

БИЛИЧ Г.Л. • ЗИГАЛОВА Е.Ю. • ПАСЕЧНИК В.В.

ТОМ 2

БИОЛОГИЯ

ДЛЯ АБИТУРИЕНТОВ



Москва
2022

УДК 373:57
ББК 28я721
Б61

Билич, Габриэль Лазаревич.

Б61 Биология для абитуриентов : ЕГЭ, ОГЭ и олимпиады любого уровня сложности в 2 тт. Том 2 : Человек, Генетика, Селекция, Эволюция, Экология / Билич Г.Л., Зигалова Е.Ю., Пасечник В.В. — Москва : Эксмо, 2022. — 480 с.

Издание предназначено для учеников средних школ, гимназий и лицеев, участников олимпиад по биологии различного уровня сложности. Второй том включает в себя разделы: эволюция, биотехнология, селекция, изменчивость, наследственность, генетика, экология, биологическая и психолого-социальная сущность человека, ткани, органы, системы и аппараты органов. Написано в соответствии с программой вступительных экзаменов в медико-биологические вузы. Каждая глава пособия, кроме фактического материала, содержит элементы самоконтроля усвоения знаний, подготовленные академиком В.В. Пасечником.

УДК 373:57
ББК 28я721

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
Пасечник Владимир Васильевич**

БИОЛОГИЯ ДЛЯ АБИТУРИЕНТОВ

ЕГЭ, ОГЭ и олимпиады любого уровня сложности, в 2 тт.

Том 2

ЧЕЛОВЕК, ГЕНЕТИКА, СЕЛЕКЦИЯ, ЭВОЛЮЦИЯ, ЭКОЛОГИЯ

Главный редактор *Р. Фасхутдинов*. Руководитель медицинского направления *О. Шестова*

Ответственный редактор *О. Ключникова*. Художественный редактор *Е. Анисина*

Компьютерная верстка *С. Терентьева*. Корректор *О. Пономарев*

В коллаже на обложке использована иллюстрация:

Billion Photos / Shutterstock.com

Используется по лицензии от Shutterstock.com

Страна происхождения: Российская Федерация

Шығарылған елі: Ресей Федерациясы

ООО «Издательство «Эксмо»

123008, Россия, город Москва, улица Зорге, дом 1, строение 1, этаж 20, каб. 2013.

Тел.: 8 (495) 411-68-86.

Home page: www.eksmo.ru E-mail: info@eksmo.ru

Финанс: «ЭКСМО»-АКБ Баспасы.

123008, Ресей, қала Мәскеу, Зорге көшесі, 1-й, 1-ғимарат, 20 қабат, офис 2013 ж.

Тел.: 8 (495) 411-68-86.

Home page: www.eksmo.ru E-mail: info@eksmo.ru

Тауар белгісі: «Эксмо»

Интернет-магазин: www.book24.ru

Интернет-магазин: www.book24.kz

Интернет-дүкен: www.book24.kz

Импортер в Республику Казахстан ТОО «РДЦ-Алматы».

Казахстан Республикасындағы импорттаушы «РДЦ-Алматы» ЖШС.

Дистрибутор и представитель по прямому поручению на производство,

в Республике Казахстан: ТОО «РДЦ-Алматы»

Казахстан Республикасында дистрибутор және өнім бойынша арыз-талғаттарды

қабылдаушының есімі: «РДЦ-Алматы» ЖШС.

Алматы қ., Домбровский көш., 3-а, литер Б, офис 1.

Тел.: 8 (727) 251-59-90/91/92. E-mail: RDC-Almaty@eksmo.kz

Финанс: жарамдық көрсеткіштермен.

Сертификация туралы ақпарат: 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

Өндiрген мемлекет: Ресей. Сертификация қарастырылмаған

Дата изготовления / Подписано в печать 01.02.2022. Формат 70х100¹/₁₆.

Печать офсетная. Усл. печ. л. 38,89.

Доп. тираж 2000 экз. Заказ



ISBN 978-5-04-100084-4



9 785041 000844 >

ISBN 978-5-04-100084-4

Официальный
интернет-магазин
издательской группы
«ЭКСМО-АСТ»

book 24.ru

■ ЧИТАЙ · ГОРОД

© Билич Г.Л., Зигалова Е.Ю., Пасечник В.В., текст, 2019
© ООО «Издательство «Эксмо», 2022

ЧЕЛОВЕК

ПОЛОЖЕНИЕ ЧЕЛОВЕКА В ПРИРОДЕ

Человек относится к **типу хордовых**, подтипу **позвоночных**, классу **млекопитающих**, подклассу **плацентарных одноутробных**, отряду **приматов**, подотряду **человекоподобных приматов**, секции **узконосых обезьян Нового Света**, надсемейству **человекообразных приматов**, семейству **людей**, виду **«человек разумный»**, подвиду **«современный человек»**. В состав надсемейства человекообразных приматов входит **семейство гоминид**, куда относятся *современный человек разумный* и *ископаемые люди*. Человек разумный имеет **общие черты с другими позвоночными**. Основные из них: 1. Наличие внутреннего скелета, основу которого составляет осевой скелет, состоящий из метамерных позвонков. 2. Разделение черепа на два отдела: мозговой, являющийся вместилищем головного мозга, и лицевой, служащий скелетом для органов чувств и начальных отделов пищеварительного и дыхательного путей. 3. Гомологичные пары пятипалых конечностей, скелет которых прикрепляется посредством поясов к осевому скелету. 4. Центральная нервная система состоит из спинного и головного мозга. Последний представлен пятью отделами, содержащими полости — желудочки. 5. Периферическая нервная система состоит из 12 пар черепных нервов (I, II и VIII являются нервами органов чувств, III, IV, VI и XII — двигательными, а V, VII, IX, X, XI — смешанными), а также смешанных спинномозговых нервов. Последние отходят сегментарно от спинного мозга двумя корешками. 6. Дифференцированные органы чувств. 7. Выстланная серозной оболочкой полость тела, разделенная на три отдела: перикард, плевру и брюшину. 8. Наружные (кожные) покровы состоят из эпидермиса и дермы. 9. Органы пищеварения начинаются расположенной на головном конце тела полостью рта, снабженной зубами, которая переходит в глотку, затем идут пищевод, расширенный желудок и кишечник, снабженный двумя крупными железами — печенью и поджелудочной. 10. Органы дыхания состоят из воздухоносных путей и легких, в которых происходит газообмен.

11. Замкнутая кровеносная система состоит из артерий, микроциркулярного русла и вен. Наличие центрального органа кровообращения — сердца, разделенного (как у всех наземных позвоночных) на артериальную и венозную половины. 12. Органы выделения, представленные почками и мочевыводящими путями (мочеточники, мочевой пузырь, мочеиспускательный канал). 13. Парные половые железы, в них образуются гаметы (половые клетки) и синтезируются половые гормоны. 14. Железы внутренней секреции.

Человек относится к **млекопитающим**, которые обладают рядом признаков, отличающих их от других позвоночных. Это, в первую очередь, **наличие молочных желез, волосяного покрова, кожных желез, четырехкамерного сердца с одной левой дугой аорты и постоянной температурой тела**. Наряду с описанными **человек обладает рядом морфологических признаков, общих с другими млекопитающими**: 1. Череп, сочленяющийся с I шейным позвонком двумя мыщелками. 2. Семь шейных позвонков, I и II позвонки отличаются от остальных. 3. Гетеродонтные зубы, сочленяющиеся с челюстями с помощью неподвижных зубоальвеолярных сочленений. Смена молочных зубов постоянными. Наличие резцов, клыков и коренных зубов. 4. Наличие трех слуховых косточек в полости среднего уха и развитого наружного уха. 5. Наличие оформленных губ, в толще которых расположены мышцы, и щек. 6. Наличие слюны, содержащей ферменты, расщепляющие крахмал. 7. Усложненная пищеварительная трубка с расширенным желудком. 8. Наличие диафрагмы, разделяющей грудную и брюшную полости. 9. Легкие, построенные из ацинусов, состоящих из альвеол. 10. Отсутствие ядер в зрелых эритроцитах. 11. Наличие новой коры (неокортекса) головного мозга. 12. Развитие гортани с голосовыми связками. 13. Окаймленные ресницами веки.

Человек принадлежит к отряду приматов. **С большинством приматов человека сближает ряд общих морфофункциональных особенностей**: 1. Относительно крупный головной мозг с развитым конечным мозгом и корой полушарий большого мозга, увеличение лобной, височной и затылочной долей конечного мозга, ассоциативных зон лобных и теменных долей. 2. Пятипалая хватательная кисть с противопоставляющимся большим пальцем. Очень подвижные верхние конечности с развитыми ключицами и способностью к пронации и супинации. 3. Плоские ногти на пальцах кистей и стоп. 4. Наличие папиллярных линий и узоров на ладонях и подошвах. 5. Увеличенный мозговой отдел черепа. 6. Относительно большая продолжительность жизни. 7. Опорная стопа. 8. Слабое развитие органов обоняния, хорошее — органов слуха и зрения. 9. Высокая степень гомологии ДНК человека и приматов. Так, у человека и шимпанзе около 90% сходных генов. 10. Низкая плодовитость, компенсируемая

сильно развитой заботой о потомстве. 11. Строение внутренних органов. 12. Строение мимической мускулатуры.

В то же время человек по своему строению существенно отличается от приматов и, в том числе, от человекообразных обезьян. **Основные отличительные признаки:** 1. Очень крупный (абсолютно и относительно) мозг, превосходящий в 3–4 раза мозг человекообразных обезьян, развитие и дифференцировка областей, связанных с членораздельной речью и мышлением (лобная и височная доли, нижняя теменная область). 2. Изменение пропорций конечностей — удлинение ног по сравнению с руками. 3. S-образная форма позвоночника с четко выраженными шейным и поясничным лордозами. 4. Особое развитие и расположение некоторых мышц (например, малоберцовых) и связок нижних конечностей в связи с прямохождением. 5. Форма таза. 6. Уплощенная в переднезаднем направлении грудная клетка. 7. Сводчатая стопа с массивным большим пальцем и некоторой редукцией остальных. 8. Полное противопоставление большого пальца кисти остальным. 9. Особенности строения гортани в связи с членораздельной речью (например, голосовая мышца). 10. Относительное увеличение мозгового отдела черепа и уменьшение лицевого в связи с редукцией жевательных мышц и челюстей. 11. Уменьшение волосяного покрова. 12. Сильное развитие папиллярных узоров на коже подушечек пальцев кисти. 13. Увеличение периода детства. У человека соотношение длительности детства и общей продолжительности жизни 1 : 5, у приматов 1 : 6 — 1 : 13.

Все современные люди относятся к одному виду, который широко расселен по Земле. Представители различных рас и популяций дают при смешении плодотворное потомство.

БИОЛОГИЧЕСКАЯ И ПСИХОСОЦИАЛЬНАЯ СУЩНОСТЬ ЧЕЛОВЕКА

Человек разумный (*Homo sapiens sapiens*) — уникальное существо. Помимо анатомического строения, человека отличают от всех других животных мышление, членораздельная речь, сознание, самосознание (понимание своей индивидуальности), нравственность, способность к творчеству, умозаключениям и предвидению, особая, присущая только ему (!) человеческая сексуальность и свобода морального выбора.

Человек — микрокосмос, в нем заключена суть всех вещей. «Человек — средоточение земли и неба» — утверждает конфуцианство (Ли Цзи. Книга ритуалов, 7.3.1–7). Об этом же говорит и Талмуд: «Все, что Всевышний создал в мире, Он создал и в человеке» (Авот, 31).

Одно из важнейших свойств человеческой личности — ответственность и свобода выбора. Человек волен идти тем путем, по которому он хочет идти. «Жизнь и смерть предложил Я тебе, благословение и проклятие. Избери же жизнь, дабы жить тебе и потомству твоему» — сказано в Библии (Второзак., 30:19). Жизнь — это процесс роста и развития — физического и духовного. Лишь человеку присущи самовоспитание и духовное совершенствование. Об этом прекрасно говорит буддизм: «Постепенно, мало-помалу, время от времени, мудрец должен стряхивать с себя грязь, как серебряных дел мастер — с серебра» (Дхаммапада, 23а).

Кто я? Зачем я здесь? Что я? Откуда я? Куда я иду? Вот основные вопросы, волнующие каждого человека и все человечество.

Кто я? Homo sapiens sapiens, человек разумный разумный. Обратите внимание — слово «разумный» употребляется дважды в названии человека. Великий поэт Фирдоуси писал о человеке:

*Умом одаренный и мыслью богат,
Вместилище духа и разума он,
И мир бессловесных ему подчинен.*

Зачем я здесь? Миссия человека — несение добра и исправление мира. Поиски и обретение счастья и радости — пожалуй, основная цель каждого человека. Это подчеркивают многие мировые религии. В Библии: «Святой Дух обретает только в том, у кого сердце наполнено радостью» (Иерусалимский талмуд, Сукка 5.1), в синтоизме: «Я сотворил людей, поскольку желал видеть жизнь радостную» (Тереке, Офидэсаки, 14:25).

Что я? Сущность человека выражена в его нравственности и подлинности. Будучи существом биологическим, человек занимает особое положение благодаря разуму, интеллекту и свободе выбора. Все это можно объединить термином «дух». Именно дух — главное свойство человеческой личности. Дух включает многочисленные сложные и разнообразные эмоциональные и волевые качества (любовь, доброта, самопожертвование, раскаяние, благодарность и т. д.).

Одна из важнейших особенностей человека — это его мораль (от *фр.* morale — нравственность). Нравственность — совокупность норм и принципов поведения людей по отношению к обществу и другим людям. Нравственность является важной составляющей душевного здоровья, душевного благополучия. Мораль связана со свободой выбора между добром и злом в каждой конкретной жизненной ситуации. Чтобы сделать этот выбор, необходимо знать универсальную моральную систему и неукоснительно следовать ей. И здесь возникает, пожалуй, главный, концептуальный для каждого человека и для всего

человечества вопрос: а существует ли такая система и является ли она объективной? Существует ли абсолютная мораль?

Несмотря на культурные, этнические, образовательные, социальные и другие различия, у всех людей есть нечто общее (здесь мы не имеем в виду анатомо-физиологические особенности вида *Homo sapiens*). Следует обратить внимание на тот факт, что врачи лечат, а психоаналитики анализируют любого человека, независимо от его религиозных убеждений, национальности или социального положения.

В человеческом обществе существуют объективные законы морали. Они существуют изначально, сколько существует человек, так как объективно отражают не биологическую, а социальную сущность человека — личности, индивидуума. И именно эти законы объединяют всех нас, людей, живущих на планете Земля, в единую общность — человечество.

Человек свободен в выборе, следовать или не следовать этим законам. Но именно на них основаны взаимоотношения людей, народов, государств, международное право.

ТКАНИ

Ткань — это исторически сложившаяся общность клеток и межклеточного вещества, объединенных единством происхождения, строения и функции. В организме человека выделяют четыре типа тканей: эпителиальные, соединительные, мышечные и нервную.

ЭПИТЕЛИАЛЬНЫЕ ТКАНИ

Эпителиальные ткани покрывают поверхность тела и выстилают слизистые оболочки, отделяя организм от внешней среды (покровный эпителий), а также образуют железы (железистый эпителий). Эпителий образует слой клеток, лежащих на тонкой базальной мембране, лишенный кровеносных сосудов, его питание осуществляется за счет подлежащей соединительной ткани. *Базальная мембрана* — слой межклеточного вещества (белков и полисахаридов), располагающийся на границе между различными тканями, например между эпителиальным пластом и подлежащей соединительной тканью.

В зависимости от количества слоев клеток поверхностный эпителий подразделяют на однослойный и многослойный (рис. 1). *Однослойный эпителий* покрывает серозные оболочки (брюшина, плевра, перикард), выстилает большинство слизистых оболочек, а *многослойный* покрывает кожу и выстилает некоторые слизистые оболочки (на-

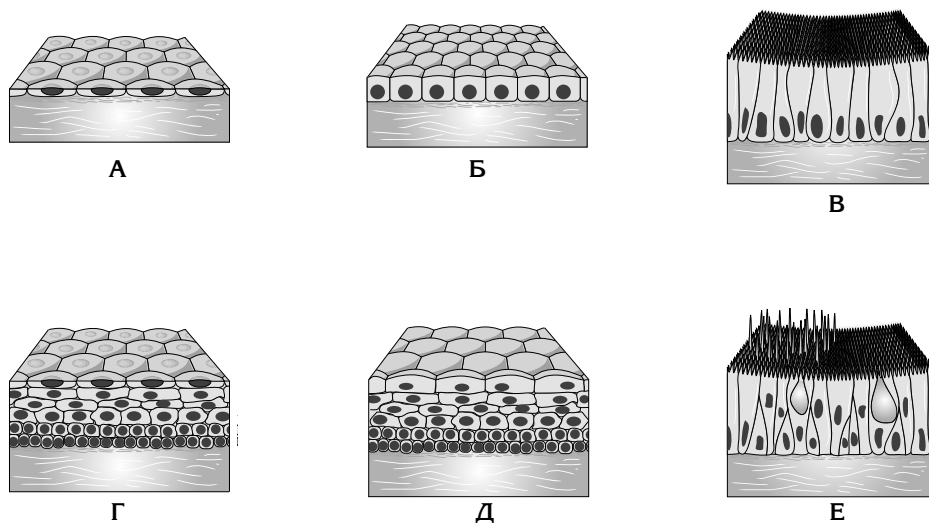


Рис. 1. Строение эпителиальной ткани:

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

пример, конъюнктиву глаза, ротовую полость, глотку, пищевод, влагалище).

Железистый эпителий (железа) представляет собой орган, паренхима которого сформирована из железистых клеток. Железы подразделяются на *экзокринные*, имеющие выводные протоки; *эндокринные*, не имеющие выводных протоков и выделяющие синтезируемые ими продукты непосредственно в межклеточное пространство, откуда они поступают в кровь и лимфу; *смешанные*, состоящие из экзо- и эндокринных отделов (например, поджелудочная железа). Кроме того, имеется множество *одноклеточных желез* — *бокаловидных клеток*, лежащих среди других эпителиальных клеток, покрывающих слизистые оболочки полых органов пищеварительной, дыхательной и половой систем, которые вырабатывают слизь (рис. 2).

Экзокринная железа состоит из начального (секреторного) отдела, сформированного железистыми клетками, которые вырабатывают различные секреты, и протоков. В зависимости от строения секреторного отдела различают трубчатые (наподобие трубки), ацинозные (напоминают грушу или удлиненную виноградину) и альвеолярные (напоминают шарик), а также трубчато-ацинозные и трубчато-альвеолярные железы, секреторные отделы которых имеют и ту и другую форму. В зависимости от строения протоков железы подразделяются на *простые*, имеющие один проток, и *сложные*, в главные выводные

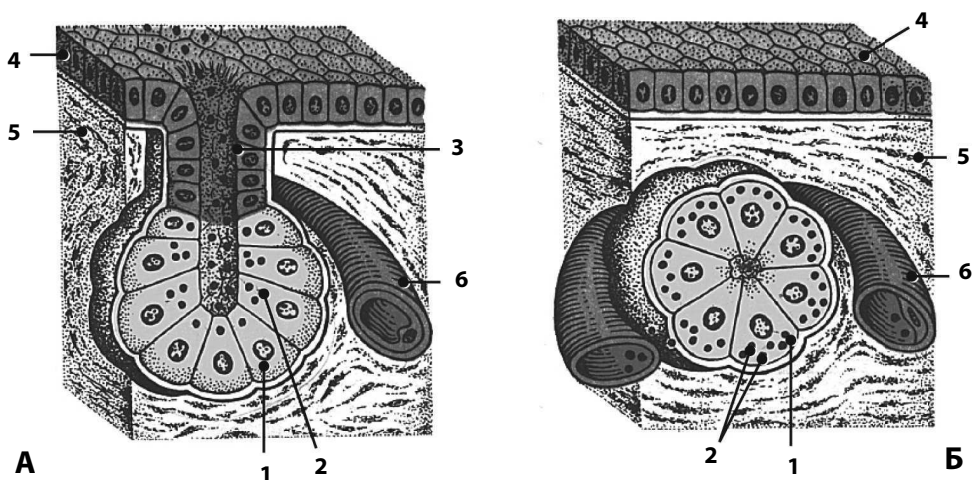


Рис. 2. Схема строения экзокринной и эндокринной желез:

А — экзокринная железа, Б — эндокринная железа; 1 — начальный отдел, 2 — секреторные гранулы, 3 — выводной проток экзокринной железы, 4 — покровный эпителий, 5 — соединительная ткань, 6 — кровеносный сосуд

протоки которых вливается множество протоков, в каждый из которых, в свою очередь, открывается несколько секреторных отделов. Железы вырабатывают различные секреты: белковый (серозные железы), слизь (слизистые) и смешанный.

СОЕДИНИТЕЛЬНЫЕ ТКАНИ

Соединительные ткани представляют обширную группу, включающую собственно соединительные ткани (рыхлая волокнистая и плотная волокнистая неоформленная и оформленная), ткани со специальными свойствами (ретикулярная, пигментная, жировая), твердые скелетные (костная, хрящевая) и жидкие (кровь и лимфа). Соединительные ткани выполняют различные функции: опорную (или механическую), трофическую (или питательную), защитную.

В отличие от других тканей, соединительные сформированы из многочисленных клеток и вырабатываемого ими межклеточного вещества. Последнее состоит из аморфного вещества и различных волокон (коллагеновых, эластических, ретикулярных). Межклеточное вещество имеет различную консистенцию — от твердого у кости до жидкого у крови и лимфы.

Многие клетки крови являются одновременно и клетками соединительной ткани, а другие — их предшественниками, поэтому целесообразно начать описание соединительных тканей с крови.

Кровь (рис. 3). «Кровь — особый сок», — восклицает Мефистофель («Фауст» И. В. Гете). И действительно, жизнь человека связана с кровью, которая выполняет следующие функции: транспортную, трофическую (питательную), защитную, гомеостатическую (кровоостанавливающую). Кроме того, кровь участвует в сохранении постоянного состава и свойств внутренней среды организма — гомеостаза (от *греч.* *homoios* — одинаковый и *stasis* — состояние, неподвижность). Общее количество крови у взрослого человека 4–6 л, что составляет 6–8% массы тела (у мужчин в среднем около 5,4 л, у женщин — около 4,5 л). Потеря 10% крови допустима, 30% — опасна, а 50% — смертельна.

Кровь состоит из клеток (44% объема крови), взвешенных в жидком межклеточном веществе сложного состава (плазма — 54% объема). Плазма — это жидкая часть крови, в которой содержится до 91% воды, 6,5–8,0% белков, около 2% низкомолекулярных соединений, рН плазмы колеблется в пределах от 7,37 до 7,43, а удельный вес — 1,025–1,029. Плазма богата как электролитами, так и неэлектролита-

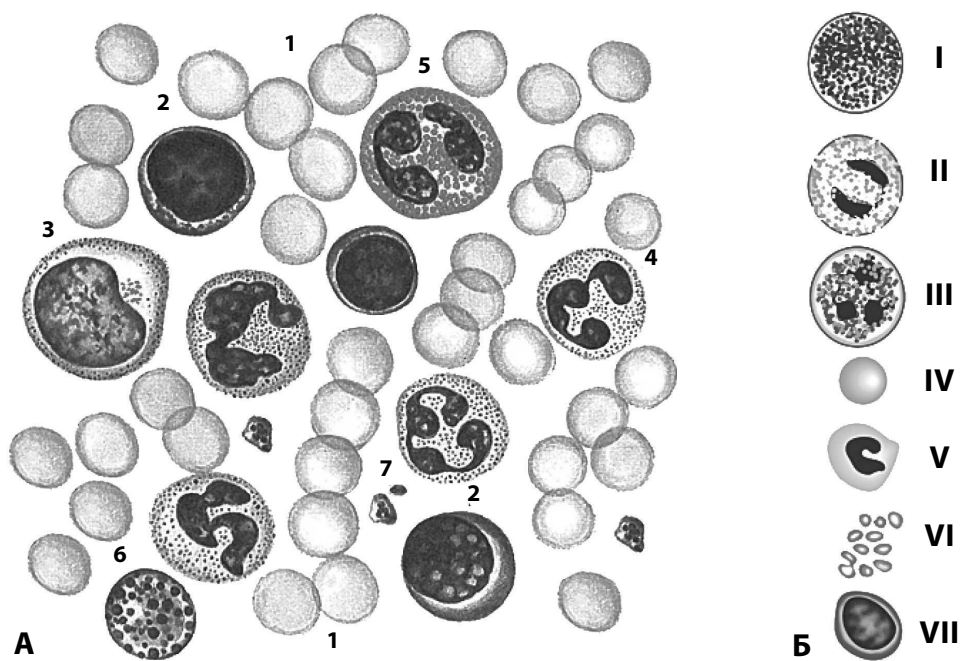


Рис. 3. Кровь:

А — 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

ми. Белки плазмы крови (6,5–8,0 г/л, альбумины и глобулины) выполняют трофическую, транспортную, защитную, буферную функции; они также участвуют в свертывании крови и создании коллоидно-осмотического давления. В крови содержатся безъядерные клетки эритроциты — в среднем $(4,0–5,0) \times 10^{12}/\text{л}$ (муж. — $4,0 \times 10^{12} – 5,6 \times 10^{12}/\text{л}$; жен. — $3,4 \times 10^{12} – 5,0 \times 10^{12}/\text{л}$), лейкоциты — в среднем $(4,0–6,0) \times 10^9$ (муж. — $4,3 \times 10^9 – 11,3 \times 10^9/\text{л}$; жен. — $3,2 \times 10^9 – 10,2 \times 10^9/\text{л}$), среди которых выделяют зернистые, или гранулоциты, и незернистые, или агранулоциты (моноциты). В крови имеются также кровяные пластинки (тромбоциты), число которых составляет $(180,0–320,0) \times 10^9/\text{л}$. В крови постоянно присутствуют также клетки лимфоидного ряда (лимфоциты), которые являются структурными элементами лимфоидной (иммунной) системы.

Эритроциты (от *греч.* erythros — красный), или красные кровяные тельца, имеют форму двояковогнутых дисков диаметром от 7 до 10 мкм (рис. 4). Эритроцит — единственная клетка человека, лишенная ядра. Эритроцит заполнен гемоглобином, осуществляющим перенос кислорода и углекислого газа. Эритроциты выполняют свои функции, только находясь в просвете сосудов. Общее количество эритроцитов взрослого человека достигает 25×10^{12} . Длительность жизни эритроцитов около 120 дней, после чего они разрушаются и поглощаются макрофагитами в селезенке, костном мозге и печени.



ЭТО ВАЖНО!

Общая площадь поверхности всех эритроцитов около 3800 м^2 . Если сложить все эритроциты человека в один ряд, длина цепочки составит 175 000 км, ею можно было бы опоясать земной шар более четырех раз.

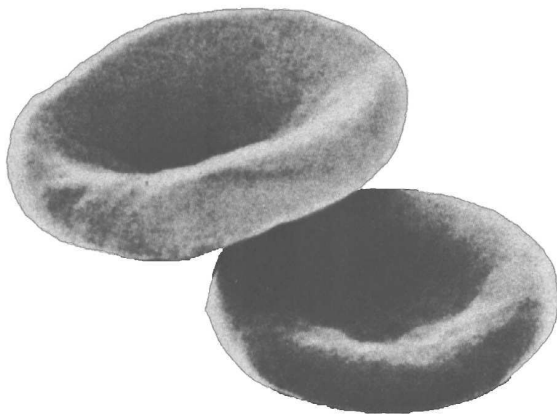


Рис. 4. Нормальные эритроциты в форме двояковогнутого диска

В 1900–1901 гг. венский ученый **К. Ландштейнер** совершил одно из величайших открытий в медицине, и в 1930 г. ему была присуждена Нобелевская премия «За открытие групп крови человека». Эритроцит покрыт цитолеммой толщиной около 7 нм, в которую встроены антигены систем АВО и резус. *Антиген* — любое вещество (обычно в его состав входит белок), которое способно вызвать иммунную реакцию. *Иммунная реакция* — это ответ организма на внедрение чужого агента. В плазме крови каждого человека имеются антитела против антигенов эритроцитов, которые не содержатся в его собственной крови. *Антитело* — это молекула белка, вырабатываемая одной из клеток иммунной системы в ответ на внедрение антигена. Ландштейнер описал четыре группы крови (табл. 1).

Таблица 1

Группы крови человека

Группа крови	О (I)	А (II)	В (III)	AB (IV)
Частота в популяции	46%	42%	9%	3%
Агглютиногены	—	A	B	A+B
Агглютинины	a+b	b	a	—

Ученый обнаружил, что при смешивании плазмы крови одного человека и эритроцитов другого часто происходит их *склеивание (агглютинация)*. Это приводит к закупориванию мелких сосудов, что может привести к смертельному исходу. Для разделения крови на группы смешивали эритроциты с пробными сыворотками — так называемыми сыворотками анти-А и анти-В. Ландштейнер выявил, что эритроциты группы О не агглютинируются ни одной из сывороток; эритроциты группы АВ агглютинируются обеими сыворотками; эритроциты группы А агглютинируются сывороткой анти-А, но не агглютинируются сывороткой анти-В; наконец, эритроциты группы В агглютинируются сывороткой анти-В, но не агглютинируются сывороткой анти-А. В сыворотке крови группы О содержатся групповые антитела анти-А и анти-В; в сыворотке группы А имеются только антитела анти-В, в сыворотке группы В — антитела анти-А, а в сыворотке АВ групповые антитела отсутствуют.



ЭТО ВАЖНО!

В сыворотке крови содержатся только те антитела (изоагглютинины), которые не агглютинируют эритроциты этой группы, поэтому при необходимости человеку следует переливать кровь только той же группы.

В 1940 г. Ландштейнер открыл еще один фактор крови — *резус* (Rh-фактор), который впервые был обнаружен у обезьяны макаки резус. У 85% людей эритроциты несут на своей поверхности Rh-антиген, это *Rh-положительные* (*Rh+*), у других он отсутствует, их называют *резус-отрицательными* (*Rh-*). Если человеку *Rh-* перелить кровь от *Rh+* донора, то у первого в течение двух-четырех месяцев будут продуцироваться Rh-антитела, и если ему перелить еще раз *Rh+* кровь, то произойдет агглютинация *Rh+* эритроцитов. К. Ландштейнер обнаружил связь между Rh-фактором и желтухой новорожденных. Если *Rh-* женщина беременна от *Rh+* мужчины, плод может оказаться *Rh+*. Тогда при первой беременности в организме матери вырабатываются Rh-антитела. При последующей беременности, если эта женщина вынашивает *Rh+* плод, ее Rh-антитела проникают через плаценту в кровь плода и вызывают у него агглютинацию эритроцитов, что приводит к желтухе новорожденного.

Группы крови детей чаще всего зависят от группы крови одного из родителей (табл. 2).

В настоящее время широко проводится *переливание крови*, как высокоэффективное средство лечения многих заболеваний. Это основное средство для спасения жизни человека при кровотечениях, выраженной анемии (малокровии), шоке, заражении крови (сепсис); сложных операциях, сопровождающихся большой кровопотерей. В 1914 г. **А. Юстен** открыл способность лимоннокислого натрия предотвращать свертывание крови. Это создало предпосылки для заготовки, длительного хранения крови и возможности использовать ее по мере необходимости. Человек, который сдает кровь, называется *донором* (дающим).

Таблица 2

Группы крови родителей и детей

Мама	Папа			
	I	II	III	IV
I	I	I, II	I, III	II, III
II	I, II	II	I, II, III, IV	II, IV
III	I, III	I, II, III, IV	III	III, IV
IV	II, III	II, IV	III, IV	II, III, IV

Лейкоциты (от *греч.* leukos — белый) представляют собой ядро-содержащие клетки, обладающие амебоидной подвижностью. В отличие от эритроцитов, которые выполняют присущие им функции в просвете кровеносных сосудов, лейкоциты осуществляют свои

в тканях, куда они мигрируют посредством диапедеза (от *греч.* *dia* — сквозь, *pedesis* — прыжок). В одном мкл крови здорового человека содержится 4000–8000 лейкоцитов.

► **ЭТО ВАЖНО!**

Если сложить все лейкоциты человека в один ряд, он вытянется на расстояние около 525 км.

К *зернистым лейкоцитам (гранулоцитам)* относятся *нейтрофильные*, или *полиморфноядерные*, которые составляют от 93 до 96% всех гранулоцитов (в среднем 4150 в 1 мкл крови). Время их циркуляции в крови не превышает 8–12 ч, затем посредством диапедеза они мигрируют в соединительную ткань. *Зрелый нейтрофильный гранулоцит* представляет собой сферическую клетку диаметром 10–12 мкм с дольчатым ядром. В ядрах нейтрофильных гранулоцитов женщин имеются тельца полового хроматина (тельца Барра)¹ диаметром до 1,5–2,0 мкм. Цитоплазма гранулоцита богата гранулами двух типов: нейтрофильными и азурофильными, которые участвуют в фагоцитозе и инаktivации фагоцитированного материала. Нейтрофилы — **первая линия обороны** внутренней среды организма. Осуществляя фагоцитоз продуктов распада и микроорганизмов, нейтрофильные гранулоциты погибают, а освобождающиеся при этом лизосомальные ферменты разрушают окружающие ткани, способствуя формированию гноя. В состав гноя обычно входят разрушенные нейтрофильные гранулоциты и продукты распада ткани. Количество нейтрофильных гранулоцитов резко возрастает при острых воспалительных и инфекционных заболеваниях.

Эозинофильные (ацидофильные) гранулоциты диаметром 10–15 мкм составляют 0,5–5,0% циркулирующих лейкоцитов. В 1 мкл крови их число колеблется в пределах от 120 до 300 ($0,02–0,3 \times 10^9/\text{л}$). Они циркулируют в крови не более 8 дней, после чего покидают кровеносное русло через мелкие венулы и проникают в рыхлую соединительную ткань. Особенно много их в слизистой оболочке кишечника и дыхательных путей. Их двухлопастное ядро напоминает по форме гантель. В цитоплазме имеется множество крупных красных или оранжевых светопреломляющих несколько удлинённых гранул, которые представляют собой лизосомы. Эозинофильные гранулоциты осуществляют фагоцитоз, однако менее активно, чем нейтрофильные. Их подвижность также менее выражена. Эозинофильные гранулоци-

¹ Тельце Барра — одна из двух X-хромосом женских соматических клеток, которая в интерфазе остается в конденсированном состоянии.

ты участвуют в иммунных реакциях. Количество эозинофильных гранулоцитов в циркулирующей крови (эозинофилия) увеличивается при паразитарных заболеваниях, аллергических и аутоиммунных процессах.

Количество *базофильных гранулоцитов* в циркулирующей крови невелико — около 0,5% всех лейкоцитов (40–50 клеток в 1 мкл крови, $0–0,65 \times 10^9/\text{л}$), а время их циркуляции не превышает 12–15 ч. Диаметр клетки 10–12 мкм, в световом микроскопе в клетке видно множество крупных темно-синих округлых или овальных гранул. Количество их столь велико, что они маскируют крупное ядро. Гранулы содержат гистамин и гепарин. Базофилы также осуществляют фагоцитоз и участвуют в аллергических реакциях.

Лимфоциты, которые являются структурными элементами лимфоидной (иммунной) системы, составляют 25–40% всех лейкоцитов (1000–4000 в 1 мкл), они преобладают в лимфе. Все лимфоциты имеют сферическую форму, но отличаются друг от друга размерами. Диаметр большей части лимфоцитов около 8 мкм (малые лимфоциты). Лимфоциты подразделяются на две категории: тимус-зависимые (Т-лимфоциты) осуществляют в основном клеточный иммунитет, и бурсо-зависимые (В-лимфоциты) — гуморальный иммунитет (см. раздел «Лимфоидные органы»). Морфологически они не отличаются друг от друга (даже по своей ультраструктуре).

Моноциты составляют от 3 до 11% циркулирующих лейкоцитов крови (90–600 в 1 мкл, $0,09–0,6 \times 10^9/\text{л}$). Время их пребывания в кровеносной системе 2–3 дня, после чего они мигрируют в ткани, где превращаются в макрофаги и выполняют свою главную функцию — защиту организма. Моноцит — клетка овальной формы, диаметром около 15 мкм с крупным почкообразным, богатым хроматином ядром и большим количеством цитоплазмы, в которой имеется множество лизосом.

Тромбоциты, или **кровяные пластинки**, — уплощенные овальные двояковыпуклые безъядерные фрагменты крупных клеток мегакариоцитов диаметром 2–4 и толщиной 0,5–0,75 мкм (*рис. 5*). Количество их достигает 250–350 тыс. в 1 мкл крови. Время их циркуляции в крови не превышает семи дней, после чего они попадают в селезенку и легкие, где разрушаются.



ЭТО ВАЖНО!

Тромбоциты участвуют в свертывании крови, остановке кровотечений, восстановительных процессах и в защите организма благодаря способности фагоцитировать вирусы, иммунные комплексы и неорганические частички.

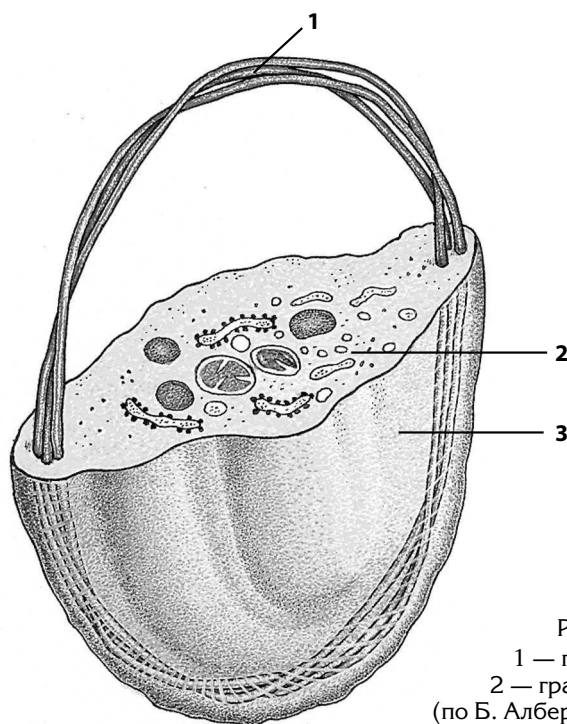


Рис. 5. Тромбоцит:
1 — пучок микротрубочек,
2 — грануломер, 3 — гиаломер
(по Б. Албертсу и соавт., с изменениями)

Остановка кровотечения. У здорового человека кровотечение в результате ранений мелких сосудов прекращается в течение 1–3 мин. Это *первичный гемостаз* (от *греч.* *haima* — кровь, *stasis* — неподвижность), связанный с сужением сосудов и склеиванием тромбоцитов. При повреждении стенки кровеносного сосуда тромбоциты прилипают к краям раны, из тромбоцитов высвобождаются биологически активные вещества, которые вызывают сужение сосудов. При более значительных повреждениях благодаря сложному процессу *вторичного гомеостаза* происходит остановка кровотечения. Под действием ферментативной активности крови, которая получила название «тромбокиназа», белок плазмы протромбин, образующийся в печени, превращается в тромбин, который вызывает переход растворимого плазменного белка фибриногена, также образующегося в печени, в нерастворимый фибрин. Последний и формирует основную часть тромба.

Рыхлая волокнистая соединительная ткань

Рыхлая волокнистая соединительная ткань (РВСТ) располагается преимущественно по ходу кровеносных и лимфатических сосудов, нервов, покрывает мышцы, образует строму (от *греч.* *stroma* — под-

стилка) — каркас органов, собственную пластинку слизистой оболочки, наружную оболочку внутренних органов. РВСТ состоит из многочисленных собственных и пришлых клеток: фибробласты, фиброциты, ретикулярные, перициты, макрофагоциты, тканевые базофилы, плазмоциты, жировые клетки, пигментные, лимфоциты, гранулярные лейкоциты, которые располагаются в межклеточном веществе, представленном коллагеновыми, эластическими, ретикулярными волокнами, которые погружены в основное (аморфное) вещество (рис. 6).

Фибробласты (от греч. fibra — волокно, blastos — зародыш) — основные специализированные фиксированные клетки соединительной ткани, богатые рибосомами, элементами зернистой (гранулярной) эндоплазмической сети и комплекса Гольджи. Фибробласты синтезируют и секретируют основные компоненты межклеточного вещества соединительной ткани: полисахариды, предшественники коллагена и эластина. Фибробласты по мере старения превращаются в *фиброци-*

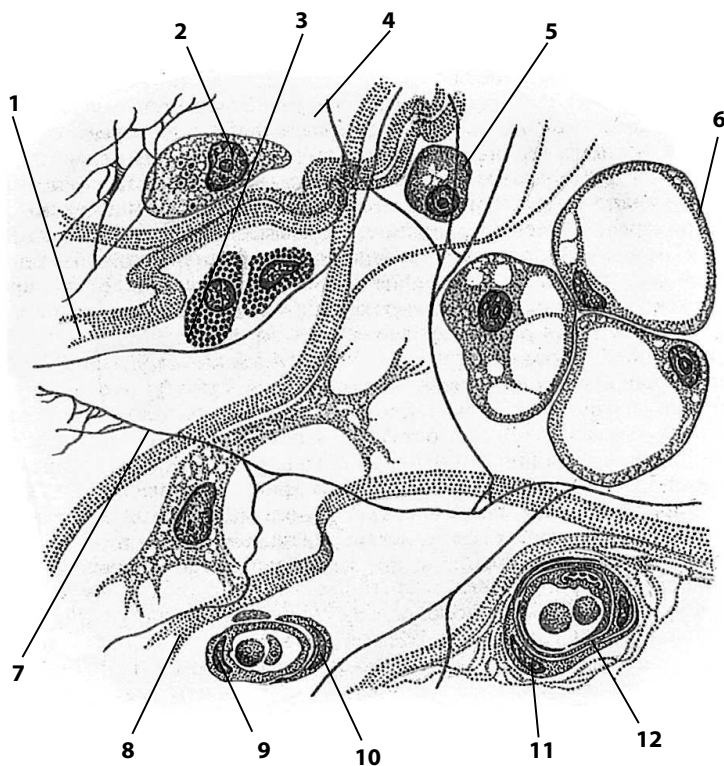


Рис. 6. Рыхлая волокнистая соединительная ткань:

- 1 — коллагеновое волокно, 2 — макрофагоцит, 3 — тканевый базофил, 4 — аморфное межклеточное (основное) вещество, 5 — плазмоцит (плазматическая клетка), 6 — адипоцит (жировая клетка), 7 — эластическое волокно, 8 — фибробласт, 9 — эндотелиоцит, 10 — перицит, 11 — миоцит, 12 — кровеносный сосуд

ты, которые весьма слабо синтезируют компоненты межклеточного вещества РВСТ. Фиброциты — многоотростчатые клетки веретенообразной формы, бедные органеллами, образуют трехмерную сеть, в пространствах которой располагаются различные клетки. *Коллагеновые волокна* образованы белком коллагеном. Три полипептидные цепи, скручиваясь, образуют молекулу тропоколлагена. Молекулы тропоколлагена, объединяясь между собой, формируют коллагеновые пучки толщиной до 150 мкм. Коллаген имеет спиральное строение, что обеспечивает создание весьма прочных малорастворимых структур.

Эластические волокна толщиной от 3 до 10 мкм образованы белком эластином, который также синтезируется фибробластами. В отличие от коллагеновых, эластические волокна способны растягиваться в 1,5 раза, после чего возвращаются в исходное состояние. Эластические волокна анастомозируют и переплетаются между собой, образуя сети, окончательные пластины и мембраны.

Тонкие (от 100 нм до 1 мкм), разветвленные, малорастворимые *ретикулярные волокна*, переплетаясь между собой, образуют мелкопетлистую сеть, в ячейках которой расположены клетки. Ретикулярные волокна образуют каркасы органов кроветворения и иммунной системы, печени, поджелудочной железы и других паренхиматозных органов, окружают капилляры, кровеносные и лимфатические сосуды, а также связаны с ретикулярными клетками.

Макрофаг (макрофагоцит). В 1882 г. **И. И. Мечников** впервые описал фагоцитоз. Вонзая в прозрачное тело личинки морской звезды шип розы, он наблюдал, что через несколько часов шип был окутан слоем «подвижных клеток... Если заноза была предварительно обмазана порошком кармина или краски индиго, то надвинувшиеся клетки оказывались наполненными этими красками... Клетки эти очень прожорливы и вбирают в себя все, что только могут захватить», — писал И.И. Мечников. Он назвал эти клетки макрофагами и указал на их возможную связь с моноцитами крови. В 70-х годах XX века сформировалось представление о *системе мононуклеарных фагоцитов (СМФ)*, включающей группу клеток, объединенных общностью происхождения (из моноцитов крови), строения и функции (активный фагоцит и пиноцитоз). Особенностью структуры макрофагов является большое количество лизосом в их цитоплазме.



ЭТО ВАЖНО!

Основные функции макрофагов — это участие в естественном, специфическом, противоопухолевом иммунитете и секретиция различных биологически активных веществ. Макрофаги — **вторая** важнейшая, весьма эффективная **линия обороны**.

Плазмоциты, или **плазматические клетки**, происходящие из В-лимфоцитов, — это белоксинтезирующие клетки, богатые элементами шероховатой эндоплазматической сети, располагающиеся вблизи мелких кровеносных сосудов в лимфоидных органах, в слизистой оболочке пищеварительной и дыхательной систем. Они вырабатывают антитела (иммуноглобулины), чем определяется их важнейшая роль в защите организма. Это **третья линия обороны**.

Тучные клетки, или **тканевые базофилы**, очень богаты крупными (до 2 мкм) гранулами, содержащими биологически активные вещества гистамин и гепарин, влияющие на кровеносные сосуды.

Ретикулярные клетки — удлинённые многоотростчатые клетки, которые, соединяясь своими отростками, формируют сеть. При неблагоприятных условиях (инфекция, внедрение инородных частиц и т. д.) ретикулярные клетки округляются, отделяются от ретикулярных волокон и становятся способными к фагоцитозу. Ретикулярные клетки и волокна образуют строму органов иммунной системы и кроветворения.

Жировые клетки, или **адипоциты**. Различают два типа жировых клеток: белые и бурые. Зрелый **однокапельный адипоцит белой жировой ткани** — крупная (50–120 мкм в диаметре) шаровидная клетка, почти полностью занятая каплей жира. Однокапельный адипоцит осуществляет синтез и внутриклеточное накопление липидов в качестве резервного материала. **Многокапельный адипоцит бурой жировой ткани** содержит множество капель жира и большое количество митохондрий.

Перициты окружают кровеносные капилляры, располагаясь снаружи от эндотелии. Перициты — это отростчатые клетки, соприкасающиеся отростками с каждым эндотелиоцитом. Они передают последним нервный импульс, который способствует накоплению или потере клеткой жидкости. Это приводит к расширению или сужению просвета капилляра.

Пигментные клетки, содержащие пигмент меланин, залегают в эпидермисе, особенно наружных половых органов и околососкового поля, в радужке и собственно сосудистой оболочке глазного яблока, в мягкой мозговой оболочке. На 1 мм² поверхности кожи приходится 1200–1500 пигментных клеток. У представителей черной и желтой рас количество их значительно больше. Цвет глаз зависит от генетически обусловленного количества пигментных клеток в радужке глаза.

В рыхлой волокнистой соединительной ткани находятся также клетки крови (**моноциты**, **зернистые лейкоциты**) и **лимфоциты**.

Плотная волокнистая соединительная ткань

Плотная волокнистая соединительная ткань (ПВСТ) характеризуется сильным развитием волокнистых структур межклеточного вещества, имеющих в основном вещество упорядоченное направление

(оформленная ткань) либо переплетающихся в разных направлениях (неоформленная ткань). Плотная соединительная ткань выполняет в основном опорную функцию.

Плотная оформленная волокнистая соединительная ткань формирует сухожилия, связки, фасции, пластины, эластический конус гортани и ее голосовые связки, желтые связки, выйную связку копытных, входит в состав стенок артерий эластического типа. Главными элементами ее являются тесно прилежащие друг к другу пучки коллагеновых или эластических волокон, между которыми залегают многочисленные фиброциты.

ТКАНИ СО СПЕЦИАЛЬНЫМИ СВОЙСТВАМИ

Ткани со специальными свойствами расположены лишь в определенных органах и на участках тела и характеризуются особым строением и своеобразной функцией (жировая, ретикулярная, пигментная).

Жировая ткань выполняет трофическую, депонирующую, формообразующую и терморегулирующую функции. Жировая ткань подразделяется на два типа: белую, образованную однокапельными жировыми клетками, и бурую, образованную многокапельными. У человека преобладает *белая жировая ткань*. Большая часть ее является резервной, это подкожная жировая клетчатка, сальники и др. Она запасает жир — источник энергии, который расходуется по мере необходимости. Количество *бурой жировой ткани* у человека невелико, она имеется, главным образом, у новорожденного ребенка и расположена в области шеи, в подмышечной ямке, под кожей спины и боковых поверхностей туловища. Бурый цвет обусловлен множеством кровеносных капилляров в ткани и митохондрий в клетках. *Главная ее функция — теплопродукция*. Бурая жировая ткань поддерживает температуру тела многих животных во время спячки и температуру новорожденных детей.

Хрящевая ткань

К соединительным тканям относятся также хрящевая и костная ткани.

Хрящевая ткань, содержащая 70–80% воды, 10–15% органических и 4–7% неорганических веществ, состоит из хрящевых клеток (*хондробластов* и *хондроцитов*) и основного (хрящевого межклеточного) вещества, находящегося в состоянии геля, в котором — соединительнотканьные волокна, в основном коллагеновые. Хондроциты располагаются в полостях — лакунах, окруженные межклеточным веществом (*рис. 7*). Различают три типа хрящевой ткани.