

УДК 373.5:57  
ББК 28я721  
Б61

**Билич, Габриэль Лазаревич.**  
Б61 Карманный справочник по биологии для 6—11 классов / Г. Л. Билич, Е. Ю. Зигалова. — Москва : Эксмо, 2022. — 560 с.

ISBN 978-5-04-164999-9

Компактный и информативный справочник по основным разделам биологии. Удобный размер, комфортный шрифт, понятное изложение делают его отличным помощником для школьников и абитуриентов, позволяя систематизировать знания при подготовке к ВПР, ОГЭ и ЕГЭ.

УДК 373.5:57  
ББК 28я721

ISBN 978-5-04-164999-9

© Билич Г.Л., Зигалова Е.Ю.,  
текст, 2020  
© ООО «Издательство  
«Эксмо», 2022

Все права защищены. Книга или любая ее часть не может быть скопирована, воспроизведена в электронной или механической форме, в виде фотокопии, записи в память ЭВМ, репродукции или каким-либо иным способом, а также использована в любой информационной системе без получения разрешения от издателя. Копирование, воспроизведение и иное использование книги или ее части без согласия издателя является незаконным и влечет уголовную, административную и гражданскую ответственность.

Научно-популярное издание

**Билич Габриэль Лазаревич  
Зигалова Елена Юрьевна**

## **КАРМАННЫЙ СПРАВОЧНИК ПО БИОЛОГИИ ДЛЯ 6—11 КЛАССОВ**

Главный редактор *Р. Фасхутдинов*  
Руководитель медицинского направления *О. Шестова*  
Ответственный редактор *О. Ключникова*  
Научный редактор *А. Швец*  
Художественный редактор *Е. Анисина*  
Компьютерная верстка *О. Крайнова*  
Корректоры *О. Пономарев, Ю. Шигарева*

Страна происхождения: Российская Федерация  
Шығарылған елі: Ресей Федерациясы

В оформлении обложки использованы иллюстрации:  
ecco, RoyalVector, Anastasia Nio, Hitriy Lis, Agafonov Oleg / Shutterstock.com  
Используется по лицензии от Shutterstock.com



ООО «Издательство «Эксмо»  
123308, Россия, город Москва, улица Зорге, дом 1, строение 1, этаж 20, каб. 203.  
Тел.: 8 (495) 411-68-96  
Home page: [www.eksmo.ru](http://www.eksmo.ru) E-mail: [info@eksmo.ru](mailto:info@eksmo.ru)  
Финансирование – «ЭКСМО» АКБ Благотворительности  
123308, Ресей, қала Мәскеу, Зорге көшесі, 1 үй, 1 кәсіпхане, 20 қабаты өңір 203 к.  
Тел.: 8 (495) 411-68-96  
Home page: [www.eksmo.ru](http://www.eksmo.ru) E-mail: [info@eksmo.ru](mailto:info@eksmo.ru)  
Тауар белгісі: «Эксмо»  
Интернет-магазин: [www.book24.ru](http://www.book24.ru)  
Интернет-магазин: [www.book24.kz](http://www.book24.kz)  
Интернет-магазин: [www.book24.kz](http://www.book24.kz)  
Импортер в Республику Казахстан: ТОО «РДД-Алматы»  
Қазақстан Республикасындағы иелік иегері: «РДД-Алматы» ЖШС.  
Дистрибутор и представитель по прямому контракту на производство,  
в Республику Казахстан: ТОО «РДД-Алматы»  
Қазақстан Республикасындағы дистрибутор және өнім бағындағы арнайы-талымдарды  
қабылдаушы компания: «РДД-Алматы» ЖШС.  
Алматы қ., Дембеловский көшесі, 5-ші, ғимарат Б, сәуір 1.  
Тел.: 8 (727) 251-55-90/91/92. E-mail: [RDC-Almaty@rdd.kz](mailto:RDC-Almaty@rdd.kz)  
Финансирование: государственные средства.  
Сертификация: товарный знак: сайт: [www.eksmo.ru/certification](http://www.eksmo.ru/certification)  
Сведения о подтверждении соответствия издания согласно законодательству РФ  
о техническом регулировании можно получить на сайте Издательства «Эксмо»:  
[www.eksmo.ru/certification](http://www.eksmo.ru/certification)  
Өздiкпен мөлшерленген: Ресей. Сертификация қидастырылмаған



Дата изготовления / Подписано в печать 15.08.2022.  
Формат 60x84<sup>1/32</sup>. Печать офсетная. Усл. печ. л. 1 6,27.  
Тираж экз. Заказ

В электронном виде книги издательства вы можете  
купить на [www.litres.ru](http://www.litres.ru)

**ЛитРес:**  
один клик до книг



**Москва.** ООО «Торговый Дом «Эксмо»

Адрес: 123308, г. Москва, ул. Зорге, д. 1, строение 1.  
Телефон: +7 (495) 411-50-74. **E-mail:** [reception@eksmo-sale.ru](mailto:reception@eksmo-sale.ru)

По вопросам приобретения книг «Эксмо» зарубежными оптовыми  
покупателями обращаться в отдел зарубежных продаж ТД «Эксмо»  
**E-mail:** [international@eksmo-sale.ru](mailto:international@eksmo-sale.ru)

*International Sales: International wholesale customers should contact  
Foreign Sales Department of Trading House «Eksmo» for their orders.*  
**international@eksmo-sale.ru**

По вопросам заказа книг корпоративным клиентам, в том числе в специальном  
оформлении, обращаться по тел.: +7 (495) 411-68-59, доб. 2261.  
**E-mail:** [ivanova.ey@eksmo.ru](mailto:ivanova.ey@eksmo.ru)

Оптовая торговля бумажно-белыми  
и канцелярскими товарами для школы и офиса «Канц-Эксмо»:  
Компания «Канц-Эксмо»: 142702, Московская обл., Ленинский р-н, г. Видное-2,  
Белокаменная ш., д. 1, а/я 5. Тел./факс: +7 (495) 745-28-87 (многоканальный).  
**e-mail:** [kanc@eksmo-sale.ru](mailto:kanc@eksmo-sale.ru), сайт: [www.kanc-eksmo.ru](http://www.kanc-eksmo.ru)

**Филиал «Торгового Дома «Эксмо» в Нижнем Новгороде**  
Адрес: 603094, г. Нижний Новгород, улица Карпинского, д. 29, бизнес-парк «Грин Плаза»  
Телефон: +7 (831) 216-15-91 (92, 93, 94). **E-mail:** [reception@eksmonn.ru](mailto:reception@eksmonn.ru)

**Филиал ООО «Издательство «Эксмо» в г. Санкт-Петербурге**  
Адрес: 192029, г. Санкт-Петербург, пр. Обуховской обороны, д. 84, лит. «Е»  
Телефон: +7 (812) 365-46-03 / 04. **E-mail:** [server@szko.ru](mailto:server@szko.ru)

**Филиал ООО «Издательство «Эксмо» в г. Екатеринбурге**  
Адрес: 620024, г. Екатеринбург, ул. Новинская, д. 2д  
Телефон: +7 (343) 272-72-01 (02/03/04/05/06/08)

**Филиал ООО «Издательство «Эксмо» в г. Самаре**  
Адрес: 443052, г. Самара, пр-т Кирова, д. 75/1, лит. «Е»  
Телефон: +7 (846) 207-55-50. **E-mail:** [RDC-samara@mail.ru](mailto:RDC-samara@mail.ru)

**Филиал ООО «Издательство «Эксмо» в г. Ростове-на-Дону**  
Адрес: 344023, г. Ростов-на-Дону, ул. Страны Советов, 44А  
Телефон: +7(863) 303-62-10. **E-mail:** [info@rnd.eksmo.ru](mailto:info@rnd.eksmo.ru)

**Филиал ООО «Издательство «Эксмо» в г. Новосибирске**  
Адрес: 630015, г. Новосибирск, Комбинатский пер., д. 3  
Телефон: +7(383) 289-91-42. **E-mail:** [eksmo-nsk@yandex.ru](mailto:eksmo-nsk@yandex.ru)

**Обособленное подразделение в г. Хабаровске**  
Фактический адрес: 680000, г. Хабаровск, ул. Фрунзе, 22, оф. 1006  
Почтовый адрес: 680020, г. Хабаровск, А/Я 1006  
Телефон: (4212) 910-120, 910-211. **E-mail:** [eksmo-khv@mail.ru](mailto:eksmo-khv@mail.ru)

**Республика Беларусь:** ООО «ЭКМО АСТ Си энд Си»  
Центр оптово-розничных продаж Cash&Carry в г. Минске  
Адрес: 220014, Республика Беларусь, г. Минск, проспект Жукова, 44, пом. 1-17, ТЦ «Outleto»  
Телефон: +375 17 251-40-23; +375 44 581-81-92  
Режим работы: с 10.00 до 22.00. **E-mail:** [exmoast@yandex.by](mailto:exmoast@yandex.by)

**Казахстан:** «РДЦ Алматы»  
Адрес: 050039, г. Алматы, ул. Домбровского, 3А  
Телефон: +7 (727) 251-58-12, 251-59-90 (91, 92, 99). **E-mail:** [RDC-Almaty@eksmo.kz](mailto:RDC-Almaty@eksmo.kz)

**Полный ассортимент продукции ООО «Издательство «Эксмо» можно приобрести в книжных  
магазинах «Читай-город» и заказать в интернет-магазине: [www.chitalai-gorod.ru](http://www.chitalai-gorod.ru).**  
Телефон единой справочной службы: 8 (800) 444-8-444. Звонок по России бесплатный.

Интернет-магазин ООО «Издательство «Эксмо»

**[www.book24.ru](http://www.book24.ru)**

Розничная продажа книг с доставкой по всему миру.  
Тел.: +7 (495) 745-89-14. **E-mail:** [imarket@eksmo-sale.ru](mailto:imarket@eksmo-sale.ru)

■ **ЧИТАЙ · ГОРОД**

**book 24.ru**

Официальный  
интернет-магазин  
издательской группы  
«ЭКМО-АСТ»

# СОДЕРЖАНИЕ

---

---

<b>Введение</b> .....	<b>11</b>
<b>УРОВНИ ОРГАНИЗАЦИИ ЖИВОГО</b> .....	<b>13</b>
<b>КЛЕТКА</b> .....	<b>18</b>
ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ КЛЕТКИ.....	22
СТРОЕНИЕ ЖИВОЙ ЭУКАРИОТИЧЕСКОЙ КЛЕТКИ.....	28
ЭУКАРИОТИЧЕСКАЯ ЖИВОТНАЯ КЛЕТКА И ЕЕ ОРГАНЕЛЛЫ (СТРОЕНИЕ И ФУНКЦИИ).....	30
ОРГАНЕЛЛЫ ОБЩЕГО НАЗНАЧЕНИЯ.....	31
МЕМБРАННЫЕ ОРГАНЕЛЛЫ .....	34
СПЕЦИАЛЬНЫЕ ОРГАНЕЛЛЫ .....	37
ХРОМОСОМЫ И ЯДРЫШКИ.....	40
КАРИОТИП .....	45
ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ РАСТИТЕЛЬНОЙ КЛЕТКИ. СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАСТИТЕЛЬНОЙ И ЖИВОТНОЙ КЛЕТОК.....	46
ТРАНСПОРТ ЧЕРЕЗ МЕМБРАНУ.....	50
КЛЕТОЧНЫЙ ЦИКЛ .....	51
МИТОЗ И МЕЙОЗ.....	53
СИНТЕЗ БЕЛКА.....	60
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ОБМЕН.....	66
<b>ДЫХАНИЕ</b> .....	<b>68</b>
<b>ВИРУСЫ</b> .....	<b>73</b>
<b>ТКАНИ</b> .....	<b>77</b>

ЭПИТЕЛИАЛЬНЫЕ ТКАНИ.....	77
СОЕДИНИТЕЛЬНЫЕ И ОПОРНЫЕ ТКАНИ.....	78
Кровь.....	81
Собственно соединительные ткани.....	84
ТКАНИ	
СО СПЕЦИАЛЬНЫМИ СВОЙСТВАМИ.....	88
Жировая ткань.....	88
ОПОРНЫЕ СОЕДИНИТЕЛЬНЫЕ ТКАНИ.....	89
Хрящевая ткань.....	89
Костная ткань.....	90
МЫШЕЧНЫЕ ТКАНИ.....	94
НЕРВНАЯ ТКАНЬ.....	96
<b>ОРГАНЫ, СИСТЕМЫ И АППАРАТЫ ОРГАНОВ .....</b>	<b>102</b>
<b>ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ, РОСТА И РАЗВИТИЯ ЧЕЛОВЕКА .....</b>	<b>104</b>
<b>БИОЛОГИЧЕСКАЯ И ПСИХОСОЦИАЛЬНАЯ СУЩНОСТЬ ЧЕЛОВЕКА.....</b>	<b>109</b>
<b>ОПОРНО-ДВИГАТЕЛЬНЫЙ АППАРАТ .....</b>	<b>110</b>
ПАССИВНАЯ ЧАСТЬ	
ОПОРНО-ДВИГАТЕЛЬНОГО АППАРАТА.....	110
СКЕЛЕТ И ЕГО СОЕДИНЕНИЯ.....	116
Скелет туловища.....	118
Череп.....	122
Скелет конечностей.....	128
Кости верхней конечности.....	129
Кости нижней конечности.....	131
АКТИВНАЯ ЧАСТЬ	
ОПОРНО-ДВИГАТЕЛЬНОГО АППАРАТА.....	134
Скелетные мышцы.....	134

РАБОТОСПОСОБНОСТЬ, РАБОТА, УТОМЛЕНИЕ И ОТДЫХ .....	144
Физическая активность .....	148
<b>ВНУТРЕННИЕ ОРГАНЫ .....</b>	<b>149</b>
<b>ПИЩЕВАРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА .....</b>	<b>151</b>
ПОЛОСТЬ РТА .....	152
ГЛОТКА И ПИЩЕВОД .....	156
ЖЕЛУДОК .....	157
ТОНКАЯ КИШКА .....	158
ПЕЧЕНЬ И ЖЕЛЧНЫЙ ПУЗЫРЬ .....	161
ПОДЖЕЛУДОЧНАЯ ЖЕЛЕЗА .....	163
ФУНКЦИИ ПИЩЕВАРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ .....	165
ПИЩА .....	166
<b>ДЫХАТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА .....</b>	<b>169</b>
ГОРТАНЬ .....	169
ТРАХЕЯ И БРОНХИ .....	171
ЛЕГКИЕ .....	172
ПЛЕВРА .....	173
СРЕДОСТЕНИЕ .....	174
ФУНКЦИЯ ДЫХАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ .....	175
<b>МОЧЕПОЛОВОЙ АППАРАТ .....</b>	<b>178</b>
МОЧЕВЫЕ ОРГАНЫ .....	178
Функция почек .....	180
Физические и химические свойства мочи .....	181
<b>ПОЛОВЫЕ СИСТЕМЫ .....</b>	<b>184</b>
БИОЛОГИЧЕСКАЯ И СОЦИАЛЬНАЯ СУЩНОСТЬ ПОЛА ЧЕЛОВЕКА .....	184
МУЖСКИЕ ПОЛОВЫЕ ОРГАНЫ .....	186
Внутренние мужские половые органы .....	186

Наружные мужские половые органы .....	188
<b>ЖЕНСКИЕ ПОЛОВЫЕ ОРГАНЫ .....</b>	<b>190</b>
Внутренние женские половые органы .....	190
<i>Матка</i> .....	192
<i>Влагалище</i> .....	193
Наружные женские половые органы .....	194
<i>Молочная железа</i> .....	194
<i>Промежность</i> .....	195
<b>ПОЛОВОЕ СОЗРЕВАНИЕ .....</b>	<b>196</b>
<b>ОВАРИАЛЬНО-МЕНСТРУАЛЬНЫЙ ЦИКЛ .....</b>	<b>197</b>
<b>ГАМЕТОГЕНЕЗ.....</b>	<b>198</b>
<b>СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТАЯ СИСТЕМА.....</b>	<b>200</b>
<b>КРОВЕНОСНАЯ СИСТЕМА .....</b>	<b>200</b>
Сердце.....	204
Функции сердца.....	206
Кровоснабжение тела человека.....	207
<b>ФУНКЦИЯ</b>	
<b>СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ .....</b>	<b>212</b>
<b>РЕГУЛЯЦИЯ ФУНКЦИЙ</b>	
<b>СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ .....</b>	<b>215</b>
<b>ЛИМФАТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА .....</b>	<b>216</b>
<b>ЛИМФОИДНАЯ СИСТЕМА</b>	
<b>(ОРГАНЫ КРОВЕТВОРЕНИЯ</b>	
<b>И ИММУННОЙ СИСТЕМЫ).....</b>	<b>218</b>
<b>КОСТНЫЙ МОЗГ .....</b>	<b>221</b>
<b>ТИМУС.....</b>	<b>222</b>
<b>ЛИМФОИДНАЯ ТКАНЬ СТЕНОК</b>	
<b>ОРГАНОВ ПИЩЕВАРИТЕЛЬНОЙ</b>	
<b>И ДЫХАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМ .....</b>	<b>223</b>
<b>ЛИМФАТИЧЕСКИЕ УЗЛЫ.....</b>	<b>224</b>
<b>СЕЛЕЗЕНКА .....</b>	<b>225</b>

НЕСПЕЦИФИЧЕСКАЯ	
СОПРОТИВЛЯЕМОСТЬ ОРГАНИЗМА .....	226
ГИПОФИЗ.....	227
ЩИТОВИДНАЯ ЖЕЛЕЗА.....	228
НАДПОЧЕЧНИКИ .....	229
ПАРАЩИТОВИДНЫЕ ЖЕЛЕЗЫ.....	229
ПАНКРЕАТИЧЕСКИЕ ОСТРОВКИ.....	230
ШИШКОВИДНОЕ ТЕЛО .....	231
ЭНДОКРИННАЯ ЧАСТЬ ПОЛОВЫХ ЖЕЛЕЗ.....	231
<b>ДИФФУЗНАЯ НЕЙРОЭНДОКРИННАЯ</b>	
<b>СИСТЕМА (АРУД-СИСТЕМА) .....</b>	<b>233</b>
ЭНДОКРИННЫЕ ЖЕЛЕЗЫ .....	233
<b>НЕРВНАЯ СИСТЕМА .....</b>	<b>236</b>
<b>ЦЕНТРАЛЬНАЯ НЕРВНАЯ СИСТЕМА (ЦНС).....</b>	<b>238</b>
СПИННОЙ МОЗГ .....	238
ГОЛОВНОЙ МОЗГ .....	239
Оболочки спинного	
и головного мозга .....	249
<b>ПЕРИФЕРИЧЕСКАЯ НЕРВНАЯ СИСТЕМА.....</b>	<b>251</b>
<b>ВЕГЕТАТИВНАЯ (АВТОНОМНАЯ)</b>	
<b>НЕРВНАЯ СИСТЕМА (ВНС) .....</b>	<b>255</b>
<b>ВЫСШАЯ НЕРВНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ .....</b>	<b>260</b>
Особенности высшей	
нервной деятельности человека.....	260
Типы нервной деятельности .....	262
<b>ИНТЕГРАТИВНАЯ ФУНКЦИЯ</b>	
<b>НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ .....</b>	<b>262</b>
Ритмы мозга .....	263



Сон и бодрствование .....	264
Сознание и мышление .....	264
Членораздельная речь .....	265
Научение и память .....	265
Поведение .....	266
Мотивация .....	267
Интеллект .....	268
<b>ОРГАНЫ ЧУВСТВ.....</b>	<b>269</b>
ОРГАН ЗРЕНИЯ .....	270
ПРЕДДВЕРНО-УЛИТКОВЫЙ ОРГАН (ОРГАН СЛУХА И РАВНОВЕСИЯ).....	275
ОРГАН ОБОНЯНИЯ .....	278
ОРГАН ВКУСА .....	279
КОЖА .....	280
Кожная чувствительность.....	282
<b>РАСТЕНИЯ .....</b>	<b>285</b>
<b>НИЗШИЕ РАСТЕНИЯ .....</b>	<b>285</b>
ВОДОРΟΣЛИ.....	285
<i>Размножение водорослей.....</i>	<i>287</i>
<i>Экологические формы водорослей.....</i>	<i>290</i>
ЗНАЧЕНИЕ ВОДОРΟΣЛЕЙ .....	291
<b>ВЫСШИЕ РАСТЕНИЯ.....</b>	<b>291</b>
ТКАНИ РАСТЕНИЙ.....	296
ОРГАНЫ РАСТЕНИЙ .....	305
Корень.....	305
<i>Функции корня.....</i>	<i>310</i>
Побег .....	312
Стебель .....	315
Почка .....	317

Лист .....	318
ОТДЕЛ МОХООБРАЗНЫЕ.....	324
ОТДЕЛ ПАПОРОТНИКООБРАЗНЫХ.....	329
<i>Класс Папоротниковидные.....</i>	<i>331</i>
<i>Класс Плауновидные.....</i>	<i>333</i>
<i>Класс Клинолистовидные, или Членистые.....</i>	<i>335</i>
СЕМЕННЫЕ РАСТЕНИЯ .....	337
Отдел Голосеменных.....	338
<i>Класс Хвойные.....</i>	<i>340</i>
<i>Отдел покрытосеменных, или цветковых.....</i>	<i>346</i>
<i>Цветок.....</i>	<i>346</i>
<i>Семя.....</i>	<i>358</i>
<i>Плод.....</i>	<i>358</i>
<i>Вегетативное размножение цветковых.....</i>	<i>363</i>
<i>Классификация покрытосеменных.....</i>	<i>370</i>
ГРИБЫ .....	371
ЛИШАЙНИКИ.....	376

## **ЖИВОТНЫЕ.....379**

### **ПОДЦАРСТВО ОДНОКЛЕТОЧНЫХ, ИЛИ ПРОСТЕЙШИЕ .....379**

ТИП САРКОМАСТИГОФОРЫ.....	381
ТИП СПОРОВИКИ.....	385
ТИП ИНFUЗОРИИ, ИЛИ РЕСНИЧНЫЕ.....	389

### **ПОДЦАРСТВО МНОГОКЛЕТОЧНЫХ.....391**

ТИП КИШЕЧНОПОЛОСТНЫЕ .....	391
ТИП ПЛОСКИЕ ЧЕРВИ .....	399
ТИП КРУГЛЫЕ ЧЕРВИ .....	413
ТИП КОЛЬЧАТЫЕ ЧЕРВИ .....	419
ТИП ЧЛЕНИСТОНОГИЕ .....	425
ТИП МОЛЛЮСКИ.....	447

ТИП ХОРДОВЫЕ .....	455
ПОДТИП ПОЗВОНОЧНЫЕ, ИЛИ ЧЕРЕПНЫЕ.....	462
Класс Хрящевые рыбы .....	462
Класс Костные (Костистые) рыбы .....	473
НАДКЛАСС НАЗЕМНЫЕ ПОЗВОНОЧНЫЕ.....	481
Класс земноводные, или амфибии .....	482
Класс пресмыкающиеся, или рептилии .....	494
Класс птицы.....	500
Класс млекопитающие.....	511
<b>ГЕНЕТИКА .....</b>	<b>523</b>
Моногибридное скрещивание.....	529
Закон доминирования.....	529
Закон расщепления .....	530
Хромосомная теория наследственности.....	535
<b>ИЗМЕНЧИВОСТЬ.....</b>	<b>536</b>
<b>РАЗМНОЖЕНИЕ.....</b>	<b>539</b>
<b>СЕЛЕКЦИЯ .....</b>	<b>541</b>
<b>ЭВОЛЮЦИЯ.....</b>	<b>545</b>
<b>ЭКОЛОГИЯ.....</b>	<b>549</b>
<b>БИОСФЕРА.....</b>	<b>551</b>

## Введение

---

Биология — это совокупность наук о живой природе — о строении, развитии и многообразии живых существ, их взаимоотношениях и связях с внешней средой. Будучи единой, биология включает два основных раздела: морфологию и физиологию. Морфология изучает форму и строение живых существ; физиология — наука о жизнедеятельности организмов, процессах, протекающих в их структурных элементах, о регуляции функций. Строение всех структур неразрывно связано с их функцией. Общая биология изучает сущность жизни и ее основные проявления: клетку — элементарную единицу живого, обмен веществ и энергии, наследственность и изменчивость, размножение организмов и их развитие, взаимоотношения между человеком и окружающей средой, растениями, животными, в том числе историческое развитие живой природы с момента творения и до настоящего времени.

Жизнь — это способ существования открытой системы, которая характеризуется самовоспроизведением, регуляцией функции, способностью к восстановлению, движением, ростом и развитием. Живые организмы характеризуются рядом особенностей, каждая из которых является принципиальной и необходимой для жизни. Основные из них **Обмен веществ (метаболизм)** — совокупность последовательных химических процессов поступления веществ в организм,

их превращения, использования, накопления и удаления продуктов распада. Метаболизм включает два непрерывно протекающих процесса: анаболизм и катаболизм. *Анаболизм* — комплекс биохимических процессов поступления веществ в клетку и их усвоения, *катаболизм* — биохимические процессы, которые осуществляют распад энергонасыщенных соединений, полученных ранее благодаря питанию. В результате катаболизма выделяется энергия, которая запасается в молекулах аденозинтрифосфорной кислоты (АТФ) и затем используется для жизнедеятельности клетки. **Выделение**, или экскреция, — удаление из организма продуктов обмена веществ, которые образуются в результате расщепления любого пищевого субстрата. **Движение** является неотъемлемым свойством живого. **Раздражимость** — свойство живых организмов или отдельных клеток реагировать на изменение среды (внешней и внутренней). **Размножение** — воспроизведение себе подобных организмов, что обеспечивает непрерывность и преемственность жизни в ее видовой специфичности. Известны два основных типа размножения: половое и бесполое. **Рост** — увеличение массы и объема организма за счет веществ, поступивших в процессе питания. **Развитие** — направленный необратимый процесс качественных изменений организма.

## УРОВНИ ОРГАНИЗАЦИИ ЖИВОГО

---

---

Осуществление биологических функций происходит на разных иерархических уровнях. *Молекулярный* (молекулярно-генетический) уровень начальный. Четыре класса биологических соединений выполняют основные биологические функции: белки, нуклеиновые кислоты, углеводы и липиды. Они обязательно присутствуют в любой клетке. *Субклеточный* уровень (более высокий) охватывает процессы, происходящие в живой клетке. Биомолекулы могут самостоятельно выполнять свои функции (например, белки-ферменты) или ассоциироваться в субклеточные структуры — органеллы (мембранные и немембранные) и участвовать в их деятельности. *Клеточный* уровень представляет собой самостоятельную живую систему — клетку. Каждой клетке присущи все свойства живого (обмен веществ, раздражимость, выделение и др.). Для одноклеточных форм жизни клеточный уровень организации тождествен организменному. У многоклеточных организмов тело состоит из множества клеток, поэтому у них между клеточным и организменным уровнями имеется несколько промежуточных уровней. *Тканевый* уровень представлен клеточными ансамблями — тканями, которые имеются у многоклеточных организмов. *Органный* уровень охватывает различные органы, которые образуются из тканей. *Системный* уровень рассматривает системы органов, которые образуют органы,

Таблица 1.  
Иерархические уровни строения  
многоклеточного организма



Таблица 2. Система живой природы

Царства		Отделы, типы	Классы
<i>Надцарство неклеточные вирусы</i>			
Надцарство прокариоты		Бактерии	
		Сине-зеленые водоросли	
		Надцарство Эукариоты	
Царство растений	Низшие растения (водоросли)	Пирофитовые водоросли	
		Золотистые водоросли	Хризоподовые, хризомонадовые, хризокапсовые, хризосферовые, хризотриховые
		Диатомовые водоросли	Центрические диатомеи, пеннатные диатомеи
		Бурые водоросли	Фэозооспоровые, циклоспорные
		Красные водоросли	Бангиевые, флоридеевые
		Желто-зеленые водоросли	Ксантоподовые, ксантомонадовые, ксантокапсовые, ксантококковые, ксантотриховые, ксантосифоновые
		Зеленые водоросли	Вольвоксовые, протококковые, улотриковые, сифоновые, конъюгаты (сцеплянки)
		Харовые водоросли	Харовые
	Высшие растения	Мохообразные	Печеночники, листостебельные
		Папоротникообразные	Папоротниковидные, плауновидные, хвощевидные (членистые)
Голосеменные		Саговниковые, гнетовые, гинкговые, хвойные	
Покрывтосеменные		Двудольные, однодольные	
<i>Царство слизевки</i>			
Царство грибы		Аскомикота	
		Базидиомикота	



Царства		Отделы, типы	Классы	
		Несовершенные грибы (сборная группа)		
Царство животные	Простейшие	Саркомастигофоры	Саркодовые, жгутиковые	
		Споровики	Грегарины, кокцидисобразные	
		Книдоспоридии		
		Микроспоридии		
		Инфузории	Ресничные инфузории, сосущие инфузории	
	Фагоцителлозои	Пластинчатые		
	Паразиты	Губки	Известковые губки, стеклянные губки, обыкновенные губки	
	Эуметазои	Кишечнополостные	Гидрозои, сцифоидные медузы, коралловые полипы	
			Гребневика	Гребневика
		Плоские черви	Ресничные черви (турбеллярии), сосальщики, моногенеи, ленточные черви, цестодообразные	
		Немертины	Немертины	
		Круглые черви	Брюхопесочные черви, нематоды, киноринхи, волосатики, колывратки	
		Скребни	Скребни	
		Кольчатые черви	Многощетинковые, малощетинковые, пиявки	
		Членистоногие	Ракообразные, многоножки, насекомые, мечехвосты, паукообразные	
		Моллюски	Пандирные (хитоны), беспандирные, моноплакофоры, брюхоногие, двустворчатые, лопатоногие, головоногие	
		Онихофоры	Первичнотрахейные	
		Щупальцевые	Мшанки, плеченогие, форониды	
		Иглокожие	Морские звезды, морские ежи, голотурии, офиуры, морские лилии	
Полухордовые		Кишечнодышащие, крыложаберные		
Погонофоры		Погонофоры		

выполняющие сообща какую-то большую функцию. Совокупность систем образует многоклеточный

Царства		Отделы, типы	Классы
		Щетинкочелюстные	Щетинкочелюстные
		Хордовые	Аппендикулярии, асцидии, сальпы, головохордовые (ланцетник), круглоротые, хрящевые рыбы, костные рыбы, земноводные, рептилии, птицы, млекопитающие

организм (*организменный уровень*). Организм целостен, но построен по иерархическому принципу (табл. 1).

*Популяционный* уровень, так же как и все последующие, является надорганизменным, поскольку охватывает не одну особь, а группу. Популяция способна обеспечить размножение особей и преемственность видовых особенностей. *Видовой* уровень охватывает все популяции того или иного вида, которые заселяют всю территорию ареала. *Биоценотический* уровень рассматривает взаимоотношения между организмами, которые обитают на одной территории. *Биосферный* уровень — самый крупный. Он включает в себя совокупность всех организмов, обитающих на Земле. Современная система живых организмов представлена в табл. 2.

# КЛЕТКА

---

Клетка является элементарной единицей живого, поэтому ей присущи все свойства живых организмов: высокоупорядоченное строение, получение энергии извне и ее использование для выполнения работы и поддержания упорядоченности, обмен веществ, активная реакция на раздражения, рост, развитие, размножение, удвоение и передача биологической информации потомкам, регенерация (восстановление поврежденных структур), адаптация к окружающей среде. *Клеточная теория* в современной интерпретации включает следующие главные положения: клетка является универсальной элементарной единицей живого; клетки всех организмов принципиально сходны по своему строению, функции и химическому составу; клетки размножаются только путем деления исходной клетки; многоклеточные организмы являются сложными клеточными ансамблями, образующими целостные системы.

Существуют два основных типа клеток: *эукариотические клетки* (растения, животные и некоторые простейшие водоросли, грибы и лишайники) и *прокариотические клетки* (сине-зеленые водоросли, актиномицеты, бактерии, спирохеты, микоплазмы, риккетсии, хламидии). В отличие от прокариотической, эукариотическая клетка имеет ядро, ограниченное двойной ядерной мембраной, и большое количество мембранных органелл (табл. 3).

Таблица 3. Сравнительная характеристика прокариотической и эукариотической клеток

Признаки	Прокариоты	Эукариоты
Размер клеток	1–10 мкм	10–100 мкм
ДНК	Кольцевая	Не кольцевая, очень длинная, окружена ядерной оболочкой
Синтез РНК и белка	И то и другое — в цитоплазме	Синтез и процессинг РНК — в ядре, белка — в цитоплазме
Органеллы	Нет или мало	Многочисленные разнообразные
Цитоскелет	Нет	Есть
Эндо- и экзоситоз	Нет	Есть
Митохондрии	Нет	Есть
Эндоплазматическая сеть	Нет	Есть
Комплекс Гольджи	Нет	Есть
Рибосомы	Есть: 70 S	Есть: 70 S в митохондриях, 80 S в цитоплазме
Лизосомы	Нет	Есть
Внутриклеточное переваривание	Нет	Есть
Деление клеток	Бинарное	Митоз (предшественник половых клеток — мейоз)
Рибосомы	Имеются — 70 S	Имеются — 80 S (в цитоплазме), 70 S (в органеллах)

**ПЛАЗМОЛЕММА.** Слои: наружный, промежуточный, внутренний. Структуры, в образовании

Признаки	Прокариоты	Эукариоты
Клеточная стенка	Имеется, состоит из аминокислот и мурамидной кислоты	Отсутствует у животных клеток, у растительных клеток состоит главным образом из целлюлозы
Капсула	Если имеется, то состоит из мукополисахаридов	Отсутствует
Вакуоли	Отсутствуют	Имеются (особенно у растительных клеток)
Энергетический обмен	Аэробный или анаэробный	Аэробный
Фотосинтетический аппарат	Мембраны с хлорофиллом и фикоцианином у сине-зеленых водорослей и с бактериохлорофиллом у некоторых бактерий	Хлоропласты, содержащие хлорофиллы А и В, собранные в стопки (у растений)
Жгутики	Имеются у некоторых видов, но лишены структуры (9 + 2)	Имеются у некоторых видов и обладают структурой (9 + 2)
Цитоскелет	Отсутствует	Имеется
Амебоидное движение	Отсутствует	Имеется
Ток цитоплазмы	Отсутствует	Самостоятельный
Внутриклеточное пищеварение	Отсутствует	Имеется

которых участвует плазмолемма: клеточные отростки, микроворсинки, реснички, жгутики. **Межклеточные соединения:** простые, зубчатые, пальцевидные, сложные, пятно сцепления (десмосома), поясок сцепления

Признаки	Прокариоты	Эукариоты
Плазматические мембраны	Есть	Есть
Функции мембраны	Транспортная, защитная, разграничительная, рецепторная, участие в иммунных процессах, обеспечение поверхностных свойств клетки	
	Локализация ферментов цепи переноса электронов и окислительного фосфоримирования, синтезкомпонентов клеточной стенки и капсулы. У фотосинтезирующих организмов фотосинтез	

(лентовидная десмосома), полудесмосома, запирающая зона (плотное соединение), нексус (щелевидное соединение), синапс.

### **ЦИТОПЛАЗМА. Гиалоплазма (цитозоль).**

**Органеллы:** мембранные, комплекс Гольджи, эндоплазматическая сеть гранулярная (зернистая, шероховатая) и агранулярная (незернистая, гладкая). **Лизосомы:** первичная, фаголизосома, аутофагосома, остаточное тельце, мультивезикулярное тельце, пероксисомы, окаймленные, пузырьки, меланосомы. **Немембранные:** свободные рибосомы и полирибосомы, клеточный центр, центриоли, цитоскелет (фибрилярные структуры, опорный аппарат клетки), микротрубочки, промежуточные, филаменты, микрофиламенты, микрофибриллы. **Включения:** гранулы, гликогена, белковые, пигментные,

меланиновые, секреторные, капли жира (адипосомы), кристаллоидные.

**ЯДРО. Ядерная оболочка (кариотека):** наружная мембрана, внутренняя мембрана, перинуклеарное пространство, комплекс поры. **Нуклеоплазма:** ядерная ламина, фибриллярная (нитчатая), гранулярная (зернистая). **Ядрышко:** главное, добавочное. **Хромосомы:** хроматин, эухроматин, гетерохроматин, тельце полового хроматина, гранула хроматина.

## ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ КЛЕТКИ

В состав клетки входит более 100 химических элементов, на долю четырех из которых приходится около 98% массы — это *органогены*: кислород (65—75%), углерод (15—18%), водород (8—10%) и азот (1,5—3,0%). Остальные элементы подразделяются на три группы: *макроэлементы* (их содержание в организме превышает 0,01%); *микроэлементы* (0,00001—0,01%) и *ультрамикроэлементы* (менее 0,00001). К *макроэлементам* относятся сера, фосфор, хлор, калий, натрий, магний, кальций. К *микроэлементам* — железо, цинк, медь, йод, фтор, алюминий, медь, марганец, кобальт и др. К *ультрамикроэлементам* — селен, ванадий, кремний, никель, литий, серебро и др. Несмотря на очень малое содержание, микроэлементы и ультрамикроэлементы играют очень важную роль. Они влияют на обмен веществ, без них невозможна нормальная жизнедеятельность каждой клетки и организма как целого.

Клетка состоит из неорганических и органических веществ. Среди неорганических наибольшее количество воды. Относительное количество воды в клетке составляет от 70 до 80%. Вода — универсальный растворитель, в ней происходят все биохимические реакции в клетке. При участии воды осуществляется теплорегуляция. Вещества, растворяющиеся в воде (соли, основания, кислоты, белки, углеводы, спирты и др.), называются гидрофильными. Гидрофобные вещества (жиры и жироподобные) не растворяются в воде. Другие неорганические вещества (соли, кислоты, основания, положительные и отрицательные ионы) составляют от 1,0 до 1,5%.

Среди органических веществ преобладают белки (10—20%), жиры, или липиды (1—5%), углеводы (0,2—2,0%), нуклеиновые кислоты (1—2%). Содержание низкомолекулярных веществ не превышает 0,5%. Молекула **белка** является полимером, который состоит из большого количества повторяющихся единиц мономеров. Мономеры белка — аминокислоты (их 20), соединены между собой пептидными связями, образуя полипептидную цепь (первичную структуру белка). Она закручивается в спираль, в результате чего возникает вторичная структура белка. Благодаря определенной пространственной ориентации полипептидной цепи образуется третичная структура белка, которая определяет специфичность и биологическую активность молекулы белка. Несколько третичных структур, объединяясь между собой, формируют четвертичную структуру белка (рис. 1). Функция белков:



каталитическая (ферменты), регуляторная (гормоны), двигательная (сократительные белки), транспортная (белки-переносчики, гемоглобин), защитная (антитела), сигнальная (восприятие раздражений), пластическая (строительная), энергетическая (один из источников энергии).

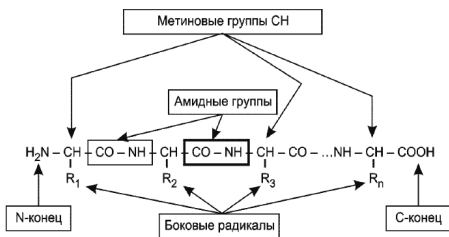


Рисунок 1. Фрагмент полипептида

**Углеводы** подразделяются на моносахариды и полисахариды. Последние построены из моносахаридов, являющихся, подобно аминокислотам, мономерами. Среди моносахаридов в клетке наиболее важны глюкоза, фруктоза (содержат по шесть атомов углерода) и пентоза (пять атомов углерода). Пентозы входят в состав нуклеиновых кислот. Моносахариды хорошо растворяются в воде, полисахариды (в животных клетках — гликоген, в растительных — крахмал и целлюлоза) плохо растворяются в воде. Углеводы являются источниками энергии, сложные углеводы, соединенные с белками (гликопротеиды), жирами

(гликолипиды), участвуют в образовании клеточных поверхностей и взаимодействиях клеток.

**К липидам** относятся жиры и жироподобные вещества. Молекулы жиров построены из глицерина и жирных кислот. К жироподобным веществам относятся холестерин, некоторые гормоны, лецитин (например, половые — тестостерон, эстрогены, кортикостероиды). Липиды, являющиеся основным компонентом клеточных мембран (они описаны ниже), выполняют тем самым строительную функцию. Липиды — важнейшие источники энергии. Так, если при полном окислении 1 г белка или углеводов освобождается 17,6 кДж энергии, то при полном окислении 1 г жира — 38,9 кДж. Липиды осуществляют терморегуляцию, защищают органы (жировые капсулы).

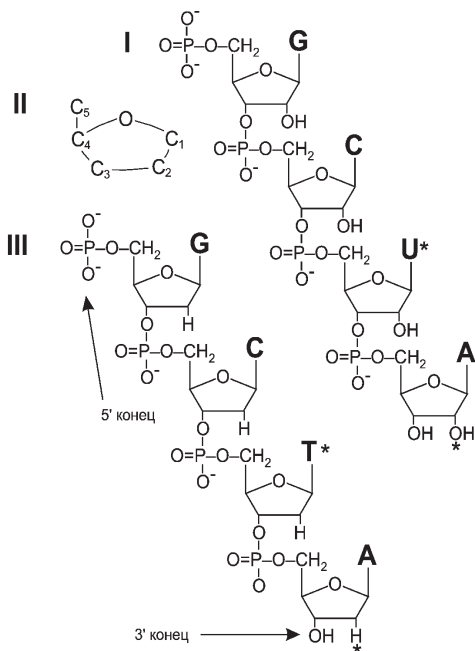
**Нуклеиновые кислоты** являются полимерными молекулами, образованными мономерами — нуклеотидами. Нуклеотид состоит из пуринового или пиримидинового основания, сахара (пентозы) и остатка фосфорной кислоты. Во всех клетках существуют два типа нуклеиновых кислот: дезоксирибонуклеиновая

Таблица 4. Сравнительная характеристика ДНК и РНК

Признаки	ДНК	РНК
Расположение в клетке	Ядро, митохондрии, хлоропласты	Ядро, цитоплазма, рибосомы, митохондрии, хлоропласты
Расположение в ядре	Хроматин (хромосомы)	Ядрышко

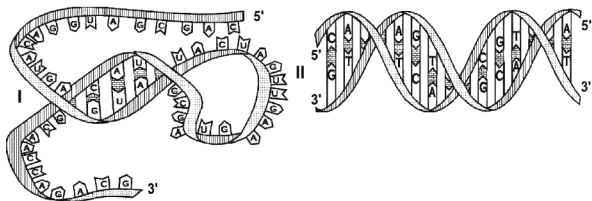
<b>Признаки</b>	<b>ДНК</b>	<b>РНК</b>
Строение	Две полинуклеотидные цепи, закрученные одна вокруг другой в виде правозакрученной двойной спирали. Основания расположены внутри двойной цепи, сахаро-фосфатный скелет — снаружи	Одна полинуклеотидная цепь
<b>Химический состав</b>		
Сахар	Дезоксирибоза	Рибоза
Пуриновые основания	Аденин (А)	Аденин (А), Гуанин (Г)
Пирамидино-вые основания	Цитозин (С), Тимин (Т) Количество А (30%) = количеству Т, количество Г (20%) = количеству С	Цитозин (Ц), Урацил (У)
<b>Остаток фосфорной кислоты</b>		
Мономеры	Дезоксирибонуклеотиды Адениловый (А), Гуаниловый (Г), Тамидиловый (Т), Цитидиловый (С)	Рибонуклеотиды Адениловый (А), Гуаниловый (Г), Уридиловый (У), Цитидиловый (С)
Свойства	Самоудвоение по принципу комплементарности: А=Т, Т=А, Г↔С, С↔Г	Не способна к самоудвоению. 3 типа: информационная (мРНК) транспортная (тРНК) рибосомальная (рРНК)
Функции	Хранение наследственной информации, передача наследственной информации следующим поколениям. Передача генетической информации из ядра в цитоплазме о структуре белков. Синтез ДНК (самоудвоение)	мРНК — передача информации о структуре ДНК к рибосоме тРНК — перенос аминокислот в рибосому. рРНК — образование рибосом

(ДНК) и рибонуклеиновая (РНК), которые отличаются по составу оснований и сахаров (табл. 4, рис. 2, 3)



I – РНК; II – нумерация атомов углерода в цикле пентозы; III – ДНК.  
 Звездочкой (\*) отмечены различия в строении ДНК и РНК. Валентные связи показаны упрощенно: А – аденин; Т – тимин; С – цитозин;  
 Г – гуанин; У – урацил

Рисунок 2. Строение молекул нуклеиновых кислот



I — РНК; II — ДНК; ленты — сахарофосфатные остовы;  
 А, С, G, Т, U — азотистые основания, решетки между ними — водородные связи  
 (по Албертсу и соавт., с изменениями)

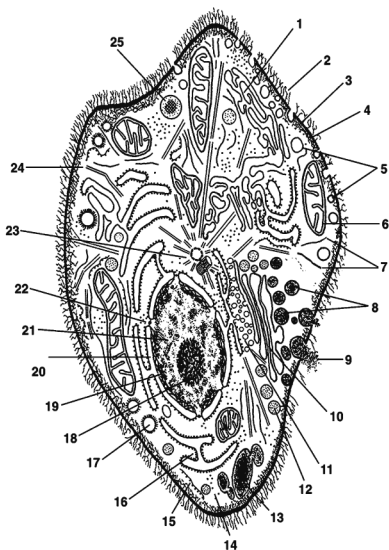
Рисунок 3.

Пространственная структура нуклеиновых кислот

## СТРОЕНИЕ ЖИВОЙ ЭУКАРИОТИЧЕСКОЙ КЛЕТКИ

Для всех эукариотических клеток типично наличие цитоплазмы и ядра (рис. 4).

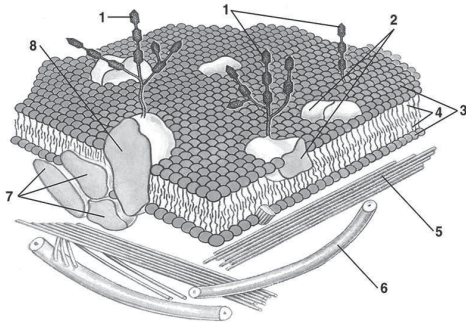
Цитоплазма включает в себя гиалоплазму, органеллы общего назначения, имеющиеся во всех клетках, и органеллы специального назначения, которые есть лишь в определенных клетках и выполняют специальные функции. В клетках встречаются также временные клеточные структуры — включения. Снаружи каждая клетка покрыта **плазматической мембраной (плазмалеммой)** толщиной 9—10 нм, ограничивающей клетку от внеклеточной среды. Она выполняет следующие функции: транспортную, защитную, разграничительную,



- 1 — агранулярная (гладкая) эндоплазматическая сеть;  
 2 — гликокаликс; 3 — плазмалемма; 4 — кортикальный слой  
 цитоплазмы; 2+3+4 = поверхностный комплекс клетки;  
 5 — пиноцитозные пузырьки; 6 — митохондрия; 7 — промежуточные  
 филаменты; 8 — секреторные гранулы; 9 — выделение секрета;  
 10 — комплекс Гольджи; 11 — транспортные пузырьки; 12 — лизосомы;  
 13 — фагосома; 14 — свободные рибосомы; 15 — полирибосома;  
 16 — гранулярная эндоплазматическая сеть; 17 — окаймленный  
 пузырек; 18 — ядрышко; 19 — ядерная ламина; 20 — перинуклеарное  
 пространство, ограниченное наружной и внутренней мембранами  
 кариотеки; 21 — хроматин; 22 — поровый комплекс; 23 — клеточный  
 центр; 24 — микротрубочка; 25 — пероксисома

Рисунок 4. Основные структуры животной клетки

рецепторную — восприятия сигналов внешней (для клетки) среды, участие в иммунных процессах, обеспечение поверхностных свойств клетки (рис. 5).



- 1 — гликопротеины; 2 — периферические белки; 3 — гидрофильные головки фосфолипидов; 4 — гидрофобные хвосты фосфолипидов; 5 — микрофиламенты; 6 — микротрубочки; 7 — субмембранные белки; 8 — трансмембранный (интегральный) белок (по Хэму и Кормаку, с изменениями)

Рисунок 5. Поверхностный комплекс

## ЗУКАРИОТИЧЕСКАЯ ЖИВОТНАЯ КЛЕТКА И ЕЕ ОРГАНЕЛЛЫ (СТРОЕНИЕ И ФУНКЦИИ)

**Плазмолемма. Строение.** Два слоя амфипатических молекул (молекулы, часть которой гидрофильная, другая — гидрофобная); липидов, (билипидный

слой), гидрофильные головки направлены к наружной и внутренней сторонам плазмолеммы, гидрофобные хвосты обращены друг к другу. В билипидный слой погружены молекулы белка (амфипатические). Толщина плазмолеммы — около 10 нм. **Функция.** Барьерная, транспортная, клеточные взаимодействия, рецепторная, передача информации в клетку. **Гликокаликс. Строение.** Совокупность молекул гликопротеинов, липопротеинов, полисахаридов, связанных с белками мембраны. Многие из молекул являются рецепторами. **Функция.** Рецепторная. **Межклеточные соединения. Строение.** Соединения между плазмолеммами соседних клеток. **Микроворсинки. Строение.** Пальцевидные выросты клетки, покрытые плазмолеммой длиной 1—2 мкм, диаметром до 0,01 мкм. **Функция.** Всасывательная. Увеличение клеточной поверхности. **Стереоцилин. Строение.** Особо крупные микроворсинки, длиной до 7 мкм специализированных нейросенсорных клеток органа слуха и равновесия. **Функция.** Возбуждение клетки. **Гиалоплазма. Строение.** Коллоид, состоящий из воды, ионов, молекул органических веществ. **Функция.** В гиалоплазме протекают многие биохимические реакции.

## ОРГАНЕЛЛЫ ОБЩЕГО НАЗНАЧЕНИЯ

**Цитоскелет. Микротрубочка. Строение.** Полый цилиндр диаметром 20—30 нм состоит из 13 нитей, образованных белком тубулином, скрученных по спирали одна над другой. **Функция.** В неделящейся клетке опорная



(структуры цитоскелета), обеспечение внутриклеточного активного транспорта. В делящейся клетке формируют веретено деления.

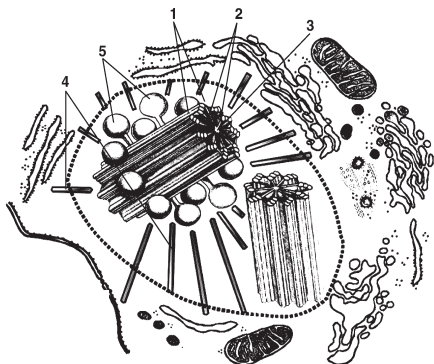
**Промежуточные филаменты. Строение.** Длинные тканеспецифические белковые молекулы толщиной 8—10 нм (в эпителии кератин, в клетках соединительной ткани виментин). **Функция.** Опорная или структурная.

**Микрофиламенты. Строение.** Белковые нити (толщиной около 4 нм), образованные молекулами актинов и др. белков (тропонины и тропомиозин). **Функция.** Движение, построение цитоскелета.

**Клеточный центр (рис. 6). Строение.** Две центриоли, расположенные перпендикулярно друг к другу, и центросфера. **Функция.** В неделящейся клетке одна пара центриолит.

**Центриоль (С). Строение.** Цилиндр, образованный 9 триплетами микротрубочек. Материнская С. окружена электронно-плотным ободком, образованным шаровидными сателлитами. Дочерняя С., образуемая вследствие удвоения материнской, лишена сателлитов. **Функция.** Дупликация при подготовке клетки к делению, каждая центриоль является матрицей, перпендикулярно к которой образуется новая центриоль путем полимеризации тубулина. Участие в образовании базальных телец ресничек и жгутиков, сборке микротрубочек, образовании митотического веретена.

**Центросфера. Строение.** Участок более светлой цитоплазмы не делящейся клетки вблизи ядра, где расположены сателлиты, от которых радикально



1 — триплеты микротрубочек; 2 — радиальные спицы;  
 3 — центральная структура «колеса телеги»;  
 4 — микротрубочки; 5 — сателлиты (по Крстичу, с изменениями)

## Рисунок 6. Клеточный центр

расходятся микротрубочки, отходящие от сателлитов. Она образует вокруг центриолей лучистую сферу.

**Рибосомы. Строение.** Состоят из двух субъединиц: большой (28S) и малой (18S), каждая — комплекс рРНК и белка. **Функция.** Синтез белков.

**Свободные. Строение.** Расположены в гиалоплазме поодиночке или группами (полирибосомы). **Функция.** Синтез белков, необходимых для жизнедеятельности самой клетки.

**Прикрепленные. Строение.** Прикреплены к наружной поверхности мембран эндоплазматической сети.

**Функция.** Синтез белков, которые выводятся из клетки, синтез белков мембран и лизосом.

## МЕМБРАННЫЕ ОРГАНЕЛЛЫ

Ограничены от гиалоплазмы мембраной, при этом цитоплазма оказывается разделенной на отдельные компартменты. Наличие компартментов — важная особенность эукариотической клетки.

**Эндоплазматическая сеть, эндоплазматический ретикулум (ЭР). Строение.** Единый непрерывный компартмент, ограниченный мембраной, образующий множество складок и инвагинацией. На электронограммах выглядит в виде множества пузырьков, трубочек, цистерн. **Функция.** Первичные синтезы различных веществ на наружной поверхности мембран. Затем вещества переносятся через мембрану внутрь компартмента и транспортируются к комплексу Гольджи в мембранных пузырьках.

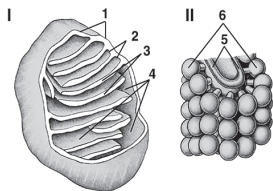
**Гранулярный ЭР. Строение.** Наружная поверхность мембраны покрыта рибосомами. **Функция.** Синтез белков.

**Агранулярный. Строение.** Поверхность лишена рибосом. **Функция.** Синтез углеводов (в том числе гликогена) и липидов (в том числе холестерина), стероидных гормонов. Депо ионов кальция. Детоксикация гепатоцитов.

**Комплекс Гольджи (КГ). Строение.** Совокупность мембранных цистерн, пузырьков, вакуолей. Основной элемент — диктиосома, состоящая из четырех уплощенных

цистерн, пронизанных парами. Диктиосомы связаны между собой каналами. От цистерн отщепляются пузырьки, содержащие различные вещества. **Функция.** Модификация, накопление, упаковки в мембраны, транспортировка веществ, синтезируемых в эндоплазматической сети и их выведение из клетки с помощью пузырьков КГ. Синтез полисахаридов и образование белково-углеводных комплексов. Сборка мембран из веществ, поступающих из ЭПС.

**Митохондрии (М)** (рис. 7). **Строение.** Двухмембранная органелла длиной 0,3—5, шириной 0,2—1 мкм. Между наружной и внутренней мембранами расположено межмембранное пространство. Внутренняя мембрана образует многочисленные складки (кристы), на которых находятся грибовидные частицы. М. обладает собственными ДНК, РНК и рибосомами, отличающимися от таковых в самой клетке. Митохондриальный геном наследуется от матери. М. размножаются бинарным



- I — общая схема строения:  
 1 — наружная мембрана;  
 2 — внутренняя мембрана;  
 3 — кристы; 4 — матрикс;  
 II — схема строения кристы:  
 5 — складка внутренней мембраны; 6 — грибовидные тельца (по Албертсу и соавт. и по де Дюву, с изменениями)

Рисунок 7. Митохондрия

делением. **Функция.** «Энергетические станции клетки». Участие в процессах аэробного клеточного дыхания, преобразование энергии в форму, доступную для использования другими структурами клетки, запасание энергии в молекулах АТФ. В грибовидных частицах содержатся ферменты, обеспечивающие синтез и распад АТФ.

**Лизосомы (Л).** **Строение.** Мембранные пузырьки диаметром 0,4—0,5 мкм, содержащие около 50 видов гидролитических ферментов в неактивном состоянии (рН лизосом 3,5—5,0). Молекулы ферментов синтезируются на рибосомах гранулярного ЭР, откуда переносятся в КГ, где модифицируются. **Функция.** Внутриклеточный лизис высокомолекулярных соединений и частиц, в том числе и собственных разрушенных органелл и включений.

**Первичные Л. Вторичные Л.** **Строение.** Отпочковываются от КГ. Образуются в результате слияния первичной Л. с фагосомой (фагоцитированная частичка, заключенная в мембрану). *Остаточные тельца* (включения). **Строение.** Непереваренные вещества, окруженные мембраной. *Аутофагосома.* **Строение.** Поврежденная органелла или ее участок, слившаяся с Л. **Функция.** Лизис клеточных структур. **Пероксисомы.** **Строение.** Мембранные пузырьки диаметром 0,2—0,5 мкм, содержащие ферменты обмена перекисных соединений. **Функция.** Нейтрализация некоторых токсических соединений (например, этанола), образование и распад  $H_2O_2$ , распад жирных кислот.

## СПЕЦИАЛЬНЫЕ ОРГАНЕЛЛЫ

**Ресничка (производное клеточного центра). Строение.** Вырост клетки, покрытый плазмолеммой. У основания реснички расположено базальное тельце, образованное 9 триплетами микротрубочек, центральный белковый цилиндр. Реснички образованы 9 дуплетами микротрубочек, окружающих центральную капсулу, в которой проходят 2 центральные одиночные микротрубочки. **Функция.** Все реснички клетки совершают координированные колебательные движения.

**Жгутик (сперматозоида). Строение.** Напоминает ресничку, но он длиннее. **Функция.** Движение. Ядро (имеется только у эукариот).

**Ядерная оболочка. Строение.** Образована наружной и внутренней ядерной мембранами, между которыми находится перинуклеарное пространство, которое сообщается с полостями ЭР. Наружная мембрана покрыта рибосомами. **Функция.** Отделяют ядро от цитоплазмы.

**Ядерная пора. Комплекс ядерной поры. Строение.** Местами внутренняя и наружная ядерные мембраны сливаются, образуя поры, которые не зияют, а закрыты диафрагмами (между краями поры располагаются белковые молекулы, образующие комплекс коры). **Функция.** Избирательный транспорт молекул и частиц из ядра в цитоплазму.

**Ядерная ламина. Строение.** Многочисленные филаменты, связанные с внутренней поверхностью ядерной оболочки. **Функция.** Поддержание формы ядра.

**Нуклеоплазма. Строение.** Коллоид, содержащий множество ферментов и хроматин. **Функция.** Транспорт различных молекул.

**Хроматин (неделяющегося ядра). Строение.** Совокупность всех интерфазных хромосом (ДНК в комплексе с белками). Виден после фиксации и обработки тканей для микроскопии. Гетерохроматин (конденсированный (электронноплотный), эухроматин (деконденсированный светлый)).

**Хромосомыделяющегося ядра (X). Строение.** Хроматин неделяющегося ядра при делении ядра спирализуется, компактизируется, становятся различными X, образованные одной молекулой ДНК, ассоциированной с белками — гистонами, в результате образуется дезоксиноклеопроteid (ДНП). Вдоль всей длины молекулы линейно расположены гены. X-удлиненные палочковидные структуры, имеющие 2 плеча, разделенных центромерой. **Функция.** Хранители генетической информации. Синтез РНК. Ведущие компоненты клетки в регуляции всех метаболических процессов.

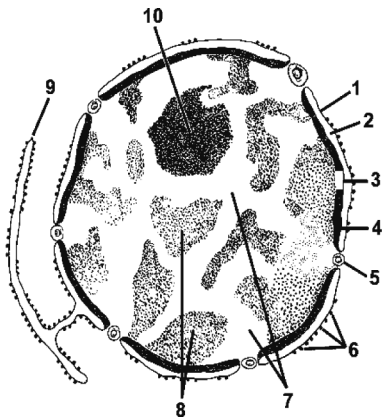
**Метафазная X. Строение.** Состоит из двух сестринских хроматид, соединенных центромерой.

**Хроматида. Строение.** Одна из двух молекул ДНК, образующихся при репликации в интерфазе митоза и мейоза.

**Гомологичные X. Строение.** В соматических клетках имеются по 2 копии каждой X, одинаковые по форме, длине, строению, несут одни и те же гены, локализованные одинаково.

**Хромосома половая. Строение.** X., ответственная за пол будущего человека у женщин 2 половые X. (XX). У мужчин — одна X и одна Y.

**Ядрышко (Я) — производная хроматина. Строение.** Плотная сферическая структура, расположенная в ядре



- 1 — наружная мембрана кариотеки (наружная ядерная мембрана);  
 2 — перинуклеарное пространство;  
 3 — внутренняя мембрана кариотеки (внутренняя ядерная мембрана);  
 4 — ядерная ламина; 5 — поровый комплекс; 6 — рибосомы;  
 7 — нуклеоплазма (ядерный сок); 8 — хроматин; 9 — цистерна гранулярной  
 эндоплазматической сети; 10 — ядрышко  
 (по Албертсу и соавт., с изменениями)

## Рисунок 8. Ядро клетки

и исчезающая в процессе деления клетки. В состав Я. входит РНК, участвующая в синтезе рибосом. Я. формируется из ядрышковых организаторов — участков хромосом, на которых происходит транскрипция рРНК. **Функция.** Синтез рРНК и сборка отдельных субъединиц хромосом (рис. 8).

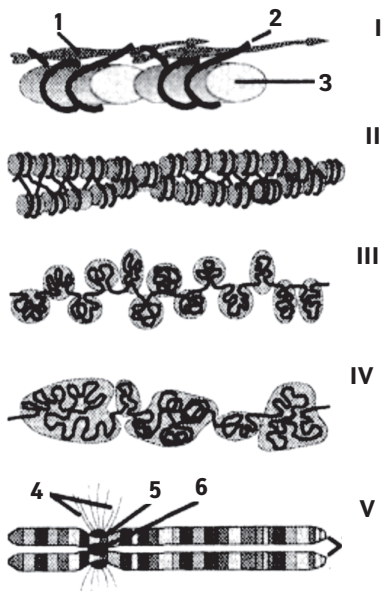


## ХРОМОСОМЫ И ЯДРЫШКИ

В хромосоме (рис. 9) молекула ДНК (см. рис. 1 и 2) упакована компактно. Так, информация, заложенная в последовательности 1 млн нуклеотидов при линейном расположении, заняла бы отрезок длиной 0,34 мм. В результате компактизации она занимает объем 10—15 см<sup>3</sup>. Длина одной хромосомы человека в растянутом виде около 5 см, длина всех хромосом около 170 см, а их масса  $6 \cdot 10^{12}$  г. ДНК ассоциирована с белками-гистонами, в результате чего образуются *нуклеосомы*, являющиеся структурными единицами хроматина. Нуклеосомы, напоминающие бусины диаметром 10 нм, состоят из 8 молекул гистонов (по две молекулы гистонов H2A, H2B, H3 и H4), вокруг которых закручен участок ДНК, включающий 146 пар нуклеотидов. Между нуклеосомами располагаются линкерные участки ДНК, состоящие из 60 пар нуклеотидов, а гистон H1 обеспечивает взаимный контакт соседних нуклеосом. Нуклеосомы — это лишь первый уровень укладки ДНК.

Хроматин представлен в виде фибрилл толщиной около 30 нм, которые образуют петли длиной около 0,4 мкм каждая, содержащие от 20 000 до 30 000 пар нуклеотидов, которые, в свою очередь, еще больше компактизируются, так что метафазная хромосома имеет средние размеры 5х1,4 мкм.

В результате суперспирализации ДНП в делящемся ядре хромосомы (греч. *chroma* — краска, *soma* — тело) становятся видимыми при увеличении светового микроскопа. Каждая хромосома образована



I – нуклеосомная нить, II – хроматиновая фибрилла, III – серия петельных доменов, IV – конденсированный хроматин в составе петельного домена, V – метафазная хромосома; 1 – гистон H1, 2 – ДНК, 3 – прочие пистоны, 4 – микротрубочки ахроматинового веретена, 5 – кинетохор, 6 – центромера, 7 – хроматиды (по Б. Албертсу и соавт., с изменениями и дополнениями)

Рисунок 9. Уровни упаковки ДНК в хромосоме

одной длинной молекулой ДНП. Они представляют собой удлинённые палочковидные структуры, имеющие два плеча, разделённые центромерой. В зависимости от её расположения и взаимного расположения плеч выделяют три типа хромосом: метацентрические, имеющие примерно одинаковые плечи; акроцентрические, имеющие одно очень короткое и одно длинное плечо; субметацентрические, у которых одно длинное и одно более короткое плечо. Некоторые акроцентрические хромосомы имеют спутников (сателлитов) — мелкие участки короткого плеча, соединённые с ним тонким неокрашивающимся фрагментом (вторичная перетяжка). В хромосоме имеются эу- и гетерохроматиновые участки. Последние в неделящемся ядре (вне митоза) остаются компактными. Чередование эу- и гетерохроматиновых участков используют для идентификации хромосом.

*Метафазная хромосома* состоит из двух соединённых центромерой сестринских хроматид, каждая из которых содержит одну молекулу ДНП, уложенную в виде суперспирали. При спирализации участки эу- и гетерохроматина укладываются закономерным образом, так что по протяжению хроматид образуются чередующиеся поперечные полосы. Их выявляют при помощи специальных окрасок. Поверхность хромосом покрыта различными молекулами, главным образом рибонуклеопротеинами (РНП). В соматических клетках имеются по две копии каждой хромосомы, их называют гомологичными. Они одинаковы по длине, форме, строению, расположению полос, несут

одни и те же гены, которые локализованы одинаково. Гомологичные хромосомы могут различаться аллелями генов, содержащихся в них. *Ген* — это участок молекулы ДНК, на котором синтезируется активная молекула РНК (см. раздел «Синтез белков»). Гены, входящие в состав хромосом человека, могут содержать до 2 млн пар нуклеотидов.

*Хромосомы представляют собой двойные цепи ДНК, окруженные сложной системой белков.* С одними участками ДНК связаны гистоны. Они могут прикрывать их или освобождать. В первом случае данная область хромосомы не способна синтезировать РНК, во втором синтез происходит. Это один из способов регуляции функциональной активности клетки путем дерепрессии и репрессии генов. Существуют и иные способы такого управления.

Некоторые участки хромосом остаются окруженными белками постоянно и в данной клетке никогда не участвуют в синтезе РНК (блокированные). Обычно такие участки очень сильно спирализуются и покрываются не только гистонами, но и другими белками с более крупными молекулами. Деспирализованные активные участки хромосом не видны под микроскопом. Такие участки относят к *эухроматину*. Неактивные сильно спирализованные комплексы ДНК и высокомолекулярных белков выделяются при окрасах в виде глыбок *гетерохроматина*. Хромосомы фиксированы на внутренней поверхности ядерной оболочки к ядерной ламине. Хромосомы в функционирующей клетке обеспечивают синтез РНК,

необходимых для последующего синтеза белков. При этом осуществляется считывание генетической информации — ее транскрипция. Не вся хромосома принимает в ней непосредственное участие.

Разные участки хромосом обеспечивают синтез различных РНК. Особенно выделяются участки, синтезирующие рибосомные РНК (рРНК); ими обладают не все хромосомы. Эти участки называют *ядрышковыми организаторами*. Ядрышковые организаторы образуют петли. Верхушки петель разных хромосом тяготеют друг к другу и встречаются вместе. Таким образом формируется структура ядра, именуемая *ядрышком*. В нем различают три компонента. Слабоокрашенный компонент соответствует петлям хромосом, фибриллярный — транскрибированной рРНК и глобулярный — предшественникам рибосом. Ядрышки видны и в световом микроскопе. В зависимости от функциональной активности клетки в образование ядрышка включаются то меньшие, то большие участки организаторов. Иногда их группировка может совершаться не в одном, а в нескольких местах. В этих случаях в клетке обнаруживается несколько ядрышек. Области, в которых ядрышковые организаторы активны, выявляют не только на электронномикроскопическом уровне, но и светоптически при специальной обработке препаратов (особые методы импрегнации серебром). От ядрышка предшественники рибосом перемещаются к поровым комплексам. При прохождении пор происходит дальнейшее формирование рибосом.

*Хромосомы являются ведущими компонентами клетки в регуляции всех обменных процессов: любые метаболические реакции возможны, только с участием ферментов, ферменты же всегда белки, белки синтезируются только с участием РНК.* Хромосомы являются и хранителями наследственных свойств организма. Именно *последовательность нуклеотидов в цепях ДНК определяет генетический код.* Совокупность всей генетической информации, хранящейся в хромосомах, называют геномом. При подготовке клетки к делению геном удваивается, а при самом делении поровну распределяется между дочерними клетками. Все проблемы, связанные с организацией генома и закономерностями передачи наследственной информации, излагаются в курсе генетики.

## КАРИОТИП

Метафазное ядро можно выделить из клетки, раздвинуть хромосомы, сосчитать их и изучить их форму. Клетки особей каждого биологического вида имеют одинаковое количество хромосом. Каждая хромосома во время метафазы имеет свои особенности строения. Совокупность этих особенностей обозначается понятием «**кариотип**». Знание нормального кариотипа необходимо, чтобы выявлять возможные отклонения. Такие отклонения всегда служат источником наследственных заболеваний. Нормальный кариотип (набор хромосом) (греч. *кагуон* — ядро ореха, *тырос* — образец) человека включает 22 пары аутосом и одну пару половых хромосом (либо XX у женщин, или же XY у мужчин).

В 1949 г. М. Барр обнаружил в ядрах нейронов кошек особые плотные тельца, которые отсутствовали у самцов. Эти тельца имеются и в интерфазных ядрах других соматических клеток особей женского пола. Они были названы тельцами полового хроматина (тельцами Барра). У человека они имеют диаметр около 1 мкм и лучше всего идентифицируются в нейтрофильных сегментоядерных лейкоцитах, где выглядят в виде «барабанной палочки», связанной с ядром. Различимы они хорошо и в эпителиоцитах слизистой оболочки щеки, взятых путем соскоба. Тельца Барра представляют собой одну инактивированную конденсированную X-хромосому.

## **ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ РАСТИТЕЛЬНОЙ КЛЕТКИ. СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАСТИТЕЛЬНОЙ И ЖИВОТНОЙ КЛЕТОК**

Клетки всех организмов принципиально сходны по своему строению, химическому составу и функции. Растительные клетки являются эукариотическими, поэтому в них имеются все основные компоненты: ядро, ограниченное двумембранной оболочкой, и большое количество мембранных органелл. Однако некоторые особенности, непосредственно связанные с условиями функционирования растений, принципиально отличают их от клеток животных. Из присущих животной клетке органелл в растительной *отсутствуют только центриоли* (их могут иметь одноклеточные растения), но имеются жесткая *клеточная стенка*, *пластиды*

и *вакуоли* (табл. 5) Растительные клетки являются автотрофами, животные — гетеротрофами.

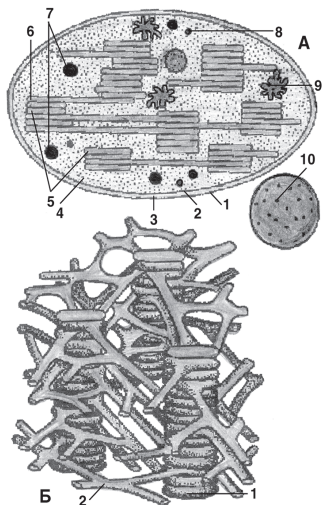
**Клеточная стенка** имеется у растений, грибов и многих прокариот. Стенка представляет собой жесткую оболочку, которая выполняет функцию наружного скелета клетки. Именно клеточные стенки прежде всего заметны при рассмотрении среза растительной клетки. Клеточная стенка растений имеет каркас из нерастяжимых фибрилл целлюлозы, который погружен в связующий матрикс из гемицеллюлозы и пектинов. Такая конструкция придает стенке огромную механическую прочность. Кроме защиты клетки, стенки также обеспечивают транспорт веществ, в них могут запасаться некоторые вещества, они соединяют между собой в единое целое все клетки растения. Клеточная стенка выполняет множество функций, но наиболее важными являются две: роль наружного скелета и обеспечение возможности тургора. Особенно важна клеточная стенка у высших наземных растений — она поддерживает тело над землей. *Тургор* — давление клеточного содержимого на клеточную стенку. Тургор выполняет функцию опоры в живых клетках.

Каждая растительная клетка содержит **вакуоли**, которые имеют собственную мембрану. **Функции** вакуолей: создание тургора, запасание необходимых клетке веществ и отложение веществ, вредных для клетки, ферментативное расщепление органических соединений.

**Пластиды** имеются только в растительных клетках. Выделяют три основных типа пластид: хлоропласты (зеленые), хромопласты (от желтого до красного



цветов) и лейкопласты (бесцветные). Их объединяет общее происхождение, наличие внутренних мембран, собственного генома и аппарата биосинтеза белка, что говорит о некоторой автономности этих органелл. Обычно в каждой клетке можно обнаружить только один тип пластид. *Хлоропласты* наиболее важны для растения. Они встречаются в большинстве живых клеток зеленых органов растения и часто занимают большую часть объема клетки. Хлоропласты



- А — продольный разрез через хлоропласт:  
 1 — наружная мембрана;  
 3 — межмембранное пространство; 4 — строма;  
 5 — граны (стопки) тилакоидов;  
 6 — ламеллы (стромы (межгранный тилакоид);  
 7 — капли жира;  
 8 — крахмальное зерно;  
 9 — ДНК;  
 10 — рибосома;  
 Б — трехмерная схема расположения и взаимосвязи ламелл и гран внутри хлоропласта:  
 1 — граны; 2 — ламеллы (по Арронет, с изменениями и дополнениями)

Рисунок 10. Строение хлоропласта

во многом сходны с митохондриями (рис. 10). Подобно митохондриям, хлоропласты имеют собственную кольцевую ДНК. Хлоропласты способны делиться. Предшественники пластид наследуются только по материнской линии через яйцеклетку, спермин их не содержат.

**Включения растительной клетки.** Трофические включения характерны для всех клеток, но особенно многочисленны в органах, которые запасают питательные вещества (например, в корнях, паренхиме побегов,

Таблица 5. Сравнительная характеристика животной и растительной клеток

Признаки	Животная клетка	Растительная клетка
Тип питания	Гетеротрофное	Автотрофное
Клеточная стенка	Отсутствует	Имеется
Форма	Может изменяться	Постоянная
Синтез АТФ	Митохондрии	Митохондрии, пластиды
Пластиды	Отсутствуют	Имеются: хлоропласты, хромопласты, лейкопласты
Центриоли	Имеются	Отсутствуют
Запасной углевод	Гликоген	Крахмал
Вакуоли	Многочисленные мелкие, чаще всего пищеварительные	Крупные малочисленные, заполненные клеточным соком, содержащим запасные питательные вещества, обеспечивают тургор клетки
Деление	перетяжка между дочерними клетками	перегородка между дочерними клетками образуется

семенахидр.) Они бывают трех типов: *крахмальные зерна*, *белковые гранулы*, или *кристаллы*, и *липидные капли*.

## ТРАНСПОРТ ЧЕРЕЗ МЕМБРАНУ

Одной из важнейших функций плазмолеммы является транспорт. Обращенные друг к другу гидрофобные «хвосты» липидов препятствуют проникновению полярных водорастворимых молекул. Различают два вида транспорта: пассивный и активный. Первый не требует затрат энергии, второй — энергозависимый.

**Пассивный транспорт** незаряженных молекул осуществляется по градиенту концентрации, транспорт заряженных молекул зависит от градиента концентрации (протонов) и трансмембранной разности потенциалов, которые объединяются в трансмембранный электрохимический протонный градиент. Как правило, внутренняя (цитоплазматическая) поверхность мембраны несет отрицательный заряд, что облегчает проникновение в клетку положительно заряженных ионов. Вода поступает в клетку путем **осмоса** (от греч. *osmos* — толчок, давление), который представляет собой медленное проникновение воды через полупроницаемую мембрану, разделяющую два раствора различной концентрации. В результате концентрация этих двух растворов выравнивается.

**Диффузия** (от лат. *diffusio* — распространение, растекание) — это переход ионов или молекул, вызванный их броуновским движением через мембраны из зоны, где эти вещества находятся в более высокой

концентрации, в зону с более низкой концентрацией до тех пор, пока концентрации по обе стороны мембраны выравняются. Специфические транспортные белки, встроенные в мембрану, переносят через нее небольшие полярные молекулы, причем, каждый белок осуществляет транспорт одного класса молекул или только одного соединения. Некоторые трансмембранные белки образуют каналы.

**Активный транспорт** осуществляют белки-переносчики, при этом расходуется энергия, получаемая вследствие гидролиза АТФ или протонного потенциала. Активный транспорт происходит против градиента концентрации. Для осуществления биохимических реакций необходимо поступление веществ в клетку путем *эндоцитоза* и выведение продуктов обмена — *экзоцитоза*.

## КЛЕТочный ЦИКЛ

Центральная догма современной биологии характеризует жизнь следующим образом:

Репликация



Наследственная информация, заключенная в ДНК, передается по наследству благодаря репликации ДНК. Генетическая информация, записанная в виде последовательности нуклеотидов ДНК, в процессе

транскрипции переписывается в нуклеотидную последовательность РНК, которая, в свою очередь, определяет последовательность аминокислот соответствующей белковой молекулы.

**Клеточный цикл** представляет собой совокупность процессов, происходящих в клетке при подготовке ее к делению и во время собственно деления. Клеточный цикл подразделяется на митоз и интерфазу, которая представляет собой промежуток времени между окончанием одного митоза и началом следующего.

**В интерфазе** совершается главное событие — репликация ДНК.

**Репликация** (от лат. *replicatio* — повторение) — это процесс передачи хранящейся в родительской ДНК генетической информации дочерней путем точного ее воспроизведения. При этом каждая родительская цепь ДНК является матрицей для синтеза дочерней. Перед началом удвоения две цепи ДНК начинают раскручиваться и расходиться. Вдоль каждой цепи комплементарно строится новая цепь, при этом напротив тимина родительской цепи к синтезируемой новой цепи добавляется аденин, напротив гуанина — цитозин, и оба основания соединяются водородными связями. Процесс заканчивается образованием двух идентичных двухцепочечных молекул ДНК, обе они идентичны материнской. В результате полуконсервативной репликации каждая из двух дочерних молекул ДНК состоит из одной старой и одной новой цепи. В интерфазе (S-периоде) наиболее интенсивно синтезируются также РНК и белки, связанные с ДНК,

и удваиваются центриоли. К концу интерфазы хроматин конденсирован, ядрышко хорошо видно, ядерная оболочка не повреждена, оргanelлы не изменены.

## МИТОЗ И МЕЙОЗ

**Митоз** (от греч. *mitos* — «нить») животных клеток впервые был описан В. Флеммингом в 1882 г. *Митоз обеспечивает генетическую стабильность, образование новых клеток, увеличение их числа в организме и, следовательно, рост организма, а также процессы регенерации.* Клетка вступает в митоз, имея удвоенное (в интерфазе) число хромосом ( $46 \times 2$ ), т.е. в ядре находятся 46 d-хромосом, каждая из которых состоит из двух хроматид (s-хромосом). Митоз подразделяется на профазу, метафазу, анафазу и телофазу.

В *профазе* хромосомы становятся различимыми под микроскопом. В конце профазы обе пары центриолей начинают расходиться к полюсам клетки. Одновременно возникает двухполюсное митотическое веретено, состоящее из микротрубочек. В *метафазе* разрушается ядерная оболочка, хромосомы выстраиваются в ряд по экватору веретена, а их центромеры прикрепляются к микротрубочкам веретена. Метафазная хромосома состоит из двух соединенных центромерой сестринских хроматид, каждая из которых содержит одну молекулу ДНК, уложенную в виде суперспирали.

В *анафазе* сестринские хроматиды разделяются и становятся отдельными 5-хромосомами, которые

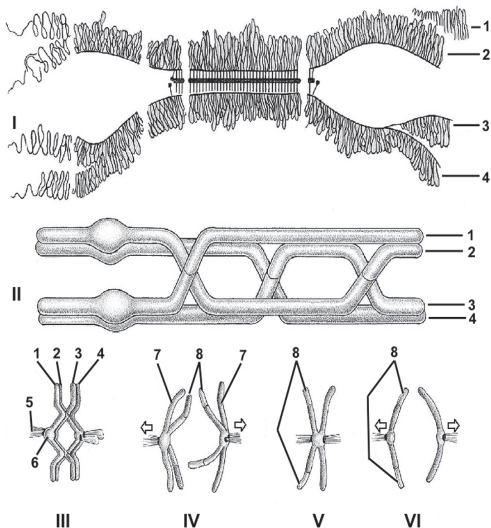
расходятся к полюсам с одинаковой скоростью (около 1 мкм/мин.).

В *телофазе* разделившиеся группы хромосом подходят к полюсам, разрыхляются, деконденсируются, переходя в хроматин, становятся активными. Примерно в середине телофазы начинается образование ядрышка, к концу телофазы восстанавливается ядерная оболочка в каждой дочерней клетке. Еще в конце анафазы плазматическая мембрана как бы инвагинируется, образуя борозду деления, которая углубляется. Дочерние клетки расходятся.

**Мейоз.** В жизненном цикле человека и других организмов, размножающихся половым путем, имеются два поколения постоянно чередующихся клеток: диплоидных (соматических) и гаплоидных (половых). Мейоз (от греч. *meiosis* — «уменьшение»), впервые открытый у животных В. Флеммингом в 1882 г., — это вид деления ядер (и клеток), приводящего к образованию из одной материнской клетки четырех дочерних клеток с уменьшением в два раза количества хромосом (рис. 11). В результате мейоза образуются гаплоидные клетки, имеющие одиночный набор хромосом (23). *При мейозе происходит одна репликация ДНК, за которой следуют два митотических деления ядер и клеток (мейоз I и II).*

Перед началом мейоза в *интерфазе* ДНК материнской клетки удваивается, но хромосомы остаются связанными своими центромерами, так что в ядре имеются по четыре набора каждой хромосомы; кроме того, в интерфазе увеличивается масса клетки и количество

ее органелл. В каждом делении мейоза выделяются те же фазы, что и в митозе.



I и II — хроматиды в профазе мейоза; III — спаренные гомологичные хромосомы при переходе к первой метафазе мейоза; IV — расхождение гомологичных хромосом в первой анафазе мейоза; V — вторая метафаза; VI — расхождение сестринских хроматид во второй анафазе;  
 1, 2, 3, 4 — хроматиды; 5 — соединяющиеся кинетохорные нити;  
 6 — кинетохор; 7, 8 — плечи сестринских хроматид  
 (по Албертсу и соавт. с изменениями)

Рисунок 11. Мейоз



В мейозе I наиболее длительна *профаза*, во время которой происходит важнейшее событие — *кроссинговер* (от англ. *crossing-over* — «перекрест») — *перекрест гомологичных участков гомологичных хромосом с их последующим разрывом и присоединением участков хроматид к другой гомологичной хромосоме*.

Кроссинговер обеспечивает различные генетические комбинации. До кроссинговера каждая хромосома была либо материнской, либо отцовской, после него каждая хромосома содержит гены, происходящие как из отцовской, так и из материнской хромосомы, т.е. происходит генетическая рекомбинация.

*Метафаза I* напоминает аналогичную стадию митоза, хромосомы устанавливаются в экваториальной плоскости. В *анафазе I* гомологичные хромосомы отделяются друг от друга и расходятся к полюсам. В *телофазе I* наборы гомологичных хромосом находятся у полюсов, хотя их число уменьшилось вдвое, но каждая из них состоит уже из двух генетически различных хроматид. Формируются ядерная оболочка и ядрышко, образуется борозда деления, которая углубляется, и две клетки, каждая из которых содержит гаплоидный набор удвоенных хромосом, полностью разделяются.

*Интерфаза II* очень короткая, и, что самое главное, *в ней не происходит удвоение ДНК*. Фазы мейоза II не отличаются от описанных стадий митоза. Важным отличием является то, что в *профазе II*, которая происходит очень быстро, клетка содержит одиночный (гаплоидный) набор удвоенных хромосом, т.е. в каждой

дочерней клетке по 46 хромосом. В результате мейоза II образуются четыре клетки, каждая из которых несет одиночный (гаплоидный) набор хромосом (23).

При мейотическом делении из каждой предшествующей половым клеткам у женщин образуются одна яйцеклетка и три полярных тельца, которые рассасываются; у мужчин — четыре сперматозоида. Во время образования половых клеток благодаря кроссинговеру создается множество различных сочетаний генов. При оплодотворении яйцеклетки сперматозоидом в зиготе восстанавливается диплоидный набор хромосом. В зависимости от того, как распределился генетический материал во время образования яйцеклетки и сперматозоида, число возможных сочетаний генов в оплодотворенной яйцеклетке огромно. Вот почему **каждый человек уникален**. Оплодотворение приводит к тому, что каждый ген в зиготе представлен двумя экземплярами (аллелями) — от отца и матери. Поэтому физические и психические особенности будущего ребенка будут зависеть от взаимодействия этих генов (табл. 6).

Таблица 6. Сравнительная характеристика митоза и мейоза

Показатель	Митоз	Мейоз
<b>ВСЬ ПРОЦЕСС</b>		
Длительность	Короткий (при образовании соматических клеток)	Длительный период (при образовании гамет)

<b>Показатель</b>	<b>Митоз</b>	<b>Мейоз</b>
<b>ИНТЕРФАЗА</b>		
Расхождение хромосом	Имеется длительная	Имеется длительная перед мейозом-I, короткая между мейозом-I и мейозом-II
S-фаза	Предшествует каждому делению	Только перед мейозом-I, отсутствует в интерфазе мейоза-II
Рост клетки	Происходит	Происходит
Репликация оргanelл	Происходит	Происходит
<b>ПРОФАЗА</b>		
Длительность	Одна короткая	Профаза-I длительная (до 90% времени), профаза-II короткая
Хромосомы	Состоят из двух сестринских хроматид, соединенных центромерой	Состоят из двух сестринских хроматид, соединенных центромерой
Взаимоотношения гомологичных хромосом	Обособлены	Конъюгируют с образованием синаптонемальных компонентов

<b>Показатель</b>	<b>Митоз</b>	<b>Мейоз</b>
Биваленты	Отсутствуют	Имеются
Хиазмы	Отсутствуют	Образуются
Кроссинговер	Отсутствуют	Происходит
<b>МЕТАФАЗА</b>		
Образование метафазной пластинки	Происходит	В метафазе-I отсутствует. Только в метафазе-II
Расположение центромер	В одной плоскости, перпендикулярной оси веретена на его экваторе	В метафазе-I над и под экватором симметрично. В метафазе-II на экваторе веретена
Хромосомные микрогубочки сестринских хроматид	Направлены в разные стороны к противоположным полюсам	В метафазе-I направлены в одну сторону. В метафазе-II направлены в разные стороны
<b>АНАФАЗА</b>		
Репликация ДНК в области центромер и разделение <i>s</i> -хромосом	Происходит	В анафазе-I отсутствует, происходит в анафазе-II
Расхождение <i>d</i> -хромосом	—	В анафазе-I вследствие распада хиазм
Расхождение <i>s</i> -хромосом	Происходит вследствие разделения центромер	В анафазе-I не происходит. Происходит в анафазе-II

Показатель	Митоз	Мейоз
Генетическая идентичность	Хроматиды идентичны	Вследствие кроссинговера хроматиды неидентичны
<b>ТЕЛОФАЗА</b>		
Количество хромосом	Аналогично материнской клетке ( <i>s</i> -хромосомы)	Вдвое меньше, чем в родительской клетке (в телофазе-I <i>d</i> -хромосомы, в телофазе-II <i>s</i> -хромосомы)
Гомологичные хромосомы в дочерних клетках	Две разделившиеся хроматиды попадают в каждую клетку	Мейоз-I — в каждую клетку попадают две сестринские хроматиды, соединенные в области центромеры. Мейоз-II — в каждую клетку попадает одна хроматида

## СИНТЕЗ БЕЛКА

Управление внутриклеточными синтезами осуществляется из ядра клетки. На активных участках хромосом синтезируются молекулы РНК. Они транспортируются к поровым комплексам и поступают в цитоплазму. На рибосомах из аминокислот происходит сборка белков, которые в соответствии с их назначением можно отнести к трем группам. Одна группа — это структурные белки, которые используются клеткой

для построения собственных органелл, другая — белки, выделяемые клеткой вовне, это ее секреты; третья группа — ферменты (катализаторы), которые обеспечивают все внутриклеточные биохимические превращения. Часть ферментов остается в цитоплазме. Одни из них функционируют в гиалоплазме, другие встраиваются в органеллы. Часть ферментов направляется в ядро и там регулирует считывание генетической информации с ДНК и синтез РНК. В ядро возвращаются те белки, которые участвуют в построении самих хромосом. Вещества, которые синтезируются на мембранах ЭР, поступают в транспортные пузырьки и доставляются к комплексу Гольджи, где происходит их модификация. В комплексе Гольджи осуществляется сегрегация веществ, в результате чего они затем распределяются по клетке в зависимости от дальнейших путей использования.

Синтез каждого определенного специфического белка определяется геном. Ген — это участок ДНК, являющийся элементарной частицей генетической информации. Он характеризуется определенной последовательностью нуклеотидов.

Благодаря наличию ядерной оболочки в клетках человека (и других эукариот) процессы транскрипции и трансляции проходят в разных структурах и разделены во времени.

Синтез белка (трансляция) связан с процессом транскрипции — переписывания информации, хранящейся в ДНК. Транскрипция осуществляется в ядре (рис. 12). Информация о структуре белка, заключенная

в ДНК, «переписывается» на информационную РНК (**мРНК**). С одного гена может «переписывается» множество молекул **мРНК**. Они подвергаются в ядре процессингу, после чего транспортируются из ядра в цитоплазму, где и выполняют свои функции. Процессинг (англ. *processing* — обработка) — совокупность реакций, ведущих к превращению первичных неактивных транскриптов в функционирующие молекулы. В клетках существуют три типа РНК. **Информационная** (мРНК) переносит информацию о нуклеотидной последовательности ДНК к рибосомам. В образовании рибосом участвует **рибосомная РНК (рРНК)**. Небольшие **транспортные РНК (тРНК)** выполняют двойную функцию: они присоединяют молекулу аминокислоты, транспортируют ее к рибосоме и узнают триплет, соответствующий этой аминокислоте в молекуле мРНК. В середине молекулы **тРНК** имеется группировка из трех азотистых оснований, называемая **антикодоном**. Антикодон может связаться только с **кодоном** — определенной группой трех оснований на мРНК. Действительно, после сближения молекул антикодон тРНК узнает кодон мРНК и спаривается с ним.

**Генетический код**, расшифрованный в 1960-х годах М. Ниренбергом, У. Холлом и Х. Кораной, основан на триплетях, или кодонах — три нуклеотида определяют присоединение к полипептидной цепи одной аминокислоты. Генетический код отличается рядом важных свойств. Он **приплетен**: именно три нуклеотида определяют присоединение к полипептидной цепи одной аминокислоты. Генетический код **вырожден**,

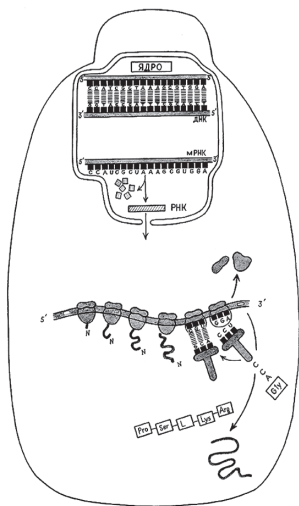


Рисунок 12. Схема синтеза белка

т.е. большинство аминокислот кодируются более чем одним триплетом. При этом одна и та же аминокислота может кодироваться разными триплетами, однако первые два нуклеотида для них всегда одинаковы. Например, триплет -С-С-С- кодирует пролин. Кроме того, включение пролина может кодироваться триплетами ССU, ССА, ССG. Триплет AUG кодирует первую аминокислоту — метилметионин, с которой начинается синтез полипептидной цепи. Всего в генетическом



коде имеется 64 кодона, три из которых (UAA, UGA и UAG) являются стоп-кодонами, завершающими синтез полипептидной цепи. Генетический код *не перекрывается*, хотя в нем отсутствуют знаки, отделяющие один триплет от другого. Например, в последовательности оснований UUCAUUGUU первые три основания кодируют одну аминокислоту, вторые три — другую и т.д. Не может быть такой ситуации в приведенном примере, когда основание UUC кодируют одну аминокислоту, UCA — другую, а CAU — третью и т.д. *Код универсален*, т.е. все живые организмы на планете Земля (включая вирусы) имеют один и тот же код. Рамка считывания определяет положение первого нуклеотида кодона гена (или мРНК).

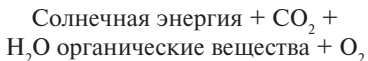
Рибосомная и транспортная РНК (рРНК и тРНК) синтезируются на идентичных генах, которые (в отличие от генов мРНК) в каждой клетке имеются в виде множества копий. При этом рРНК синтезируется на ядрышковых организаторах — участках ДНК, имеющих форму петель, которые находятся в ядрышке. Предшественник рРНК, синтезированный на ядрышковом организаторе, в ядрышке соединяется с рибосомными белками, синтезированными в цитоплазме и транспортированными в ядро, образуя крупные рибонуклеопротеидные частицы. Последние претерпевают процессинг, в результате которого в ядре образуются большая и малая субъединицы рибосом. Предшественники рибосом транспортируются в цитоплазму, где в ходе синтеза белка и происходит сборка самих рибосом.

Синтез самой молекулы белка начинается с того, что молекула тРНК связывается с соответствующей аминокислотой, в результате чего образуется аминоацил-тРНК. Малая субъединица рибосомы связывается с инициаторной тРНК, несущей молекулу метилметионина. Этот комплекс присоединяется к инициаторному кодону мРНК (AUG). После этого к малой присоединяется большая субъединица рибосомы. Реакции синтеза белка осуществляют рибосомы, которые считывают информацию, заложенную в мРНК, продвигаясь вдоль нее в направлении 5' к 3'. Рибосома связывает две молекулы тРНК: участок «А» рибосомы связывает аминоацил-тРНК, участок Р рибосомы — аминоацил-тРНК, связанную с растущей полипептидной цепью. Обе тРНК связываются с соседними кодонами мРНК. К рибосоме подходит следующая аминоацил-тРНК, и образуется первая пептидная связь. Перемещаясь по цепи мРНК, рибосома присоединяет следующие аминокислоты, которые связываются между собой, а молекулы тРНК отделяются, чтобы вскоре присоединить новую аминокислоту. При достижении рибосомой стоп-кодона синтез прекращается, потому что к стоп-кодонам нет соответствующих антикодонов ни у одной тРНК. Полипептидная цепь отделяется от рибосомы (схема белкового синтеза упрощена).

## ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ОБМЕН

Все живые организмы нуждаются в постоянном поступлении энергии, без этого жизнь невозможна. В зависимости от способа питания (получения энергии), все живые организмы подразделяются на *автотрофные*, использующие соединения, не являющиеся источником энергии ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ , аммиак, сероводород и др.), и *гетеротрофные*, использующие органические вещества. Автотрофы подразделяются на *фототрофные* — использующие энергию солнечного света, и *хемотрофные* — осуществляющие окисление неорганических веществ, в результате чего освобождается энергия (нитрифицирующие бактерии, серобактерии, железобактерии). Гетеротрофы, в свою очередь, подразделяются на *сапрофитные* — использующие готовые органические вещества мертвых объектов, и *паразиты* — получающие органические вещества за счет живых организмов.

На планете Земля есть лишь один источник энергии — это солнечный свет, дающий солнечную энергию, которая используется благодаря фотосинтезу. Фотосинтезирующие организмы называются *фототрофами* (фотосинтезирующие бактерии и сине-зеленые водоросли). В процессе фотосинтеза хлорофилл и др. пигменты поглощают солнечную энергию и преобразуют ее в энергию химических связей органических веществ:



Этот процесс происходит в хлоропластах в двух стадиях фотосинтеза: световой (в мембранах тилакоидов) и темновой (в строме). В световой стадии хлорофилл улавливает кванты света, в темновой происходят фиксация углерода и синтез углеводов из углекислого газа и воды. Ежедневно в результате фотосинтеза на планете Земля образуется более 150 млрд тонн органических веществ, выделяется около 200 млрд тонн  $\text{O}_2$  и поглощается более 300 млрд тонн  $\text{CO}_2$ . Все организмы, которые не осуществляют фотосинтез, получают энергию, либо непосредственно поглощая зеленые растения, либо опосредованно, «поедая» организмы, которые используют зеленые растения.

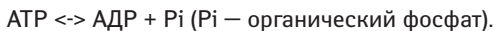
## ДЫХАНИЕ

---

*Дыхание* — это совокупность биохимических реакций, в результате которых используется энергия химических связей органических веществ, образующихся в результате фотосинтеза. Эти реакции могут осуществляться без  $O_2$  (*анаэробное дыхание*) или при участии  $O_2$  (*аэробное дыхание*). Однако для всех энергетических процессов неизменным остается *первый закон термодинамики*: энергия не может быть создана или уничтожена, она лишь переходит из одной формы в другую форму, которая может быть использована для выполнения работы. Клетка использует энергию, заключенную в химических связях аминокислот, моносахаридов и жирных кислот, которые образуются в результате пищеварения из белков, углеводов и жиров и поступают в клетку. Схематично катаболизм пищевых веществ можно представить следующим образом. В первой стадии происходит их расщепление до мономеров. Во второй стадии, независимо от природы пищевого продукта, образуются ацетилкоэнзим А (ацетил-КоА) и ограниченное количество АТФ (аденозинтрифосфат).

Рассмотрим более детально энергетический обмен на примере расщепления глюкозы. Сначала она транспортируется через плазматическую мембрану в цитоплазму клетки. В матриксе цитоплазмы происходит ее бескислородное расщепление, или *гликолиз* — многоступенчатый ферментативный процесс, в результате

которого из одной молекулы глюкозы образуются две молекулы пирувата (пировиноградной кислоты — ПВК) и две молекулы аденозинтрифосфорной кислоты (АТФ). АТФ — нуклеотид, состоящий из аденина, рибозы и трех остатков фосфорной кислоты. АТФ является универсальным переносчиком и основным аккумулятором энергии в клетке, которая заключена в высокоэнергетических связях между тремя остатками фосфорной кислоты. При отщеплении от АТФ одной фосфатной группы образуются АДФ (аденозиндифосфорная кислота) и фосфат и выделяется свободная энергия, которая используется клеткой для осуществления работы. В результате гликолиза освобождается лишь около 5% энергии, заключенной в химических связях молекулы глюкозы, остальная же освобождается в митохондриях в процессе аэробного окисления и тоже запасается в АТФ. В митохондриях АДФ, соединяясь с остатком фосфорной кислоты, превращается в АТФ:



В расчете на один моль глюкозы образуется 36 молекул АТФ. Реакции окисления, приводящие к освобождению энергии, осуществляются путем отнятия у окисляемой молекулы отрицательно заряженного электрона. Этот электрон связан с атомом водорода ( $\text{H}^+$ ). Акцептором электронов служат молекулы никотинамидадениндинуклеотида ( $\text{НАД}^+$ ). Они и присоединяют к себе этот ион водорода (реакция

восстановления). Восстановленная молекула никотинамидадениндинуклеотида обозначается как НАДН. Дальнейшие этапы окисления происходят в митохондриях. Наиболее важным источником энергии в клетке являются жиры; их энергетическая ценность выше, чем ценность гликогена, более чем в 6 раз, а запасы жира в организме человека примерно в 30 раз больше, чем запасы гликогена.

В митохондриях, точнее в их матриксе, в цикле Кребса не происходит непосредственного синтеза АТФ. В цикле идут окисление молекул, отделение четырех пар  $H^+$ , которые используются для восстановления и фосфорилирования НАД с образованием НАДН и НАДФ, перенос четырех пар высокоэнергетических электронов в дыхательную цепь, где они передаются на молекулярный кислород — конечный акцептор электронов, в результате чего образуется  $H_2O$ . Основная часть АТФ синтезируется в процессе окислительного фосфорилирования. Дыхательная цепь, или цепь переноса электронов, является главной системой превращения энергии. Синтез АТФ катализируется ферментом АТФ-синтетазой. В 1961 г. П. Митчелл предложил хемииосмотическую гипотезу окислительного фосфорилирования применительно к митохондриям. Согласно этой гипотезе, при транспорте электронов по дыхательной цепи протоны «откачиваются» из матрикса на наружную поверхность внутренней мембраны митохондрий, что вызывает возникновение электрохимического протонного градиента по обеим сторонам внутренней митохондриальной мембраны.

При возникновении большого протонного градиента протоны начинают перемещаться через АТР-синтазу в матрикс, их энергия расходуется для синтеза АТФ. По существу, в дыхательной цепи происходит окисление водорода:



Однако этот процесс происходит многоступенчато, причем атомы водорода расщепляются на протоны, поступающие в водную среду, и высокоэнергетические электроны, которые транспортируются по дыхательной цепи; выделяемая порциями энергия расходуется для синтеза АТФ из АДФ и фосфата. Лишь на завершающем этапе в конце дыхательной цепи протоны соединяются с электронами.

В состав дыхательной цепи входят два флавопротеидных фермента (сукцинатдегидрогеназа и НАД-дегидрогеназа), четыре цитохрома, негеминное железо, медь и кофермент Q (убихинон). Согласно современным представлениям, дыхательная цепь состоит из трех основных мембраносвязанных ферментных комплексов.

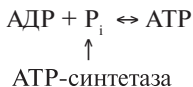
1. НАДН-дегидрогеназный комплекс, который передает электроны от НАДИ на переносчик электронов убихинон, либо на нафтохиноны.
2. Убихинон переносит электроны на комплекс цитохромов и передает их на переносчик электронов цитохром С.



3. Цитохром С переносит электроны на цитохром-оксидазный комплекс, который передает их конечному акцептору электронов — кислороду.

При переходе электронов от одного переносчика к другому их свободная энергия убывает, а освобождающаяся энергия используется для «откачивания» протонов на наружную сторону мембраны, в результате чего и создается электрохимический протонный градиент. Иными словами, *энергия, освобождаемая в процессе переноса электронов по дыхательной цепи, запасается в форме электрохимического протонного градиента на мембране, в которую встроена дыхательная цепь.*

АТФ-синтетаза представляет собой мембранный белковый комплекс, который имеется во всех мембранах, осуществляющих окислительное фосфорилирование. Согласно хемиосмотической гипотезе, энергия перемещения протонов через АТФ-синтетазу в обратном направлении (с наружной стороны мембраны на внутреннюю) используется для синтеза АТФ. Однако АТФ-синтетаза осуществляет не только синтез, но и гидролиз АТФ. И тот и другой процесс сопряжен с передвижением протонов.



# ВИРУСЫ

---

---

**Строение.** Не имеют клеточного строения. Вирусная частица — расположенный в центре носитель генетической информации (*сердцевина вируса*) и оболочка (*капсид*). Генетический материал — короткая молекула нуклеиновой кислоты, представлена ДНК или РНК. Оболочка образована постоянными для каждого вируса капсомерами из одной или двух белковых молекул. Вирусная частица имеет в качестве оболочки капсид — простой вирус, есть еще наружная оболочка — сложный. У каждого вируса капсомеры капсида лежат в определенном порядке (определенный тип симметрии) (рис. 13).

**Жизненный цикл вирусов.** Не могут самостоятельно размножаться и осуществлять обмен веществ. Две жизненные формы: покоящаяся внеклеточная — вирион и активно репродуцирующаяся внутриклеточная — вегетативная.

Взаимоотношение вируса с клеткой (рис. 14). **Первая стадия** — адсорбция вирионов на поверхности клетки-мишени поверхностными рецепторами. Вирусная частица специфически взаимодействует с рецепторами, происходит их прочное связывание.

**Вторая стадия** — проникновение целого вириона или его нуклеиновой кислоты внутрь клетки-хозяина.

**Третья стадия** — депротеинизация, т.е. освобождение носителя генетической информации вируса

(нуклеиновой кислоты) от белковой оболочки (капсида). Нуклеиновая кислота подчиняет метаболизм клетки-хозяина своим потребностям и вынуждает синтезировать определенные вещества. Для синтеза нужных молекул вирус использует клеточные ферменты (протеазы, РНК-полимеразы) и структуры (рибосомы).

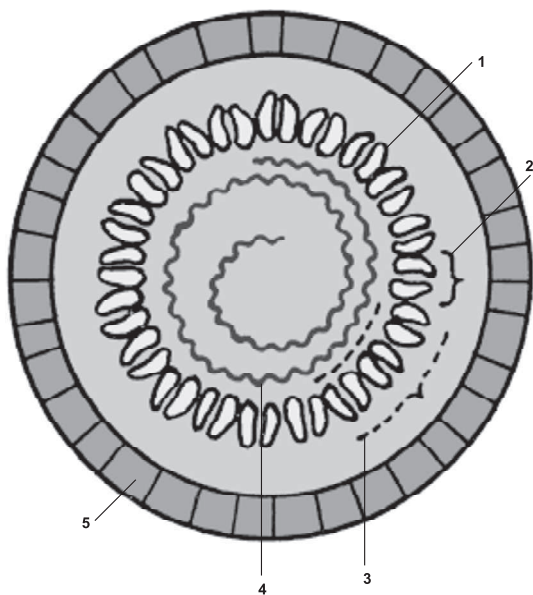
**Четвертая стадия** — синтез необходимых для вируса соединений на основе вирусной нуклеиновой кислоты.

**Пятая стадия** — многократный синтез компонентов вирусной частицы — нуклеиновой кислоты и белков капсида.

**Шестая стадия** — формирование новых вирионов путем самосборки из синтезированных многочисленных копий нуклеиновой кислоты и белков.

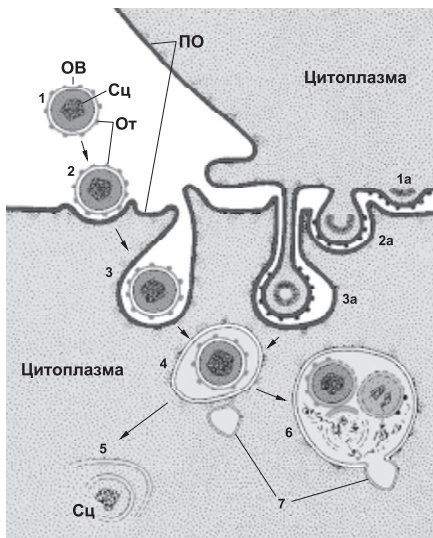
**Седьмая стадия** — выход вновь собранных вирусных частиц из клетки-хозяина. Сопровождается или гибелью клетки (лизис), или выходом вирионов из живой клетки путем отпочковывания. Время с момента проникновения вируса в клетку до выхода новых вирионов — скрытый (латентный) *период*.

**Классификация вирусов.** По форме вириона — сферические (корь, грипп, арбовирусы), палочковидные (мозаичная болезнь табака, картофеля), кубоидальные (аденовирусы, реовирусы, оспа), сперматозоидные (бактериофаги). В зависимости от поражаемой клетки-мишени — вирусы животных, растений, грибов и бактерий (бактериофаги, или фаги).



1 — структурная единица  
(субъединица), 2 — капсомер  
(морфологическая единица),  
3 — капсид, 4 — нуклеиновая  
кислота, 5 — оболочка

Рисунок 13. Сферический вирус



- 1 — внеклеточный онковирус типа С, 2 — адсорбция вируса на свободной клеточной поверхности, 3 — рофеоцитоз вируса, 1а, 2а, 3а — последовательные этапы проникновения онковирусов типа А, почкующихся на поверхности соседней клетки, 4 — локализация вируса в фагосоме, 5 — проникновение сердцевины вируса в цитоплазму, 6 — деструкция онковирусов в фаголизосоме, 7 — лизосомы, ПО — плазматическая оболочка клетки, ОВ — оболочка вируса, Цц — сердцевина, От — отростки оболочки вируса

Рисунок 14. Проникновение онковирусов в клетку в процессе виropексиса (схема)

# ТКАНИ

---

---

Ткань — общность клеток и межклеточного вещества, объединенных единством происхождения, строения и функций. Выделяют четыре типа тканей.

## ЭПИТЕЛИАЛЬНЫЕ ТКАНИ

*Покровный эпителий* покрывает поверхность тела и выстилает слизистые оболочки, отделяя организм от внешней среды. В *многослойном эпителии* только клетки нижнего слоя лежат на базальной мембране. Однослойный *эпителий*, все клетки которого лежат на базальной мембране, подразделяют на однорядный (плоский, кубический, цилиндрический) и многорядный. В однорядном эпителии ядра клеток эпителиального пласта расположены на одном уровне, в многорядном — на различных уровнях и могут быть снабжены микроворсинками, стереоцилиями или ресничками (рис. 15).

Виды *клеток эпителия (эпителиоцитов)* в зависимости от формы клеток: плоские (эндотелиоциты и мезотелиоциты), кубические, столбчатые (микроворсинчатые, реснитчатые). Есть пигментированные эпителиоциты.

Строение клеток различных видов эпителия неодинаково. В клетках представлены органеллы общего назначения, их развитие зависит от выполняемой клеткой функции.

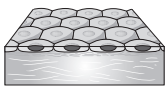
*Железа (железистый эпителий)* — орган, паренхима которого сформирована из высококодифференцированных *железистых клеток (гландулоцитов)*. Экзокринные железы имеют выводные протоки. Эндокринные железы не имеют выводных протоков и выделяют синтезируемые ими продукты в межклеточные пространства, откуда они поступают в кровь и лимфу. Смешанные железы состоят из экзо- и эндокринных отделов (поджелудочная железа).

Экзокринная железа состоит из протоков и секреторного отдела — экзокриноцитов, вырабатывающих различные секреты. Железы в зависимости от строения протоков — *простые* (один проток) и *сложные* (в главные выводные протоки вливается множество протоков). Железы вырабатывают *секреты*: белковый (серозные железы), слизь (слизистые) и смешанный.

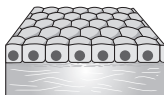
## СОЕДИНИТЕЛЬНЫЕ И ОПОРНЫЕ ТКАНИ

*Собственно соединительные ткани* (рыхлая волокнистая и плотная волокнистая неоформленная и оформленная), *ткани со специальными свойствами* (ретикулярная, пигментная, жировая), *твердые скелетные* (костная, хрящевая), *жидкие* (кровь и лимфа).

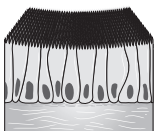
Сформированы из многочисленных клеток и межклеточного вещества — гликозаминогликанов и различных волокон (коллагеновых, эластических, ретикулярных). Межклеточное вещество кости твердое, крови и лимфы — жидкое.



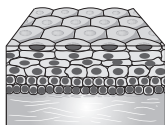
А



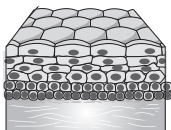
Б



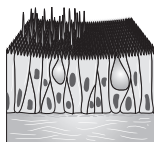
В



Г



Д

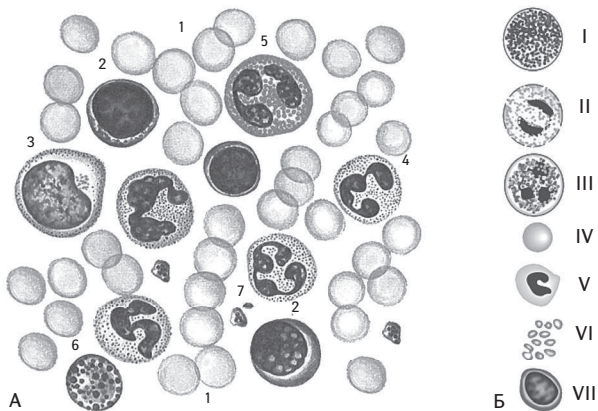


Е

А — однослойный плоский эпителий, Б — однослойный кубический эпителий,  
В — однослойный цилиндрический эпителий, Г — многослойный плоский  
неороговевающий эпителий, Д — переходный эпителий,  
Е — псевдомногослойный реснитчатый эпителий

Рисунок 15. Строение эпителиальной ткани





A — мазок периферической крови взрослого человека (общий вид): 1 — эритроциты, 2 — лимфоциты, 3 — моноцит, 4 — нейтрофильные гранулоциты, 5 — эозинофильные гранулоциты, 6 — базофильные гранулоциты, 7 — тромбоциты;  
 Б — клетки крови: I — базофильный гранулоцит, II — ацидофильный гранулоцит, III — сегментоядерный нейтрофильный гранулоцит, IV — эритроцит, V — моноцит, VI — тромбоциты, VII — лимфоцит

Рисунок 16. Кровь

Выполняют опорную, механическую (плотная волокнистая соединительная ткань, хрящ, кость), трофическую (питательную), защитную (фагоцитоз и выработка антител) функции (рыхлая волокнистая и ретикулярная соединительная ткань, кровь и лимфа).

## Кровь

Состоит из клеток, взвешенных в жидком межклеточном веществе сложного состава (плазма) (рис. 16). Выполняет транспортную, трофическую (питательную), защитную, гемостатическую (кровоостанавливающую) функции, участвует в сохранении постоянного состава и свойств внутренней среды организма (гомеостаз). Количество крови у взрослого человека — 4–6 л.

**Плазма** — жидкая часть крови, в которой до 91% воды, 6,5–8,0% белков, около 2% низкомолекулярных соединений. рН плазмы колеблется в пределах 7,37–7,43. Плазма богата электролитами и неэлектролитами. Белки плазмы участвуют в свертывании крови и создании коллоидно-осмотического давления.

**Эритроциты (красные кровяные тельца)** — клетки в форме двояковогнутых дисков, содержат гемоглобин, осуществляющий перенос  $O_2$  и  $CO_2$ . Не содержат ядра. Клетка покрыта плазмолеммой, в которую встроены антигены систем АВО и резус (группы крови и резус-фактора), мембранные ферменты. Длительность жизни — около 120 дней, потом разрушаются и поглощаются макрофагоцитами в селезенке, костном мозге и печени.

**Лейкоциты** — ядросодержащие клетки с амебoidalной подвижностью. Эритроциты осуществляют свои функции в просвете кровеносных сосудов, лейкоциты — в тканях, куда мигрируют посредством диапедеза («прыжка»).

**Зернистые лейкоциты (гранулоциты)** — нейтрофильные, или полиморфноядерные, составляют до 72% лейкоцитов. Время циркуляции в крови — 8–12 ч, затем посредством диапедеза они мигрируют в соединительную ткань. Зрелый нейтрофильный гранулоцит — сферическая клетка с дольчатым ядром. В ядрах нейтрофильных гранулоцитов женщин есть тельца полового хроматина (тельца Барра). Цитоплазма гранулоцита богата гранулами двух типов: нейтрофильными и азурофильными.

Осуществляя фагоцитоз продуктов распада и микроорганизмов, нейтрофильные гранулоциты погибают, освобождаясь при этом лизосомальные ферменты разрушают окружающие ткани, способствуя формированию гноя. В состав гноя обычно входят разрушенные нейтрофильные гранулоциты и продукты распада тканей. Количество нейтрофильных гранулоцитов резко возрастает при острых воспалительных и инфекционных заболеваниях.

**Эозинофильные (ацидофильные) гранулоциты** циркулируют в крови не более 8 дней, после чего покидают кровеносное русло через мелкие вены и проникают в рыхлую соединительную ткань. Много в слизистой оболочке кишечника и дыхательных путей. Количество увеличивается при паразитарных заболеваниях,

аллергических и аутоиммунных процессах. Функция — фагоцитоз, участие в иммунных реакциях.

**Базофильные гранулоциты.** Темно-синие округлые гранулы, содержащие гистамин и гепарин, маскируют крупное ядро. Функции — фагоцитоз и участие в аллергических реакциях.

**Лимфоциты** — структурные элементы лимфатической и иммунной системы — преобладают в лимфе и ответственны за иммунитет. Сферической формы, отличаются друг от друга размерами. Две категории — *Т-лимфоциты* (Т — тимус; отвечают за клеточный иммунитет) и *В-лимфоциты* (В — бурса; отвечают за гуморальный иммунитет). Морфологически не отличаются друг от друга.

**Моноциты** — овальные клетки, крупное почкообразное богатое хроматином ядро окружено голубоватой цитоплазмой с первичными лизосомами. Умеренное количество органелл. Время пребывания в крови 2–3 дня, затем мигрируют в ткани, превращаясь в макрофаги. Защитная функция.

**Тромбоциты (кровяные пластинки)** — уплощенные овальные двояковыпуклые безъядерные фрагменты крупных клеток-мегакариоцитов. Время циркуляции в крови около семи дней, далее попадают в селезенку и легкие и затем разрушаются. Функция — участие в свертывании крови, остановке кровотечения и в защите организма благодаря способности фагоцитировать вирусы, иммунные комплексы и неорганические частички. При повреждении стенок мелких кровеносных сосудов кровотечение прекращается