («маленькие органы»; греч. *organon* – орган, *eidos* – вид). Они подразделяются на **органеллы общего значения** и **органеллы специального значения** (рисунок 3).

## Органеллы общего значения

**Органеллы общего значения** имеются во всех клетках и выполняют жизненно важные функции – это **эндоплазматическая сеть, комплекс Гольджи, митохондрии, лизосомы, пероксисомы, рибосомы, цитоплазматические (секреторные) пузырьки или гранулы, клеточный центр.** По строению они делятся на *мембранные* (образованы биологическими мембранами) и *немембранные* (в их состав мембраны не входят).

### Мембранные органеллы

К мембранным органеллам относятся **эндоплазматическая сеть, комплекс Гольджи, митохондрии, лизосомы, пероксисомы, цитоплазматические (секреторные) пузырьки или гранулы.**

**Эндоплазматическая сеть (эндоплазматический ретикулум)** – состоит из сообщающихся между собой *цистерн* – мембран в виде *мешочков* и *каналцев*. Различают два типа эндоплазматической сети – *гранулярную (шероховатую)* и *агранулярную (гладкую)* (рисунок 2, рисунок 6).

Мембраны *гранулярной эндоплазматической сети* образуют цистерны в виде уплощенных стопок, которые снаружи (со стороны гиалоплазмы) покрыты *рибосомами*. Они связаны с плазмолеммой клетки и наружной ядерной мембраной. Функция гранулярной эндоплазматической сети – *синтез белков*, предназначенных как для плазмолеммы, так и для выделения из клетки, т. е. *секреции*. Гранулярная эндоплазматическая сеть хорошо развита в клетках ацинусов поджелудочной железы, где вырабатываются пищеварительные ферменты; в фибробластах, которые образуют коллаген; в плазматических клетках, вырабатывающих иммуноглобулины.

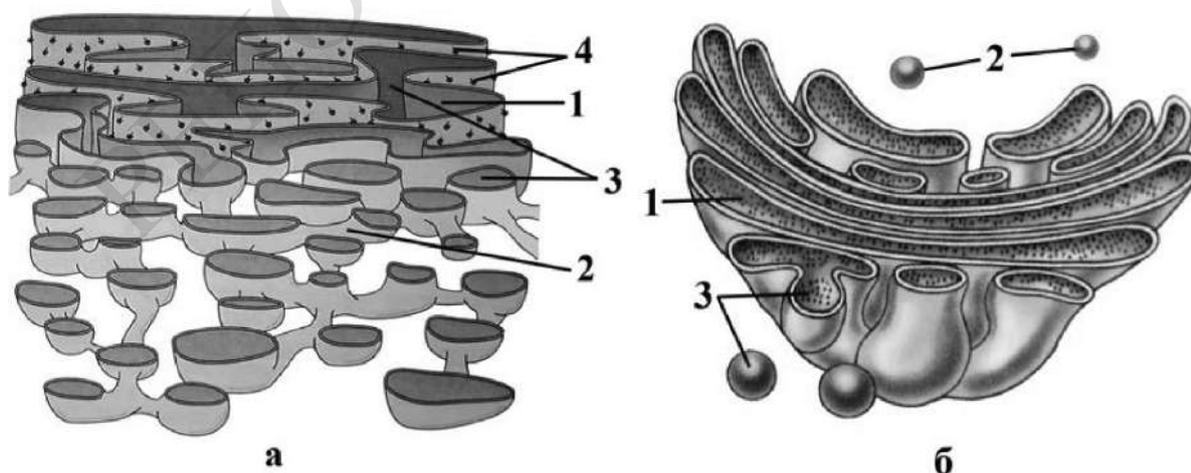


Рисунок 6 – Мембранные органеллы. а – эндоплазматическая сеть: 1 – гранулярная эндоплазматическая сеть, 2 – агранулярная эндоплазматическая сеть, 3 – цистерны, 4 – рибосомы; б – комплекс Гольджи: 1 – цистерны, 2 – окаймленные пузырьки, 3 – секреторные пузырьки или гранулы

Мембраны *агранулярной эндоплазматической сети* образуют структуры *трубчатой* формы; они лишены рибосом. Функционально агранулярная эндоплазматическая сеть связана с *синтезом липидов* (фосфолипидов, холестерина, стероидных гормонов и других) и *углеводов* (гликогена). Кроме того, участвует в *обезвреживании чужеродных веществ* (например, в клетках печени), к которым относятся и многие лекарственные вещества. Агранулярная эндоплазматическая сеть обеспечивает *депонирование ионов кальция* и тем самым играет важную роль в процессе *мышечного сокращения*. В мышечной ткани она имеет особую форму и известна как *саркоплазматическая сеть*. Агранулярная эндоплазматическая сеть плавно переходит в гранулярную.

Окаймленные пузырьки с синтезированными веществами отделяются от мембран эндоплазматической сети, транспортируются к комплексу Гольджи и сливаются с его структурами.

**Комплекс Гольджи<sup>2</sup> (аппарат Гольджи).** Это совокупность замкнутых, связанных между собой гладких мембран, цистерн, вакуолей и пузырьков (рисунок 2, рисунок 6). В большинстве клеток комплекс Гольджи расположен около ядра. На его мембранах *синтезируются углеводы и липиды*, образуются сложные комплексы веществ, синтезированных в эндоплазматической сети. Функции комплекса связаны с *накоплением и упаковкой* в мембраны синтезированных веществ, иными словами, *образование секреторных пузырьков* или *гранул*. Аппарат Гольджи считают «упаковочным отделом» для всех веществ, которые вырабатываются в клетке. В процессе упаковки веществ в пузырьки расходуется значительное количество материала мембран, поэтому еще одной функцией комплекса Гольджи является *сборка мембран*. На боковой поверхности цистерн комплекса Гольджи образуются выросты, куда перемещаются синтезированные вещества. Выросты отщепляются в виде пузырьков, которые удаляются от комплекса Гольджи в различных направлениях в гиалоплазме, в том числе и к поверхности клетки, откуда выводятся в межклеточное вещество (рисунок 2). Комплекс Гольджи особенно хорошо развит в секреторных клетках. Он также участвует в образовании *лизосом*.

**Митохондрии** получили свое название благодаря форме в некоторых типах клеток – под световым микроскопом они имеют вид нитей или зерен (греч. *mitos* – нить, *chondrion* – зерно). Размер митохондрий колеблется от 0,5 до 10,0 мкм. Митохондрии имеют две мембраны – *наружную* и *внутреннюю* (рисунок 2, рисунок 7).

---

<sup>2</sup> Комплекс Гольджи назван в честь итальянского ученого К. Гольджи, впервые описавшего его в 1898 г.

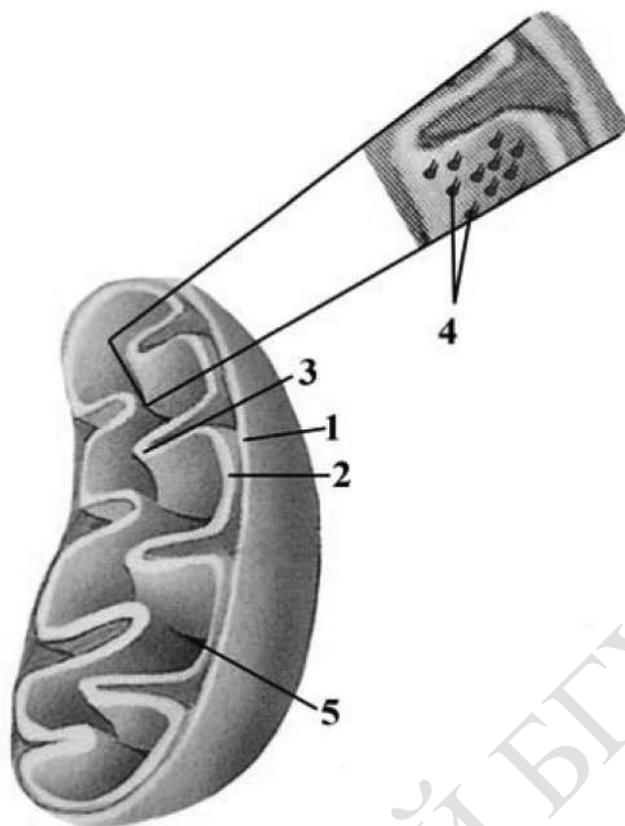


Рисунок 7 – Митохондрия: 1 – наружная митохондриальная мембрана, 2 – внутренняя митохондриальная мембрана, 3 – митохондриальная криста, 4 – элементарные частицы, 5 – митохондриальный матрикс

Внутренняя мембрана, непрерывная и полностью замкнутая, образует складки (гребни) – *кристы* (лат. *crista* – гребни), увеличивающие поверхность мембраны. Внутренняя мембрана – «истинное сердце силовой установки» клетки, ее подлинный «генератор» энергии. На поверхности внутренней мембраны расположены *элементарные частицы* с ферментными комплексами. В них происходит окисление органических соединений с образованием молекул *аденозинтрифосфорной кислоты (АТФ)*, богатых энергией так называемого *макроэргического соединения*. Молекулы АТФ обеспечивают энергией все процессы жизнедеятельности клетки. В митохондриях образуется примерно 75 % всей энергии, вырабатываемой клеткой.

Количество митохондрий в клетках измеряется сотнями и тысячами.

Полость, ограниченная внутренней мембраной, заполнена мелкозернистым материалом – *митохондриальным матриксом*. В нем выявляются собственная *ДНК, РНК, рибосомы и ферменты*.

Таким образом, митохондрии, в отличие от других органелл, обладают собственной генетической системой, необходимой для их самовоспроизведения и синтеза белков.

ДНК митохондрий представляет собой круг и не имеет присоединенных к ней белков. Она включает 37 генов, что составляет около 1 % от генов цитоплазматической ДНК, содержащейся в клетке. Ее геном осуществляет синтез 10 % белков, в основном электронно-транспортной системы и ферментов синтеза АТФ. Информация о них передается по наследству цитоплазмой, т. е. по материнской линии, а не ядром, согласно обычному менделеевскому хромосомному механизму. Остальная часть белков митохондрий кодируется ядерными генами; они поступают в митохондрии из гиалоплазмы. Митохондрии называют *полуавтономными структурами*.

Уникальное свойство передачи генетической информации митохондриальной ДНК по материнской линии от поколения в поколение используется при исследовании родословной. Целый ряд заболеваний, поражающих нервную систему, сердце, почки связан с мутациями (изменениями) митохондриальной ДНК.

Продолжительность жизни митохондрий составляет 5–10 дней, после чего они подвергаются перевариванию с помощью лизосом.

Митохондрии способны размножаться в клетке путем деления пополам.

**Лизосомы** – мембранные пузырьки размерами 0,2–0,4 мкм (лат. *lysis* – растворение, *soma* – тело; рисунок 2). В лизосомах обнаружено более 50 различных гидролитических ферментов (*протеаз, липаз, нуклеаз, фосфатаз* и других), способных расщеплять почти все органические соединения в кислой среде. Они участвуют в процессах внутриклеточного переваривания поступивших в клетку питательных веществ, инородных частиц, а также разрушившихся органелл и фрагментов погибших клеток. Лизосом особенно много в клетках, которые принимают участие в процессе фагоцитоза (*лейкоциты, моноциты, клетки печени и тонкой кишки*). Не переваренные соединения сохраняются внутри клетки в вакуолях в виде *остаточных телец*. В некоторых долгоживущих клетках (например, нервных, кардиомиоцитах – клетках сердечной мышцы) накапливается значительное количество остаточных телец, которые содержат *липофусцин* или *пигмент старения*. Лизосомы работают «внутриклеточно», но некоторые клетки (например, *нейтрофилы* – клетки крови, *остеокласты* – клетки костной ткани) для выполнения своих функций выделяют лизосомы во внеклеточное пространство.

Мембраны лизосом устойчивы к действию собственных ферментов и предохраняют цитоплазму от их воздействия. Повреждение или нарушение проницаемости мембраны лизосом приводит к активации ферментов и тяжелым повреждениям клетки вплоть до ее гибели.

Лизосомы образуются путем отшнуровывания от цистерн комплекса Гольджи.

**Пероксисомы** или **микротельца** – это пузырьки размером 0,1–1,5 мкм, окруженные мембраной (лат. *peroxide* – перекись, *soma* – тело; рисунок 2). Они имеются практически во всех клетках тела человека. Пероксисомы отшнуровываются в виде пузырьков от цистерн эндоплазматической сети. Продолжительность их жизни 5–6 дней. Они содержат более 15 ферментов, такие как *пероксидаза*, *каталаза* и другие. В них в присутствии кислорода происходит *окисление* специфических органических соединений с образованием *перекиси водорода*, способной вызвать гибель клетки. Перекись водорода разрушается ферментами пероксисом. Кроме нейтрализации перекиси водорода, пероксисомы участвуют в разрушении других токсических соединений, а также и лекарственных средств, поэтому пероксисом особенно много в клетках печени и почек (например, 50 % поглощенного этилового спирта разрушается в пероксисомах клеток этих органов). Их ферменты принимают участие в *обмене липидов*, в частности холестерина. Существуют так называемые *пероксисомные болезни*, связанные с нарушениями ферментативной активности пероксисом. Они ведут к тяжелым повреждениям нервной системы.

Лизосомы и пероксисомы образуют *аппарат внутриклеточного переваривания и защиты клетки*.

**Цитоплазматические (секреторные) пузырьки** или **гранулы** – окружены мембраной и содержат концентрированную форму секретируемого вещества (рисунок 2); концентрация вещества может быть в 200 раз выше, чем в цистернах эндоплазматической сети. Их особенно много в секреторных клетках. Содержимое секреторных пузырьков выводится из клетки только по соответствующему сигналу. Например, секреторные пузырьки, содержащие гормон инсулин, не выделяют его до тех пор, пока не произойдет увеличение концентрации глюкозы в крови. В нервных клетках они называются *синаптическими пузырьками* и участвуют в передаче нервного импульса.

### *Немембранные органеллы*

К немембранным органеллам относятся **рибосомы**, **клеточный центр**, **микротрубочки** и **филаменты** (**микрофибриллы** и **микрофиламенты**).

**Рибосомы** – самые маленькие органеллы клетки (15–25 нм; рисунок 2). Они состоят из *двух субъединиц*: малой (10 нм) и большой (15 нм), содержащих *rРНК* и *белки*. Между субъединицами при биосинтезе белка (*трансляции*) располагается нить *mРНК* (рисунок 8).

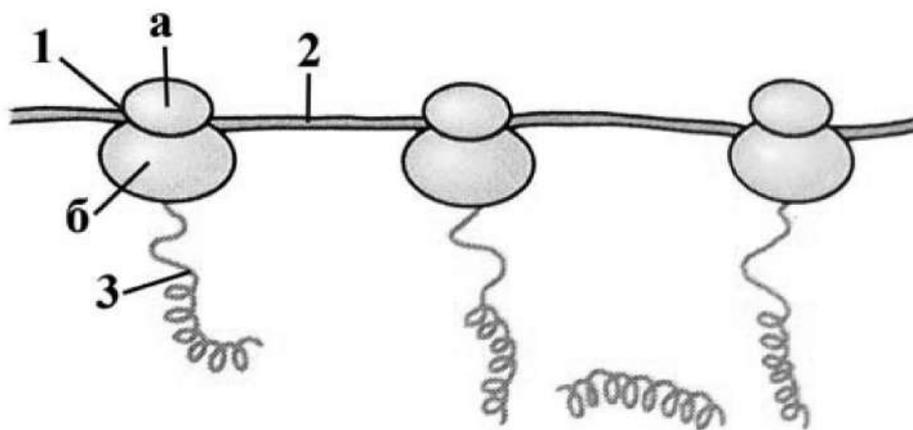


Рисунок 8 – Полирибосома: 1 – рибосома (а – малая, б – большая субъединицы); 2 – нить матричной РНК; 3 – синтезируемый белок

Субъединицы рибосом образуются в ядрышках, а затем поступают в цитоплазму через ядерные поры. Сборка рибосом из их субъединиц происходит перед началом синтеза белка, а по его завершению рибосомы опять распадаются.

Различают более крупные *цитоплазматические* рибосомы и *митохондриальные* (меньше по размерам).

Цитоплазматические рибосомы чаще всего образуют комплексы (*полирибосомы, полисомы*), расположенные на молекуле мРНК (как «бусинки на нитке»). Полирибосомы, как и отдельные рибосомы, находятся в цитоплазме в свободном состоянии (*свободные*) или прикреплены к мембранам гранулярной эндоплазматической сети и наружной ядерной мембране (*связанные*). Свободные полирибосомы синтезируют белки и ферменты для нужд самой клетки, а связанные полирибосомы – предназначены для выведения синтезированных белков из клетки («синтез на экспорт»).

В клетке содержится несколько миллионов рибосом, которые составляют около 5 % от сухой массы клетки.

Рибосомы являются центрами («фабриками») *синтеза белка* в клетке.

**Клеточный центр** – органелла, получившая свое название благодаря нахождению в глубоких отделах цитоплазмы вблизи ядра. Клеточный центр состоит из двух маленьких телец – *центриолей*, расположенных перпендикулярно друг к другу (рисунок 2).

Клеточный центр *принимает участие в образовании всех микротрубочек* клетки, в частности, *веретена клеточного деления*, а также *базальных телец ресничек и жгутиков*.

Сложная сеть **микротрубочек** и **филаментов** (тонких белковых нитей) образует *цитоскелет* (рисунок 2, рисунок 9). Цитоскелет как бы «цитокости» и «цитомышцы» клетки, представляющие собой опорные структуры

клетки. Он обеспечивает *поддержание* и *изменение формы клетки*; *участвует в транспорте веществ* внутрь клетки и из нее, *обеспечивает подвижность* клетки, а также *образование клеточных соединений*.

*Микротрубочки* пронизывают всю цитоплазму клетки как самостоятельные органеллы, входят в состав цитоскелета и других органелл (центриолей, ресничек и жгутиков). Каждая микротрубочка представляет собой полый цилиндр диаметром 20–30 нм (рисунок 9). Стенка микротрубочки состоит из глобулярного белка *тубулина*. Микротрубочки образуют *опорные структуры* цитоскелета; участвуют в формировании внутриклеточного каркаса, который поддерживает форму клеток; обуславливает определенное положение органелл в цитоплазме; они также участвуют в *транспорте веществ* внутри клетки. Белок тубулин не обладает способностью к сокращению, следовательно, микротрубочки не сокращаются. Однако в составе ресничек и жгутиков происходит взаимодействие между микротрубочками, а их скольжение относительно друг друга обеспечивает движение ресничек и жгутиков.

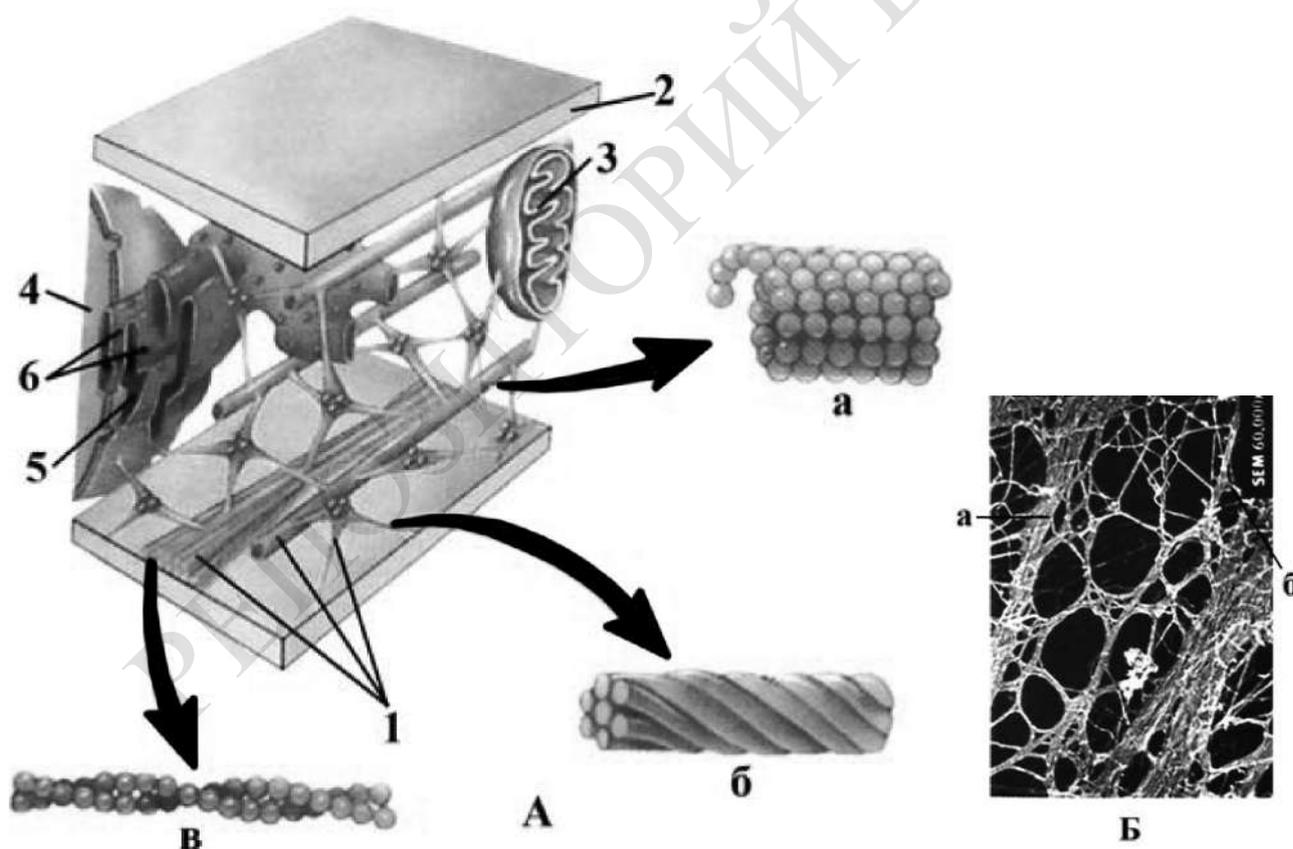


Рисунок 9 – Цитоскелет:

- А – схема цитоскелета: 1 – цитоскелет (а – микротрубочка, б – промежуточный филамент, в – микрофиламент); 2 – плазмолемма; 3 – митохондрия; 4 – ядро; 5 – гранулярная эндоплазматическая сеть; 6 – рибосомы  
 Б – электронная микрофотография цитоскелета:  
 а – микротрубочка, б – промежуточный филамент

Все формы живых клеток, включая бесконечно изменяющиеся *поверхностные складки, выступы, инвагинации (впячивания)*, обусловлены в основном сложной системой перекрещивающихся плотных волокон (*филаментов*). Это структурные элементы, в состав которых входят белки.

*Промежуточные филаменты* или *микрофибриллы* – длинные белковые нити толщиной 8–11 нм. Они тоньше микротрубочек, но толще *микрофиламентов*, за что и получили свое название (рисунок 9). Эти структуры образуют *каркас* клетки, *поддерживают ее форму и упругость*, а также *обеспечивают упорядоченное расположение органелл* клетки и *связь* межклеточного вещества с цитоплазмой и ядром. В некоторых клетках они объединяются в пучки: в клетках кожи – эпидермоцитах образуют *тонофибриллы*, а в нервных клетках – *нейрофибриллы*, которые рассматриваются как органеллы специального значения.

*Микрофиламенты* – еще более тонкие белковые нити (5–7 нм) имеются во всех клетках и расположены под плазмолеммой. Они образованы сократительными белками, в основном, молекулами белка *актина*. В некоторых клетках в построении микрофиламентов принимают участие *миозин, тропомиозин, тропонин* (например, в гладких мышечных клетках). Функции микрофиламентов крайне разнообразны: образуют *скелет клетки*; участвуют в *процессе мышечного сокращения*; обеспечивают *подвижность* других клеток; участвуют в *изменении клеточной поверхности* и в *образовании псевдоподий*.

Скопления микрофиламентов в мышечных волокнах образуют органеллы специального значения – *миофибриллы*.

Следует подчеркнуть, что информация о строении цитоскелета передается по наследству.

### **Органеллы специального значения**

**Органеллы специального значения** подразделяются на *поверхностные специализированные структуры* (органеллы клеточной поверхности) и *цитоплазматические структуры*. К *поверхностным специализированным структурам* относятся *реснички, микроворсинки, щеточная кайма, жгутики, отростки* и другие, к *цитоплазматическим* – *миофибриллы, нейрофибриллы, тонофибриллы* и другие образования (рисунок 3).

*Реснички* – тонкие выросты клеточной мембраны длиной 5–10 мкм (рисунок 2). Реснички присутствуют в эпителиальных клетках дыхательных путей (например, в трахее, бронхах). Сокращение (мерцание) ресничек обуславливает движение слизи с инородными частицами и фрагментами отмерших клеток около поверхности эпителия в одном направлении.

*Микроворсинки* – мелкие (около 1 мкм) неподвижные выросты на поверхности клеток (рисунок 2). Они значительно увеличивают площадь поверхности клеток, например, всасывательную поверхность клеток эпителия слизистой оболочки тонкой кишки. На поверхности клеток эпителия тонкой кишки находится несколько тысяч микроворсинок, которые формируют так называемую *щеточную кайму*. В порах между микроворсинками находятся ферменты, расщепляющие питательные вещества.

*Жгутики* по своему строению напоминают реснички. Обычно клетка имеет один жгутик, и он длиннее реснички (около 50 мкм). Жгутик служит органом движения клетки (например, *сперматозоида*; рисунок 10).

*Миофибриллы* располагаются в поперечнополосатых мышечных волокнах и обеспечивают сокращение скелетных мышц.

*Нейрофибриллы* находятся в нервных клетках и обеспечивают транспорт веществ (рисунок 10).

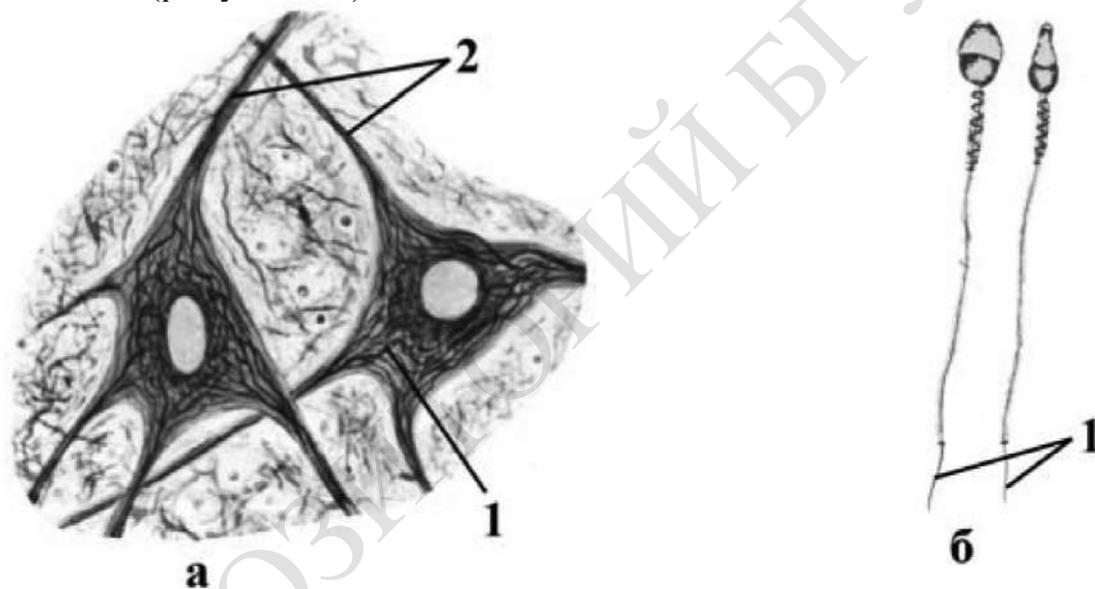


Рисунок 10 – Органеллы специального значения:  
 а – нервные клетки (1 – нейрофибриллы, 2 – отростки);  
 б – сперматозоиды (1 – жгутики мужских половых клеток)

*Тонкофибриллы* – специальные органеллы, которые выполняют опорную функцию (например, в эпидермоцитах кожи).

### Цитоплазматические включения

**Цитоплазматические включения** – это непостоянные структуры цитоплазмы. Они являются продуктами жизнедеятельности клеток; накапливаются в виде *капель* или *гранул*. В зависимости от состава включений и способа их использования клеткой различают *трофические*, *секреторные*, *экскреторные*, *пигментные* (рисунок 3). В процессе жизнедеятельности в

некоторых клетках накапливаются *случайные* включения: медикаментозные, частички угля и кремния, пыль, красители (например, в татуировках) и т. д.

*Трофические* включения подразделяются на *белковые* (например, белковые гранулы в яйцеклетках), *липидные* (липидные капли в клетках подкожной клетчатки, печени), *полисахаридные* (например, гранулы гликогена в клетках печени; рисунок 11).

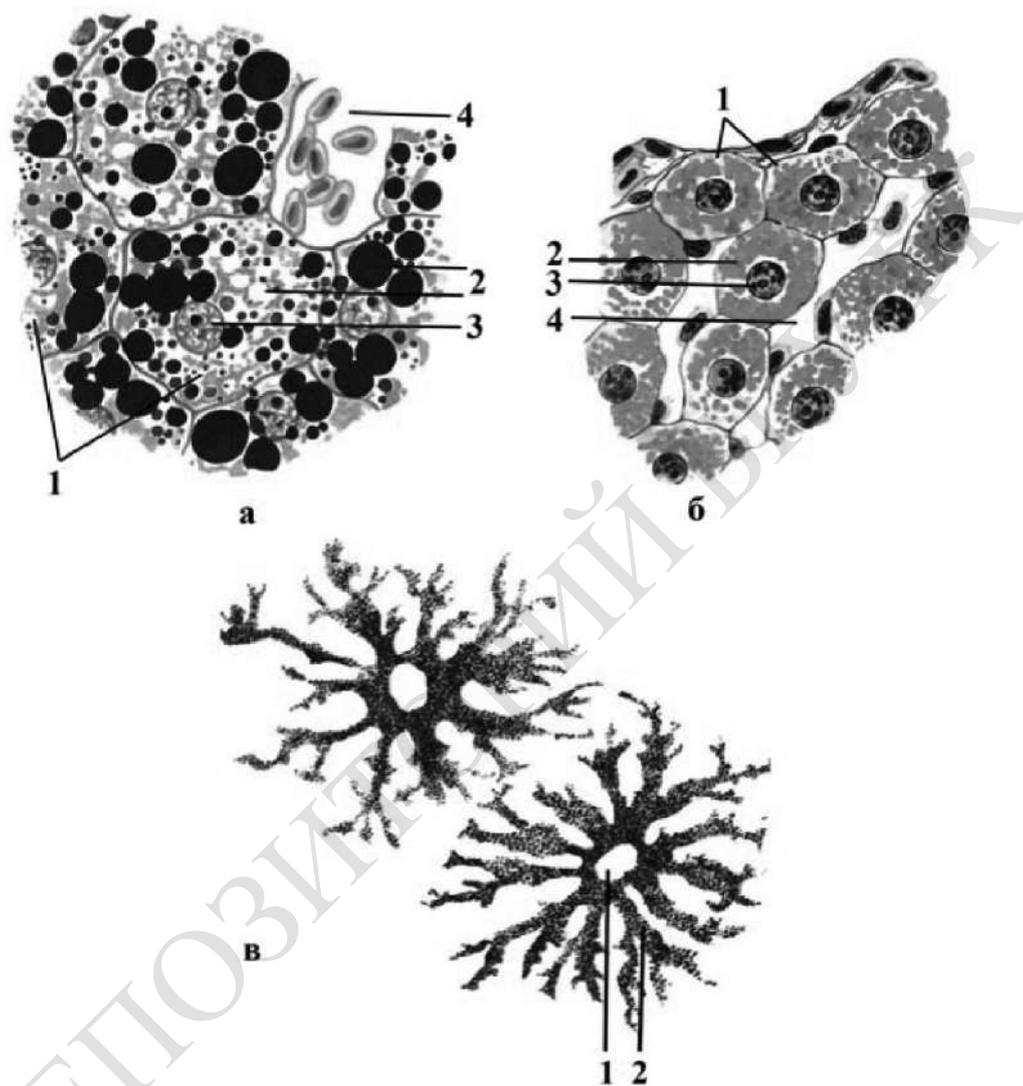


Рисунок 11 – Цитоплазматические включения: а – липидные капли и б – гранулы гликогена в клетках печени: 1 – клетки; 2 – цитоплазма с липидными каплями (а) и гранулами гликогена (б); 3 – ядро; 4 – капилляр; в – гранулы меланина в пигментных клетках: 1 – ядро; 2 – цитоплазма с гранулами меланина

Эти вещества накапливаются в клетке, а затем расходуются ею при возникновении соответствующих функциональных потребностей. Липидные включения (содержат триглицериды – жир и холестерин) рассматриваются как источник энергии в клетке. Размер этих капель и время их пребывания в клетках могут быть разными. Например, время пребывания капель жира в клетках эпителия слизистой оболочки кишки – от нескольких минут до не-

скольких часов, а в клетках жировой ткани – *адипоцитах* – до нескольких недель и месяцев.

*Секреторные* включения (секреторные гранулы) являются продуктами жизнедеятельности железистых клеток, содержат гормоны и другие биологически активные вещества, необходимые организму.

*Экскреторные* включения содержат вещества, подлежащие удалению из организма (например, гранулы мочевой кислоты в эпителии почечных канальцев).

*Пигментными* включениями называются окрашенные вещества, которые скапливаются в клетках и обуславливают их цвет. Существует много видов пигментов (*меланин, билирубин, липофусцин* и другие).

Темно-коричневый или черный *меланин* является одним из наиболее распространенных пигментов. Он присутствует в клетках *эпителия, соединительной ткани* и даже в *нервных* клетках. Меланин имеет вид гранул (рисунок 11). Он придает темную окраску коже и волосам.

*Билирубин* представляет собой желто-коричневый пигмент, обуславливающий такую же окраску *желчи* – жидкости, которая вырабатывается в печени.

*Липофусцин* – пигмент старения или изнашивания; имеет желто-коричневый цвет. Он образуется в результате разрушения компонентов клетки, которые подвергаются перевариванию ферментами лизосом. Его легко обнаружить в *нервных клетках, кардиомиоцитах* (клетках сердечной мышечной ткани), в *поперечнополосатых мышечных волокнах*.

### 3.4. Ядро

**Ядро** является обязательной и важнейшей частью клетки. Без ядра клетка долго существовать не может, она утрачивает способность к размножению и погибает. Ядро выполняет следующие функции: *хранение генетической информации* (в молекулах ДНК, находящихся в хромосомах); ее *реализацию* (контроль и регуляция разнообразных процессов в клетке); *воспроизведение и передачу генетической информации дочерним клеткам* при делении.

Обычно в клетке имеется только одно ядро. Однако существуют клетки, содержащие два (некоторые клетки печени, нервные, кардиомиоциты) и более ядер.

Форма ядра зависит от формы клетки (рисунок 1). Так, клетки шаровой и кубической формы обычно имеют *сферическое* ядро, клетки плоской и веретеновидной формы – *палочковидное* ядро. Встречаются и *сегментированные* ядра (в лейкоцитах).

Размеры ядер колеблются от 4 мкм (у сперматозоидов) до 40 мкм (у зрелых яйцеклеток). Размеры ядра и цитоплазмы обычно постоянные для каж-

дого типа клеток; они увеличиваются при усилении ее функциональной активности.

Основные компоненты ядра: **оболочка ядра, нуклеоплазма (кариоплазма), хроматин, ядрышко** (рисунок 12).

**Оболочка ядра** отделяет его от цитоплазмы и обеспечивает обмен веществ между ядром и цитоплазмой. Она состоит из двух мембран – *наружной* и *внутренней ядерных*, между которыми расположено *перинуклеарное пространство*. Наружная ядерная мембрана покрыта рибосомами и переходит в мембраны гранулярной эндоплазматической сети. В оболочке ядра имеются – *ядерные поры* диаметром 90 нм в количестве 3000–4000 (10–100 пор на 1 мкм<sup>2</sup> поверхности ядра). Это не сквозные отверстия. Просвет поры закрыт особым структурным образованием – *комплексом поры*. Он состоит из белковых гранул и фибрилл. Это своего рода диафрагма, регулирующая проницаемость поры. Из ядра в цитоплазму транспортируются в основном разные виды РНК и субъединицы рибосом, а из цитоплазмы в ядро – все ферменты, необходимые для синтеза РНК, а в ряде клеток – гормоны, которые регулируют активность этого процесса.

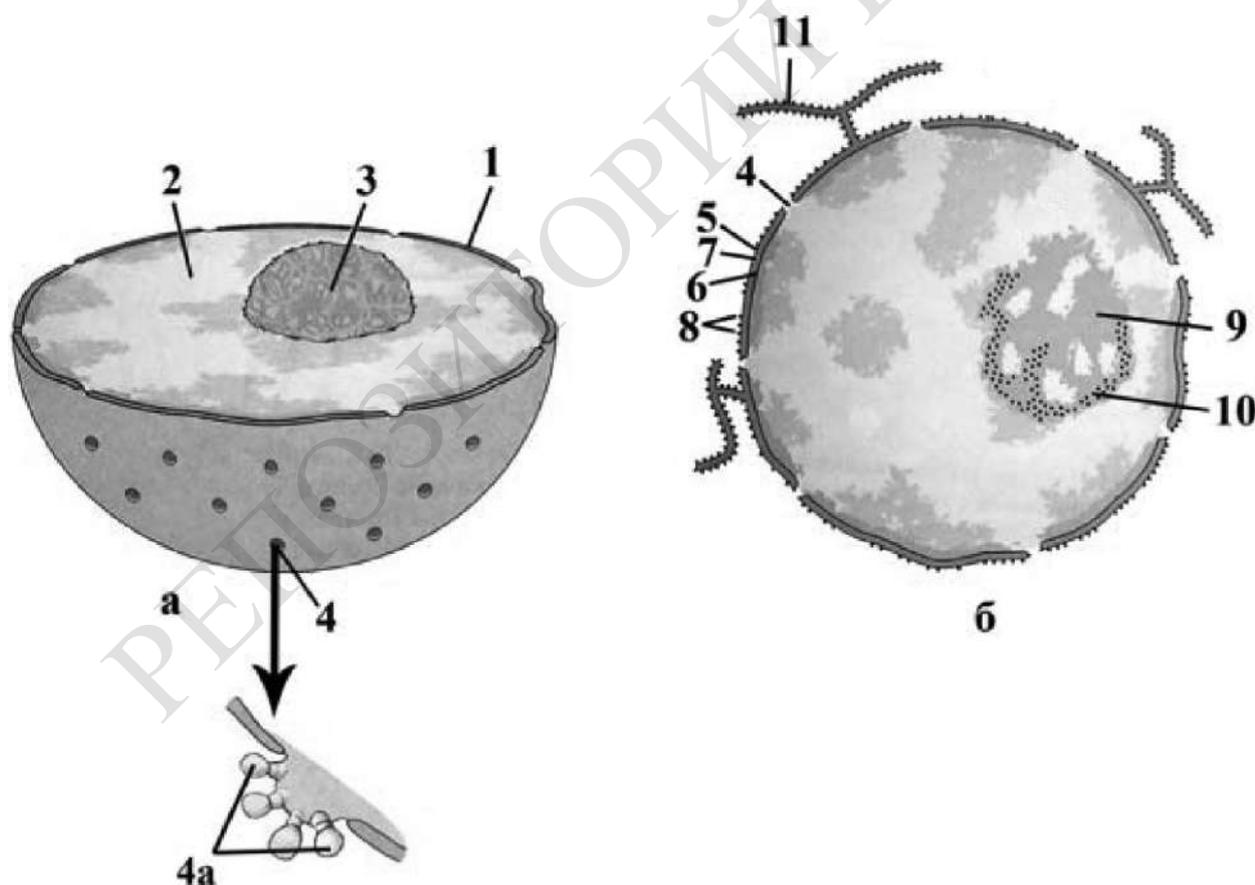


Рисунок 12 – Ядро: а – пространственная схема; б – внутреннее строение:  
 1 – оболочка ядра; 2 – нуклеоплазма; 3 – ядрышко; 4 – ядерная пора с комплексом (4а);  
 5 – наружная и 6 – внутренняя ядерные мембраны; 7 – перинуклеарное пространство;  
 8 – рибосомы; 9 – волокнистая и 10 – гранулярная части ядрышка;  
 11 – гранулярная эндоплазматическая сеть

**Нуклеоплазма** – жидкая среда ядра, раствор биополимеров, в котором во взвешенном состоянии расположены *хромосомы* и *ядрышко*. По своим физико-химическим свойствам нуклеоплазма близка к гиалоплазме.

**Хроматин** (греч. *chroma* – краска, цвет, *soma* – тело) – основной компонент ядра. Он образован скрученной молекулой *ДНК* (около 40 %) и основными белками – *гистонами* (около 60 %). Кроме того, в состав хроматина входят *РНК*, *углеводы*, *липиды*, *гликопротеины*.

Функции *ДНК* заключаются в хранении генетической информации (*генетический код*), передаче информации для синтеза белка (*транскрипция*), воспроизведении (*репликация*; лат. *replication* – повторение) генетической информации при делении клеток.

При делении клеток хроматин образует спирали (рисунок 13), которые хорошо заметны в виде *хромосом*. Хромосомы участвуют в распределении и переносе генетической информации в дочерние клетки при делении.

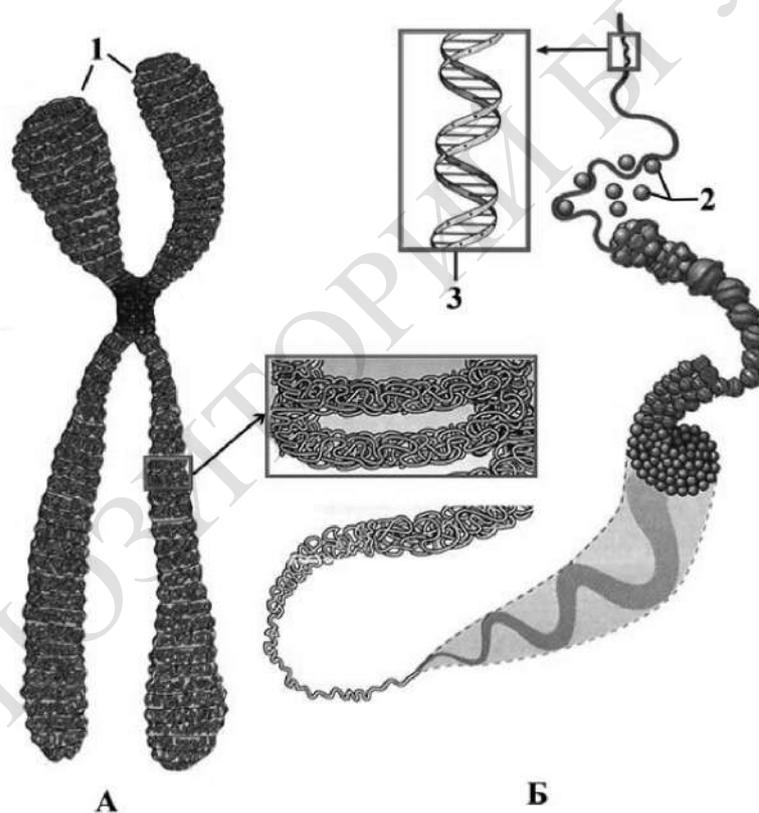


Рисунок 13 – Строение метафазной хромосомы – (А) и схема упаковки молекулы ДНК – (Б): 1 – хроматиды; 2 – молекулы белков (гистонов); 3 – двойная спираль ДНК

Различают несколько уровней структурной организации хроматина. ДНК имеет четкую структурную организацию, которая позволяет расположить огромные по длине нити в строгом порядке, с учетом обеспечения определенной временной последовательности процессов синтеза РНК, удвоения ДНК. Каждая хромосома образована одной длинной молекулой

ДНК, которая упакована компактно. Подсчитано, что в каждой хромосоме длиной 3–5 мкм упакована нить ДНК в несколько сантиметров; общая длина нитей ДНК в ядре диаметром 10 мкм составляет около 2 м. Эта плотность упаковки сравнима с укладкой нити длиной 20 км в клубок размером с теннисный мяч.

Совокупность числа, величины и морфологии хромосом называют *кариотипом* (греч. *karyon* – ядро ореха, *typos* – образец) человека или данного вида животных (рисунок 14). Число наборов хромосом в клетке (*плоидность*) обозначают буквой **n**. Соматические клетки человека содержат 46 хромосом в виде двойного (*диплоидного* –  $2n$ ) набора по 23 хромосомы каждый. Причем 22 хромосомы имеют по две копии, их называют *гомологичными, аутосомами*. Пара хромосом под номером 23 определяет пол человека и называется *половыми хромосомами*. У женщин половые хромосомы парные (XX - хромосомы), а у мужчин – непарные (XY - хромосомы).

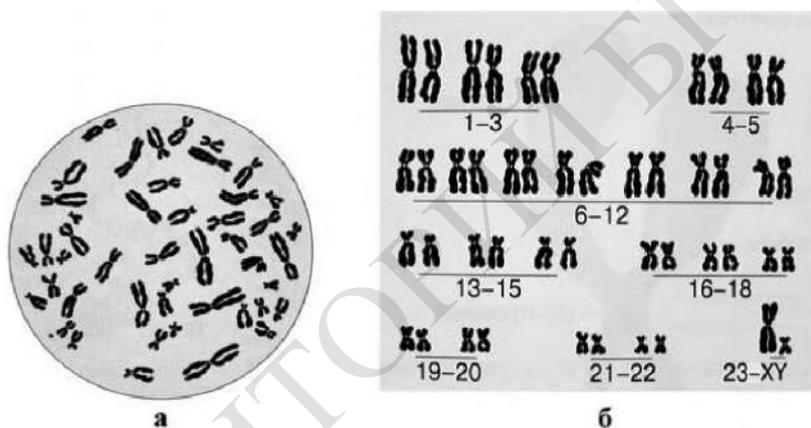


Рисунок 14 – Хромосомный набор соматической клетки мужчины.  
 Метафазная пластинка – (а) и кариотип – (б).  
 Хромосомы обозначены согласно принятой классификации

В зрелых половых клетках содержится *одинарный (гаплоидный – n)* набор хромосом.

Во всех соматических клетках женского организма одна из X-хромосом не функционирует (инактивирована). Она плотно скручена и выявляется под световым микроскопом в клетках в виде самой крупной глыбки хроматина. Ее называют *половым хроматином (тельце Бара)*. Тельце Бара – типичный пример гетерохроматина. По его присутствию в образцах тканей можно идентифицировать *генетический пол* человека. Оно хорошо различимо в клетках эпителия слизистой оболочки щеки (имеет вид гранулы, прикрепленной к оболочке ядра) и в ядрах нейтрофильных гранулоцитов – клетках крови (имеет вид добавочного сегмента в форме барабанной палочки; рисунок 15).

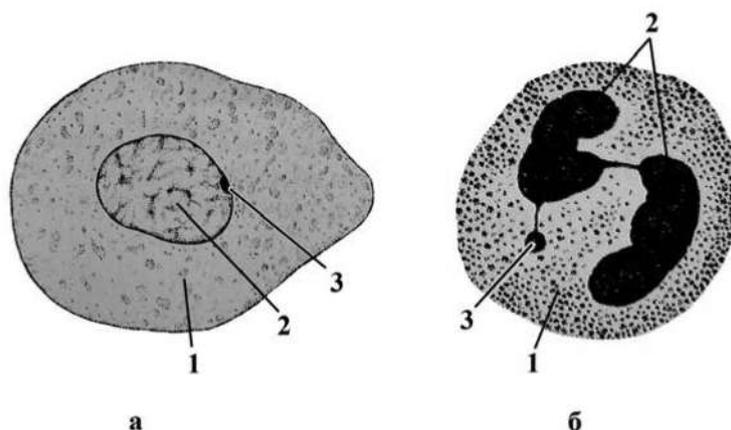


Рисунок 15 – Половой хроматин (тельце Бара) в клетке эпителия слизистой оболочки щеки – (а) и в нейтрофильном гранулоците – (б):  
1 – цитоплазма; 2 – ядро; 3 – половой хроматин

Методы определения телец Бара и анализа хромосомного набора в ядрах соматических клеток используются в спортивной медицине с целью определения соответствия *паспортного пола* спортсменок *генетическому полу*.

Знание нормального кариотипа необходимо для выявления возможных отклонений, которые всегда служат источником наследственных заболеваний.

В хромосомах в линейном порядке расположены *гены*. *Ген* представляет собой участок молекулы ДНК, ответственный за образование одной функциональной молекулы РНК. Ген определяет, сколько аминокислот входит в тот или иной белок и в какой последовательности они должны располагаться. В генах заключена *генетическая информация*, обеспечивающая размножение клеток и синтез белков.

Полный набор генов 46-ти хромосом соматических клеток называют *геномом*.

В хромосомах соматической клетки содержится 30 000 генов. К настоящему времени большая часть генных кодов человека расшифрована. Это позволяет определять предрасположенность людей к заболеваниям сердечно-сосудистой системы, сахарному диабету, онкологическим и другим заболеваниям. Получены данные о связи 240 генов с развитием и проявлением физических качеств (выносливости, выполнением скоростно-силовых физических нагрузок) человека в разных видах спорта.

В ядре имеются одно, два или более **ядрышек**. Это плотные округлые образования, не окруженные мембраной (рисунок 2, рисунок 12). Ядрышки состоят из *волокнутой* и *гранулярной* части. Нити ядрышек представляют собой молекулы образовавшейся *рРНК* и *рибосомальных белков*, а гранулы – *субъединицы рибосом*, которые формируются при связывании нитей РНК с

белками, поступающими из цитоплазмы. Эти субъединицы через ядерные поры выходят в цитоплазму, где «собираются» в рибосомы, связываются с мРНК для синтеза белка. Таким образом, основные функции ядрышка – синтез рРНК и образование субъединиц рибосом. Чем выше функциональная активность клетки, тем многочисленнее и крупнее ее ядрышки.

## 4. ЖИЗНЕННЫЙ ЦИКЛ КЛЕТОК

### 4.1. Определение понятия «жизненный цикл клетки»

Клетки выполняют в организме человека свои функции в течение определенного периода времени (от нескольких дней – до десятков лет), затем *стареют* и *погибают*.

**Жизненный (клеточный) цикл** – это период существования клетки от деления до следующего деления или от деления до смерти.

Клеточный цикл можно разделить на *интерфазу* и *митоз* (*M*; рисунок 16). Интерфаза представляет собой промежуток времени между окончанием одного митоза и началом следующего. В свою очередь она состоит из следующих фаз:  $G_1$  или *постмитотического интервала*; *S* или *фазы синтеза ДНК*;  $G_2$  или *премитотического интервала* и  $G_0$  или *фазы покоя*.



Рисунок 16 – Фазы клеточного цикла:  $G_1$  – постмитотический интервал; *S* – фаза синтеза ДНК;  $G_2$  – премитотический интервал; *M* – митоз;  $G_0$  – фаза покоя

В  $G_1$  фазе, продолжительность которой доходит до 24 часов и более, усилены биоэнергетические процессы, происходит образование органелл; дочерняя клетка достигает размеров и структуры материнской.

В фазу *синтеза ДНК* (фаза  $S$ ), длительность которой в большинстве клеток составляет около 6–8 часов, происходит удвоение (*репликация*) ДНК и, соответственно, удваивается число хромосом (вместо 46 – 92). В этот период более интенсивно синтезируются РНК и белки, связанные с ДНК, удваиваются центриоли.

В фазе *премитотического интервала* (фаза  $G_2$ ) продолжительностью от 2 до 6 часов, происходит подготовка клетки к митозу, делятся митохондрии, синтезируются белки веретена клеточного деления.

Общая продолжительность, как всего клеточного цикла, так и отдельных его периодов у клеток разных органов значительно варьирует. Описанные нами закономерности жизненного цикла характерны, прежде всего, для *часто делящихся* клеток. Однако разные клетки обладают неодинаковой способностью к делению.

В постоянно *обновляющихся тканях* организма (эпителий, кровь, рыхлая и плотная соединительные ткани) часть клеток *постоянно делится* и восполняет количество погибших клеток (это клетки базального слоя эпителия кожи, кроветворные клетки красного костного мозга и селезенки и другие). Например, в красном костном мозге человека каждую минуту образуется около 160 миллионов эритроцитов. Клетки эпителия слизистой оболочки тонкой кишки имеют продолжительность жизни всего лишь несколько (3–5) дней и их количество постоянно восполняется после гибели.

Многие клетки *сохраняют способность к делению частично*. Они не размножаются в обычных условиях и приобретают вновь это свойство в процессе *регенерации* (восстановления) тканей после повреждения. Например, при повреждении печени некоторые клетки начинают подготовку к митозу и делятся.

Наряду с этим в тканях имеются клетки, полностью *утратившие способность к делению*: это большей частью специализированные, дифференцированные клетки (например, нервные, кардиомиоциты, клетки хрусталика глаза). Постепенно с возрастом человека количество этих клеток уменьшается в связи с их гибелью и вновь не восполняется.

Таким образом, у человека в зрелом возрасте большинство клеток по выходе из митоза вступает в так называемую *фазу покоя* –  $G_0$  (составная часть интерфазы), во время которой они выполняют свои многочисленные функции в течение многих лет. Жизненный цикл таких неделящихся клеток состоит из митоза, роста, длительного функционирования, старения и гибели.

## 4.2. Деление клеток

Клетки образуются только при делении других (*материнских*) клеток. *Митоз* (греч. *mitos* – нить) – универсальный способ деления соматических клеток. Значение митоза заключается в *равномерном распределении генетического материала* между дочерними клетками.

Митоз начинается с деления материнской клетки (интерфаза).

В митозе различают четыре последовательные *фазы* (рисунок 17). Это – *профаза* (*про* = до), *метафаза* (*мета* = следующая, между), *анафаза* (*анна* = вверх), *телофаза* (*телос* = конец, цель).

В профазе усиливаются энергетические процессы в клетке, происходит конденсация хроматина в виде *хромосом*. Оболочка ядра растворяется, карิโอплазма и цитоплазма сливаются и хромосомы перемещаются в центр клетки. Исчезает ядрышко. Центриоли клеточного центра расходятся к полюсам клетки; между ними происходит формирование *митотического веретена* (*веретена клеточного деления*). Нити его прикрепляются к хромосомам.

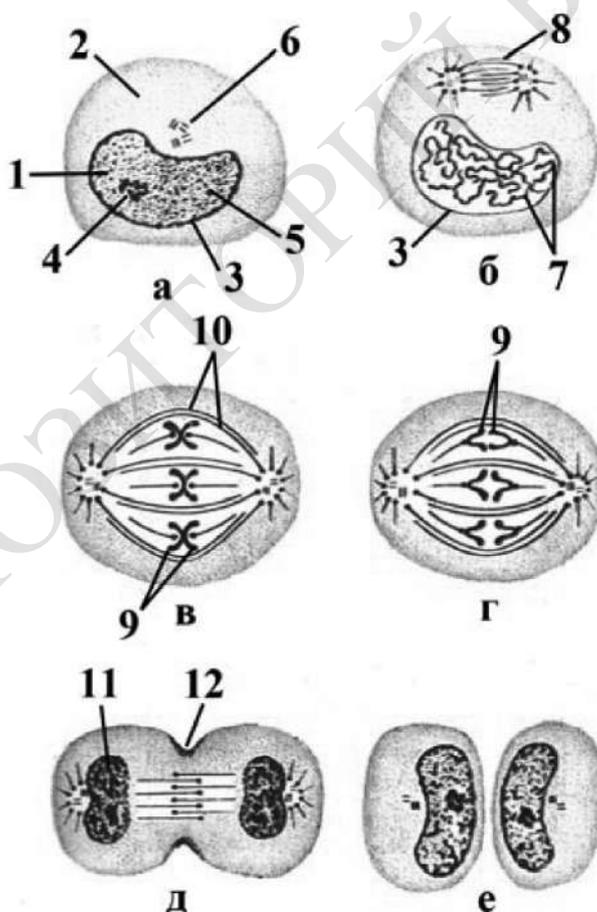


Рисунок 17 – Митоз – деление клетки (схема): а – интерфаза (материнская клетка); б – профаза; в – метафаза; г – анафаза; д – телофаза; е – дочерние клетки 1 – ядро; 2 – цитоплазма; 3 – оболочка ядра; 4 – ядрышко; 5 – хроматин; 6 – клеточный центр; 7, 9 – хромосомы; 8 – митотическое веретено; 10 – микротрубочка веретена; 11 – формирование ядра; 12 – борозда деления

Во второй фазе (*метафаза*) все хромосомы занимают экваториальное положение в клетке, центриоли – полярное. Заканчивается процесс образования веретена клеточного деления и оно располагается между полюсами клетки.

В конце метафазы происходит расщепление каждой хромосомы на две *хроматиды* или *дочерние хромосомы*, имеющие вид шпильки. При этом нити одного полюса веретена клеточного деления прикрепляются к одной половине хромосом, а нити другого полюса – к другой. Метафаза по продолжительности занимает 30 % времени от длительности всего митоза.

В третьей фазе (*анафаза*) хромосомы расходятся к противоположным полюсам клетки вследствие укорочения микротрубочек веретена клеточного деления со скоростью около 1,0 мкм/мин. Это самая короткая фаза митоза, занимающая по продолжительности лишь 5–10 % (около 3 минут) от всего периода митоза.

В четвертой фазе (*телофаза*) происходит реконструкция (восстановление) ядра. Митотическое веретено разрушается, хроматиды достигают полюсов клетки, деконденсируются и хроматин принимает вид глыбок и светлых участков. Образуется оболочка ядра. Тело клетки путем перетяжки или перешнуровывания разделяется на две *дочерние* клетки (процесс *цитокинеза*), каждая из которых окружена собственной плазмолеммой. Органеллы и включения равномерно распределяются между дочерними клетками. Формируются новые ядрышки.

В среднем для процесса митоза необходимо около одного часа.

После деления вновь образованные дочерние клетки увеличиваются в размерах, в них формируются все органеллы и синтезируются необходимые ферменты; они приобретают определенные функции, т. е. происходит их *дифференцировка*.

До недавнего времени считалось, что из дифференцированных соматических клеток не может развиваться целый организм, однако в экспериментах на некоторых видах млекопитающих удалось показать, что если ядро из дифференцированной соматической клетки пересадить в яйцеклетку, то развивается нормальное животное. Этот процесс называется *клонированием* и свидетельствует о том, что во время дифференцировки клеток генетическая информация не является необратимо потерянной. В настоящее время интенсивно развиваются исследования по клонированию отдельных органов и целых организмов.

При повреждении веретена клеточного деления, незавершенности отдельных фаз митоза, нарушении процесса цитокинеза могут образовываться гигантские ядра или гигантские *многоядерные (полиплоидные)* клетки. Они появляются при развитии воспалительных процессов (*телá воспаления*, по-

липлоидные клетки в печени, в эпителии слизистой оболочки стенки мочевого пузыря и другие). Полиплоидия клеток отмечается при злокачественных опухолях и имеет диагностическое значение. Действие химических веществ и облучения также приводит к появлению полиплоидных клеток.

Полиплоидия может наблюдаться в норме (при процессах регенерации тканей).

В различных тканях в норме также имеются крупные цитоплазматические образования с множеством ядер. К ним относятся *остеокласты* (клетки в костной ткани), *поперечнополосатые мышечные волокна*. Их возникновение вторично, за счет слияния отдельных клеток или же в результате деления ядер без разделения цитоплазмы, т. е. цитокинеза.

По-видимому, главным результатом полиплоидии клеток является рост их продуктивности за счет увеличения размера клеток, поэтому полиплоидные клетки встречаются, главным образом, у стареющих организмов.

*Мейоз* – способ деления, в результате которого образуются клетки с гаплоидным набором хромосом. Мейоз характерен для половых клеток. Биологическое значение мейоза заключается в том, что образовавшиеся мужские и женские половые клетки несут генетическую информацию от отца и матери и при их слиянии образуется *зигота* (*спаренная клетка*) с диплоидным набором хромосом. Она содержит равное количество генетической информации от обоих родителей.

### 4.3. Внутриклеточная регенерация

**Внутриклеточная регенерация** (лат. *regeneration* – возрождение, возобновление) – это восстановление, замена структур клетки. В процессе жизнедеятельности клеток происходит постоянное изнашивание и обновление их структурных компонентов: в течение нескольких часов или дней постепенно или полностью обновляются все молекулы биополимеров, из которых построены мембраны и немембранные компоненты клетки. Это особенно важно для клеток, которые не способны размножаться (нервные клетки, кардиомиоциты). Их структурные компоненты на протяжении долгой жизни клеток обновляются многократно. Даже в относительно стабильных молекулах ДНК происходит постоянная замена (*репарация*) ее поврежденных фрагментов.

### 4.4. Адаптация

**Адаптация** (лат. *adaptare* – приспособление) – процесс приспособления клеток к изменившимся условиям существования. Например, поперечнополосатые мышечные волокна приспособляются к повышенной физической нагрузке, нервные клетки – к повышенной умственной активности,

клетки печени и почек – к воздействию токсических веществ, клетки кожи – к повышенному ультрафиолетовому облучению. При этом в клетках усиливаются процессы биосинтеза белка, ускоряются процессы обмена веществ, увеличиваются размеры ядер, ядрышек, количество и размер органелл. Все это приводит к увеличению размеров самой клетки (*гипертрофии*).

Адаптация клеток имеет важное значение для сохранения их жизнедеятельности, в том числе и при больших физических нагрузках и различных заболеваниях организма.

## 5. ПРОИЗВОДНЫЕ КЛЕТОК

Наряду с клетками в организме различают **производные клеток** – это **постклеточные** и **надклеточные** структуры, а также **межклеточное вещество**.

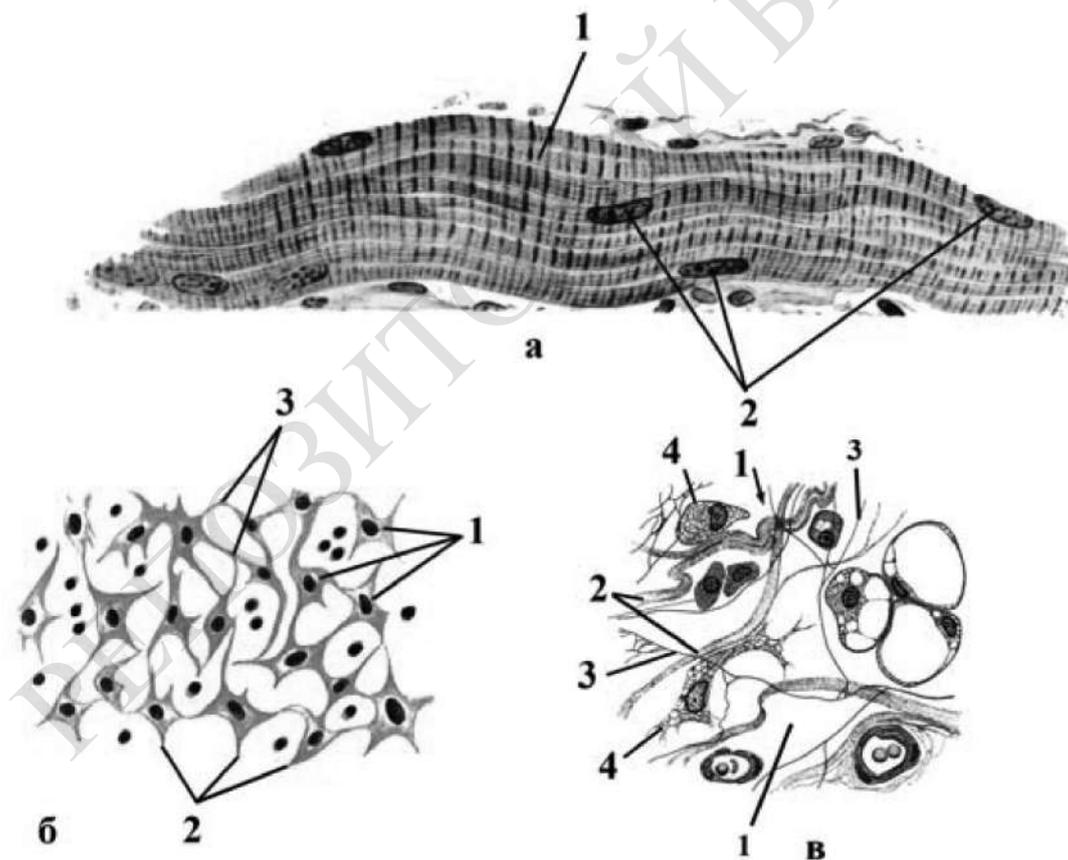


Рисунок 18 – Производные клеток: а – симпласт (поперечнополосатое мышечное волокно): 1 – цитоплазма, 2 – ядра; б – синцитий (ретикулярная ткань): 1 – ретикулярные клетки, 2 – отростки клеток, 3 – цитоплазматические мостики; в – межклеточное вещество (рыхлая соединительная ткань): 1 – основное вещество, 2 – коллагеновые волокна, 3 – эластические волокна, 4 – клетки

**Постклеточные** структуры – *эритроциты*, *тромбоциты* и *роговые чешуйки*. *Эритроциты* – это клетки крови, лишенные ядер и большинства органелл; *тромбоциты*, или *кровяные пластинки* – фрагменты цитоплазмы клеток мегакариоцитов; *роговые чешуйки* – трансформированные клетки эпидермиса кожи.

К **надклеточным** структурам относятся *симпласт* и *синцитий* (рисунок 18). *Симпласт* (греч. *syn* – вместе, *plastos* – вылепленный) – это крупная структура, состоящая из большого количества цитоплазмы и множества ядер (например, *поперечнополосатое мышечное волокно*, *мегакариоцит* в красном костном мозге, *остеокласт* в костной ткани). Он образуется из клеток при делении ядер без деления цитоплазмы, или путем слияния многих клеток.

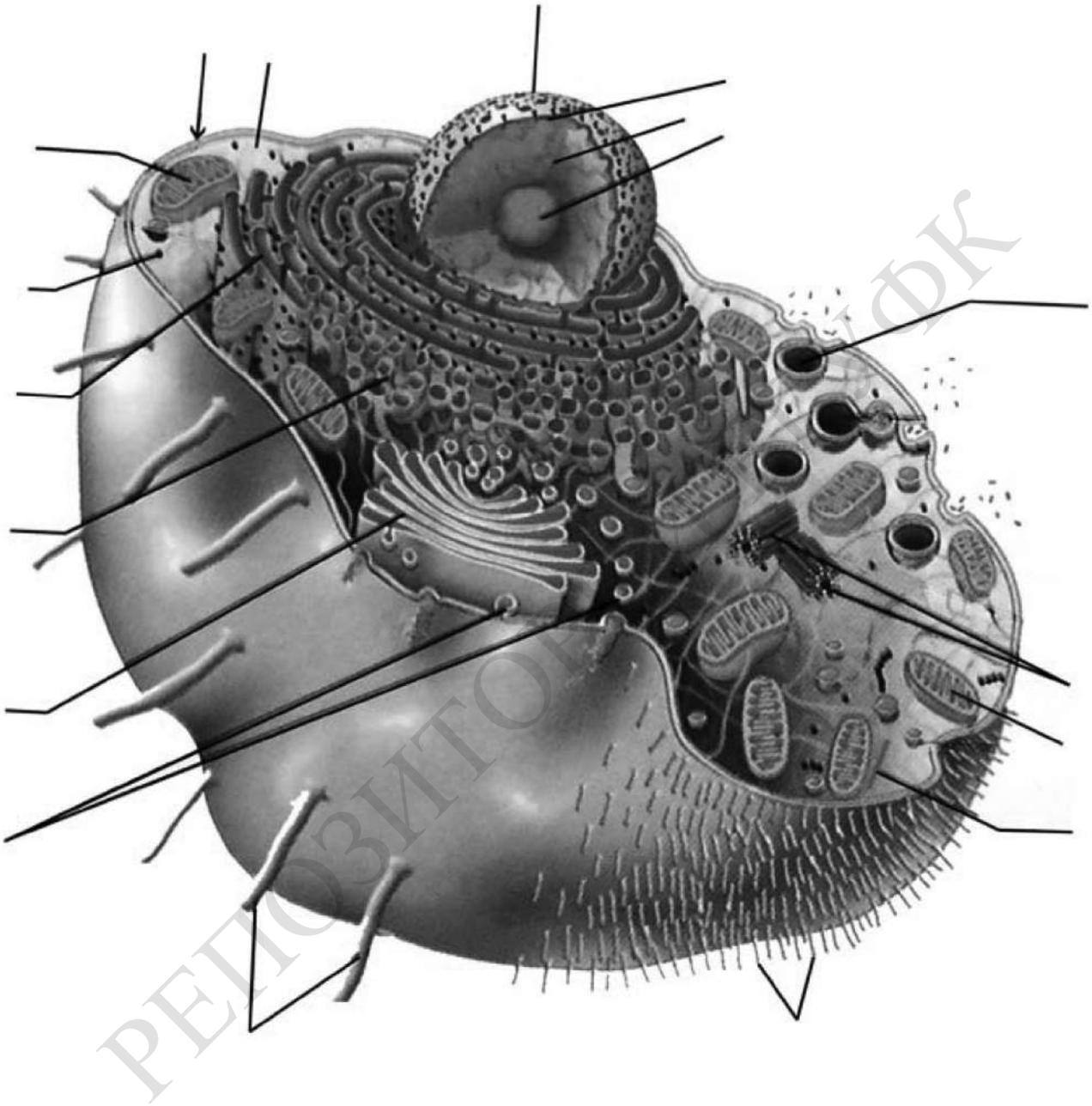
*Синцитий* или *соклетие* (греч. *syn* – вместе, *kytos* – клетка) – это образование, состоящее из клеток, соединенных между собой отростками с цитоплазматическими перемычками (мостиками), через которые цитоплазма одной клетки продолжается в цитоплазму другой (например, *ретикулярные клетки* в ретикулярной ткани, *остеоциты* в костной ткани, *кардиомиоциты* в сердечной мышечной ткани). Синцитий образуется в результате неполного разделения цитоплазмы при делении клеток.

**Межклеточное вещество** – это продукт жизнедеятельности клеток, расположенный между клетками (рисунок 18). Межклеточное вещество состоит из *основного вещества* и *волокон* соединительной ткани: *коллагеновых* и *эластических*. Они представляют собой не самостоятельные образования, а продукты активности отдельных групп клеток. Межклеточное вещество может быть *жидким* (плазма крови), *желеобразным* (в собственно соединительной ткани, в хрящевой) или *плотным* (в костной ткани).

Клетки и их производные образуют **ткани**, из которых построены **органы**.

## 6. ВОПРОСЫ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ

1. На рисунке обозначьте цифрами следующие структуры:



Клетка (общий вид, схема)

1 – цитоплазма; 2 – ядро; 3 – оболочка ядра; 4 – нуклеоплазма; 5 – ядрышко;  
6 – плазмолемма; 7 – гранулярная эндоплазматическая сеть; 8 – агранулярная  
эндоплазматическая сеть; 9 – комплекс Гольджи; 10 – секреторные пузырьки;  
11 – митохондрии; 12 – лизосома; 13 – свободная рибосома; 14 – клеточный центр;  
15 – цитоскелет; 16 – микроворсинки; 17 – реснички

2. Дайте определение понятия «клетка» \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
3. Перечислите основные функции клетки \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
4. Назовите основные неорганические вещества в живых организмах \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
5. Назовите основные органические вещества в живых организмах \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
6. Назовите две основные составные части клетки \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
7. Перечислите структуры цитоплазмы \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
8. Элементарная биологическая мембрана образована двойным слоем молекул \_\_\_\_\_ и молекулами \_\_\_\_\_ (указать вещества).
9. В состав плазмолеммы (клеточной мембраны) входят следующие вещества \_\_\_\_\_ (перечислить).
10. Укажите функции плазмолеммы \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
11. Перечислите функции следующих органелл: митохондрий \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
- эндоплазматической сети \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
- комплекса Гольджи \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
- лизосом \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
- рибосом \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
- клеточного центра \_\_\_\_\_
12. Перечислите органеллы специального значения \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
13. Перечислите структурные компоненты ядра \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
14. Укажите функции ядра \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

15. Назовите известные Вам типы РНК \_\_\_\_\_

16. Укажите функции ДНК \_\_\_\_\_

17. Назовите функции ядрышка \_\_\_\_\_

18. Дайте определение понятия «жизненный цикл клетки» и назовите фазы \_\_\_\_\_

19. Укажите, в какой фазе клеточного цикла происходит удвоение (репликация) молекулы ДНК? \_\_\_\_\_

20. Назовите фазы митоза \_\_\_\_\_

21. Назовите структуры, которые относятся к производным клеток \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

РЕПОЗИТОРИЙ БГУФГ

## СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Хэм, А. Гистология : пер с англ. : в 5 т. / А. Хэм, Д. Кормак. – М. : Мир. –Т. 1.– 1982. – 272 с.
2. Фаллер, А. Анатомия и физиология человека / А. Фаллер, М. Шюнке ; пер. с англ.: В. Н. Егорова [и др.]. – М. : БИНОМ, 2008. – 537 с.
3. Де Дюв, К. Путешествие в мир живой клетки / К. де Дюв ; пер. с англ.: Н. И. Ковальской, И. В. Саниной ; предисл. Ю. А. Овчинникова. – М. : Мир, 1987. – 256 с.
4. Гистология, эмбриология и цитология : учебник / под ред.: Э. Г. Улумбекова, Ю. А. Чельшева. – М. : ГЭОТАР-Медиа, 2009. – 408 с.
5. Гартнер, Л. П. Цветной атлас гистологии / Л. П. Гартнер, Дж. Л. Хайатт ; пер. с англ.: С. Косаревич [и др.]; под ред. В. П. Сапрыкина. – М. : Логосфера, 2008. – 478 с.
6. Сапин, М. Р. Анатомия человека : учебник : в 2 т. / М. Р. Сапин, Г. Л. Билич. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : ГЭОТАР-МЕД, 2012. – Т. 1. – 608 с.
7. Сили, Р. Р. Анатомия и физиология : в 2 кн. / Р. Р. Сили, Т. Д. Стивенс, Ф. Тейт. – Киев : Олимпийская литература, 2007. – Кн. 1. – 662 с.
8. Алмазов, И. В. Атлас по гистологии и эмбриологии / И. В. Алмазов, Л. С. Сутулов. – М. : Медицина, 1978. – 544 с.
9. Жункейра, Л. К. Гистология: атлас : учеб. пособие /Л. К. Жункейра, Ж. Карнейро ; пер. с англ. под ред. В. Л. Быкова. – М. : ГЭОТАР-Медиа, 2009. – 576 с.
10. Зиматкин, С. М. Гистология : учеб. пособие / С. М. Зиматкин. – Минск : РИПО, 2014. – 347 с.
11. Ченцов, Ю. С. Введение в клеточную биологию : учебник для вузов / Ю. С. Ченцов. – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : Академкнига, 2004. – 495 с.
12. Чиркин, А. А. Биохимия : учеб. рук-во / А. А. Чиркин, Е. О. Данченко. – М. : Медицинская литература, 2010. – 624 с.
13. Terminologia Histologica. Международные термины по цитологии и гистологии человека с официальным списком русских эквивалентов / В. В. Банин [и др.] ; под ред.: В. В. Банина, В. Л. Быкова.– М. : ГЭОТАР-Медиа, 2009. – 272 с.

*Учебное издание*

**Банецкая** Нина Васильевна

# **СОВРЕМЕННЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О КЛЕТКЕ**

**Учебное наглядное пособие  
для управляемой самостоятельной работы студентов**

Компьютерная верстка *Т. Г. Данилевич*

Корректор *Н. С. Геращенко*

Техническая обработка иллюстративного материала *А. А. Черников*

Подписано в печать 29.09.2020. Формат 60×84/16. Бумага офсетная.  
Ризография. Усл. печ. л. 2,56. Уч.-изд. л. 2,17. Тираж 505 экз. Заказ 358.

Издатель и полиграфическое исполнение:  
Учреждение образования

«Белорусский государственный университет физической культуры».  
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,  
распространителя печатных изданий  
№ 1/153 от 24.01.2014.

Пр. Победителей, 105, 220020, Минск.