

Пора подкрепиться

Еда даёт нашим клеткам энергию для жизни, а также сырьё для роста и ремонта. Без неё они перестали бы работать, а мы бы умерли. Тем не менее еда и питьё бесполезны для организма в том виде, в котором они попадают в рот: ему нужны простые вещества, из которых состоят все эти бутерброды, стейки, фрукты и овощи. Извлечением питательных веществ занимается пищеварительная система — большой конвейер, который разбирает сложные продукты на составные части, подходящие нашим клеткам.

Для большинства людей остаётся загадкой, что же организм делает с едой. О пищеварении точно так же, как и о других функциях человеческого организма, стоит поговорить отдельно. Почему же пища требует такого внимания? И зачем мы едим?

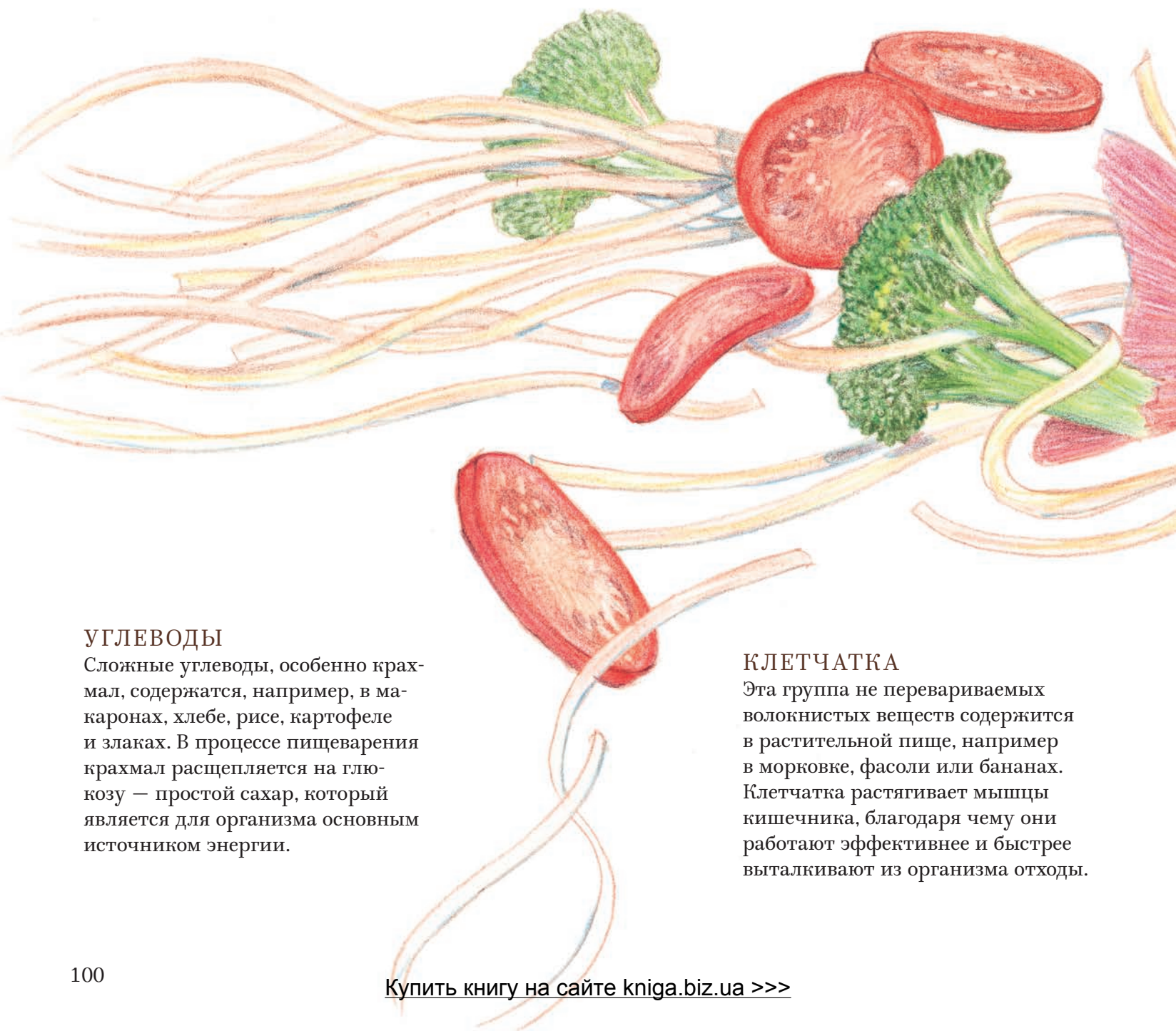
Что у нас на обед?

Сегодня в меню запечённая рыба с картошкой и овощной салат. Но вместо этого вполне может быть и гречневая каша, борщ, блины или макароны по-флотски. Ассортимент и количество сочетаний бесконечно, и это очень важно. Цвет, форма, аромат, вкус и приятные воспоминания о разных блюдах тянут нас сесть за стол и запастись необходимыми нашему организму веществами.

Питательные вещества поддерживают нашу жизнь.

Пища состоит в основном из углеводов, белков и жиров. Хотя и в меньшем количестве, но для работы организма необходимы и витамины, минералы, клетчатка. Не обойтись и без воды.

В рыбе есть некоторое количество белков, углеводов, жиров, а также ряд витаминов и минералов — многое из необходимого, но не всё. Поэтому оптимальный рацион — это такой набор продуктов, который даёт все нужные организму питательные вещества в правильном количестве.

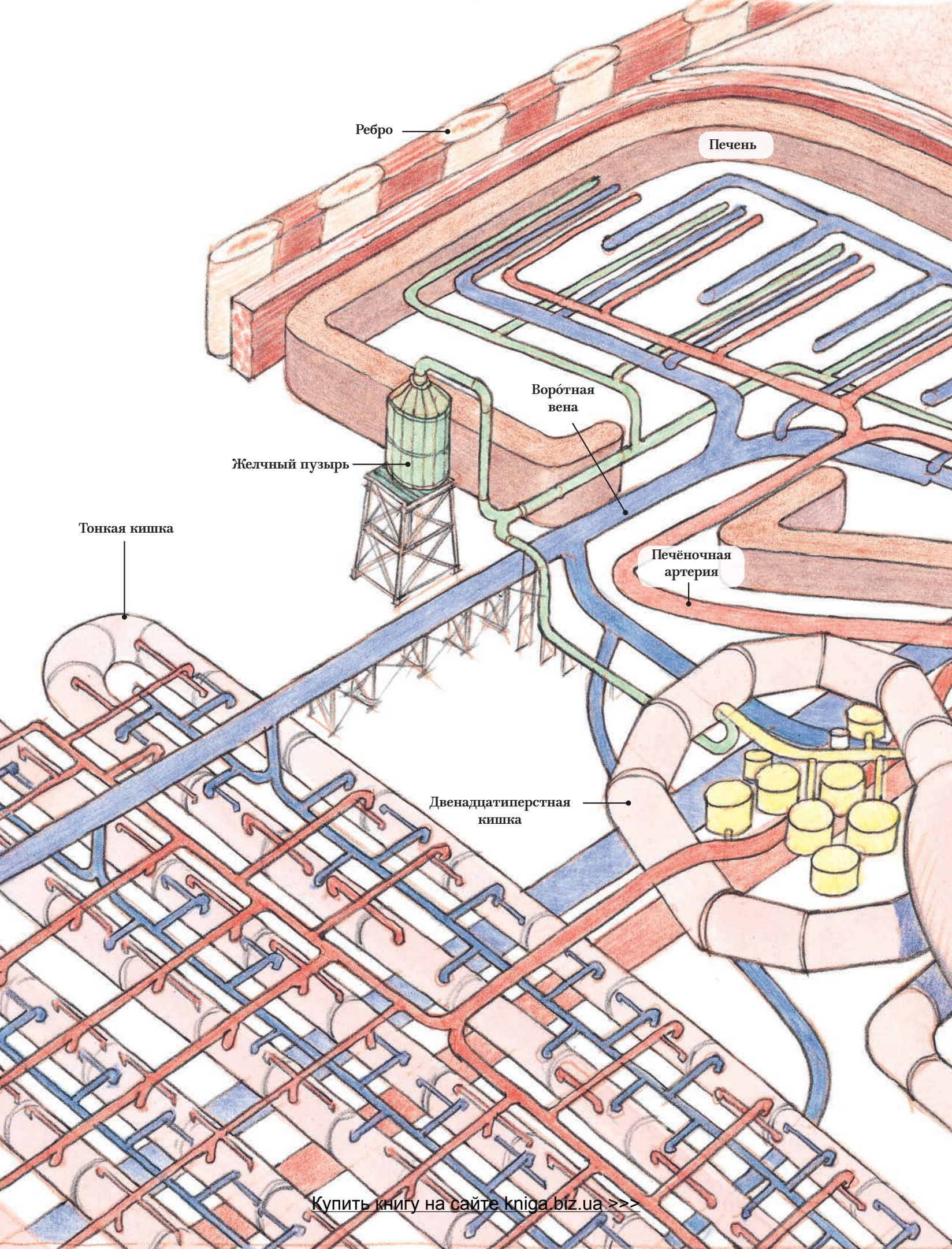


УГЛЕВОДЫ

Сложные углеводы, особенно крахмал, содержатся, например, в макаронах, хлебе, рисе, картошке и злаках. В процессе пищеварения крахмал расщепляется на глюкозу — простой сахар, который является для организма основным источником энергии.

КЛЕТЧАТКА

Эта группа не перевариваемых волокнистых веществ содержится в растительной пище, например в морковке, фасоли или бананах. Клетчатка растягивает мышцы кишечника, благодаря чему они работают эффективнее и быстрее выталкивают из организма отходы.



Ребро

Печень

Желчный пузырь

Воротная вена

Печёночная артерия

Тонкая кишка

Двенадцатиперстная кишка

Промышленная зона

Правое лёгкое

Диафрагма

Поджелудочная железа

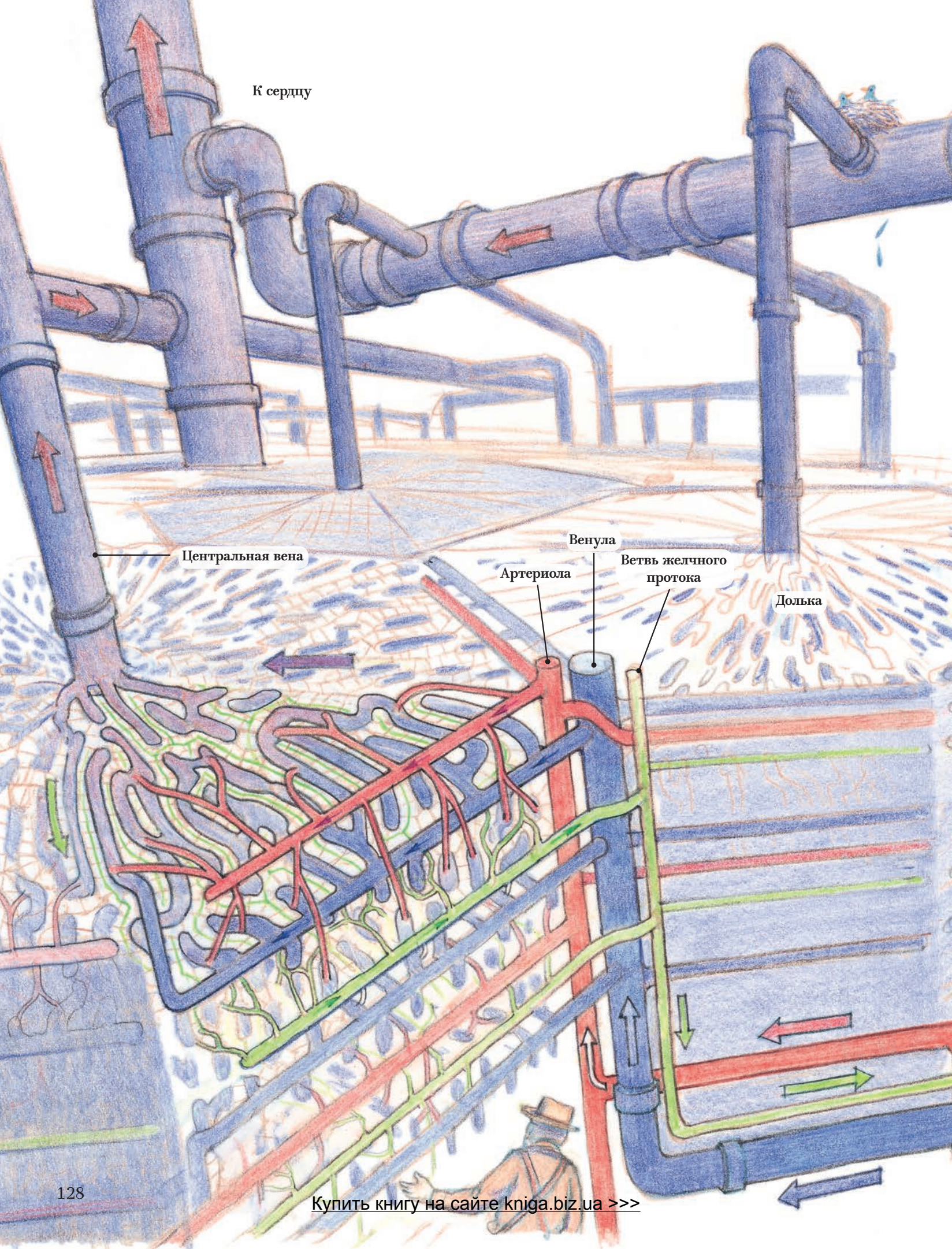
Желудок

Печень

Тёмно-красная печень — это главный завод по переработке и производству веществ в организме. Непосредственно в процессе пищеварения печень участвует, только выделяя желчь в двенадцатиперстную кишку, но при этом она выполняет сотни других жизненно важных функций, в том числе запасает питательные вещества, синтезирует белки и отслеживает химический состав крови.

Клетки печени запасают, перенаправляют и преобразовывают питательные вещества, которые поступили в кровоток из пищеварительной системы. Без этого контроля каждый приём пищи мог бы привести к резкому всплеску уровня сахара в крови, что имело бы катастрофические последствия.

В отличие от большинства органов, печень получает кровь сразу из двух источников. По печёночной артерии от сердца поступает богатая кислородом кровь. Она нужна для работы клеток самой печени. По воротной вене проходит бедная кислородом, но богатая питательными веществами кровь из пищеварительного тракта. Эту кровь печень анализирует и перерабатывает. Глубоко внутри печени оба потока смешиваются. Затем обработанная кровь выходит из печени и вскоре попадает обратно в сердце.



К сердцу

Центральная вена

Венула

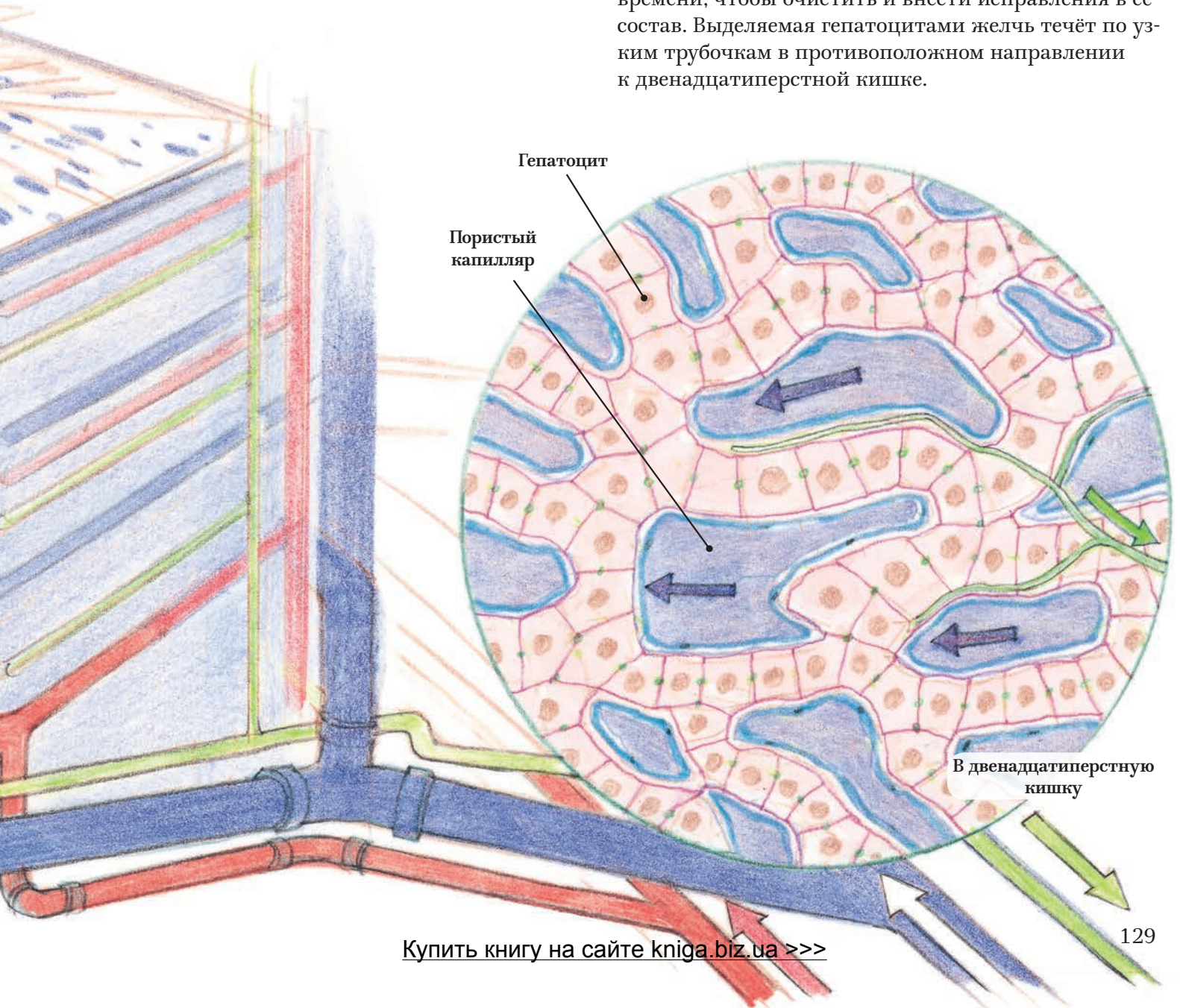
Артериола

Ветвь желчного протока

Долька

Перерабатывающий завод

Человек не замечает работу своей печени. Однако за час вся наша кровь успевает побывать в печени несколько раз. Если мы посмотрим на печень под микроскопом, то увидим гепатоциты — настоящих умельцев, «рабочих лошадок» печени. Эти клетки образуют тысячи шестигранных долек размером с кунжутное зёрнышко. Внутри каждой дольки между гепатоцитами находится лабиринт широких пористых капилляров, которые сходятся к центральной вене. По углам дольки расположены три сосуда: два несут в печень кровь, а один — из печени желчь. Артерия подводит кровь из сердца, а венула — из пищеварительного тракта. Пока кровь движется через лабиринт к центральной вене, у гепатоцитов достаточно времени, чтобы очистить и внести исправления в её состав. Выделяемая гепатоцитами желчь течёт по узким трубочкам в противоположном направлении к двенадцатиперстной кишке.





Плазма крови

Гепатоцит

Желчный каналец

Капилляр печени

Макрофаг

Клетки печени

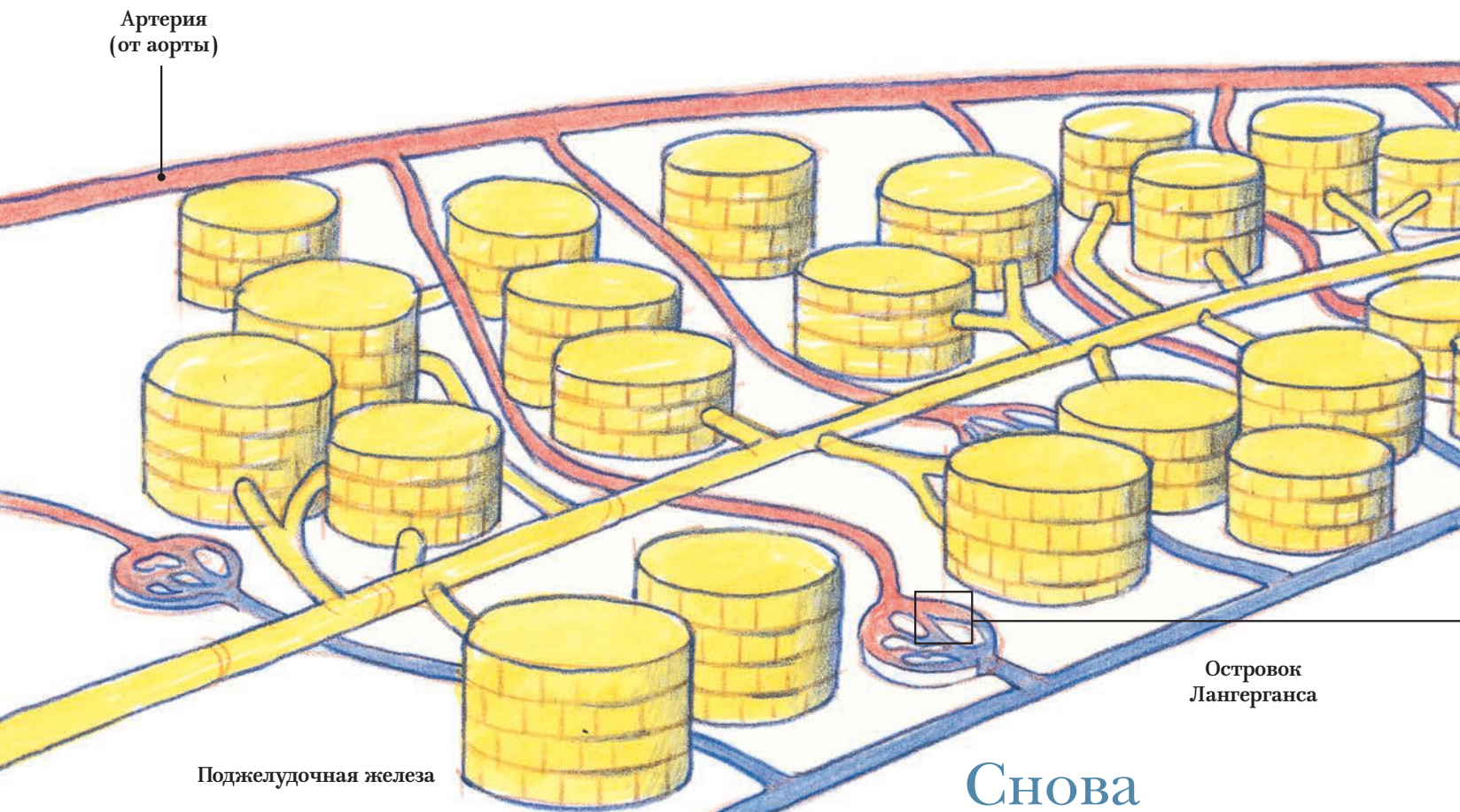
Капилляры печени имеют отверстия. Через них плазма и молекулы проходят из крови к миллиардам гепатоцитов, которые тщательно анализируют и регулируют состав крови. Например, гепатоциты заботятся, чтобы клетки не голодали и не переедали. Если в крови слишком много глюкозы, гепатоциты запасут её, а выделяют, как только уровень упадёт. Также гепатоциты хранят жиры, некоторые биологически активные элементы, в том числе железо, выделяемое при переработке старых эритроцитов, и витамины А, В₁₂, D, Е, К.

Гепатоциты упаковывают жирные кислоты для отправки по всему организму, вырабатывают холестерин — важный компонент клеточных мембран — и производят белки крови, участвующие, например, в процессе свёртывания. Избыток аминокислот гепатоциты хранить не могут, поэтому превращают их в другие полезные вещества. Кроме того, в печени желчные пигменты, возникающие при расщеплении изношенных эритроцитов, соединяются с желчными солями и образуют желчь, которая играет крайне важную роль в переваривании жиров.

Печень выполняет и другие функции: удаляет из крови и расщепляет ненужные вещества, деактивирует гормоны. Также макрофаги печени очищают кровь от бактерий и других инородных элементов.



Эритроцит



Снова о поджелудочной железе

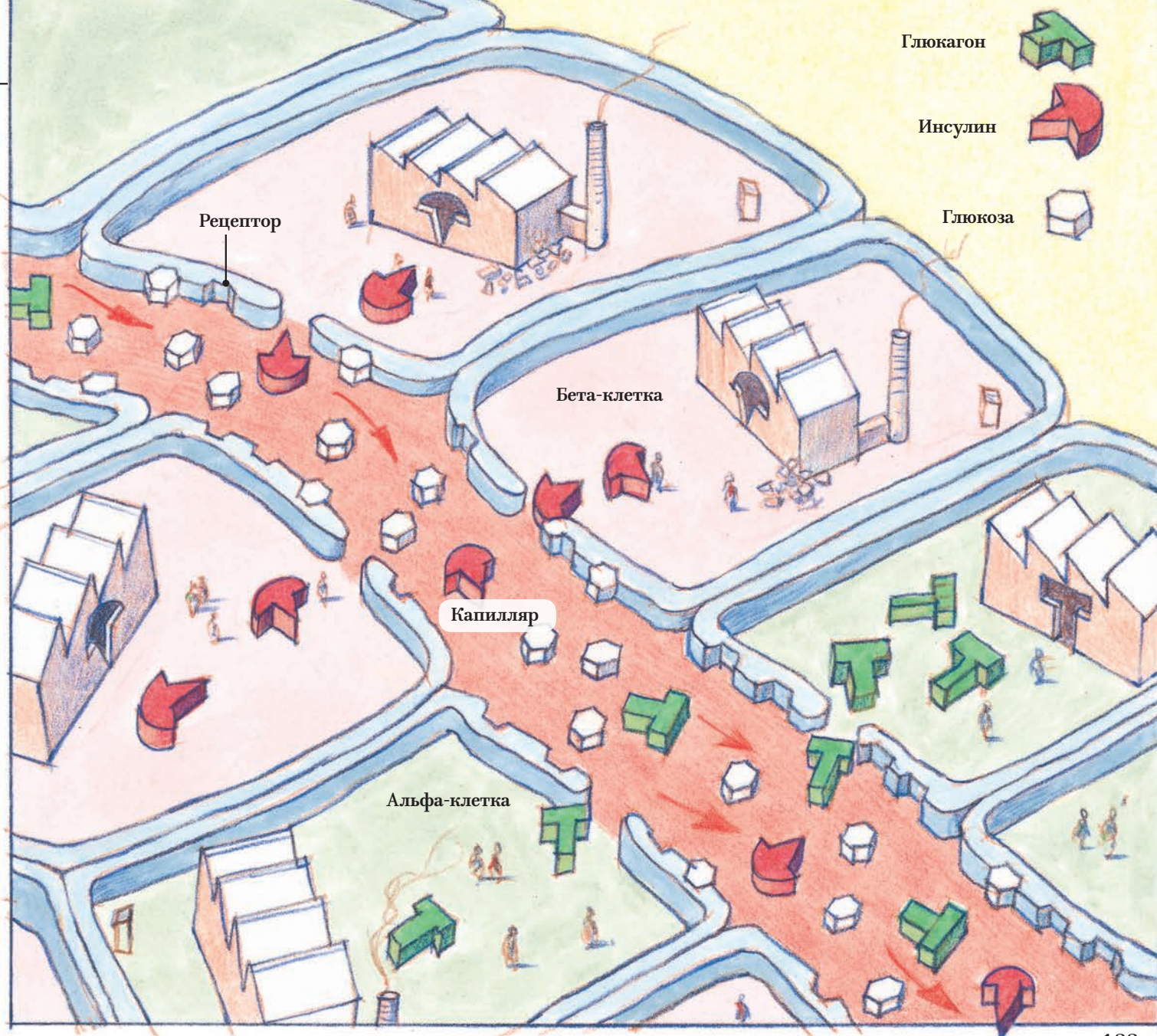


Поджелудочная железа занимается не только выработкой пищеварительных ферментов и выделением их в двенадцатиперстную кишку. Она содержит примерно миллион крохотных желёз — островков Лангерганса, которые выделяют глюкагон и инсулин. Эти важнейшие гормоны заботятся о том, чтобы всем клеткам всегда хватало топлива.

Глюкоза — это главный источник энергии в клетке, который всегда должен быть под рукой. Клетка без глюкозы как машина без бензина: просто перестаёт работать. Благодаря глюкагону и инсулину уровень глюкозы в крови не подсакивает после еды и не падает резко без неё. Это важно, так как для организма опасен и высокий уровень глюкозы, и низкий. Высокий уровень повышает артериальное давление, и от этого повреждаются сосуды, а очень низкий недостаточен для удовлетворения потребностей клеток. Гормоны поджелудочной железы действуют противоположно друг другу. Но вместе они поддерживают постоянный уровень глюкозы в крови, обеспечивая стабильное снабжение клеток независимо от того, сыт человек или голоден, спит или бодрствует.

Гормоны поджелудочной железы

В островках Лангерганса есть два вида клеток, производящих гормоны. Альфа-клетки вырабатывают глюкагон, который повышает уровень глюкозы в крови, а бета-клетки — инсулин, который этот уровень снижает. Оба гормона через капилляры попадают в воротную вену, ведущую в печень. Клеточные мембраны альфа- и бета-клеток усеяны особыми рецепторами, которые чувствуют, сколько глюкозы в протекающей мимо крови, и поэтому знают, сколько гормонов выделять.



Контроль уровня глюкозы

1. Поджелудочная железа

Альфа- и бета-клетки поджелудочной железы работают как датчики топлива. Их действия зависят от того, заполняют ли молекулы глюкозы рецепторы на мембранах. Если глюкоза в избытке, бета-клетки усиливают выделение инсулина. Когда глюкозы не хватает, альфа-клетки выделяют больше глюкагона, чтобы клетки печени повысили уровень глюкозы в крови. Оба вида гормонов в совокупности очень точно поддерживают крайне необходимый для здоровья баланс глюкозы.

ГЛЮКОЗЫ МНОГО (ПОСЛЕ ЕДЫ)

1. Бета-клетки реагируют на высокий уровень глюкозы выделением инсулина. Выработка альфа-клетками глюкагона снижается.
2. Инсулин связывается с клетками печени, что приводит к соединению молекул глюкозы в гликоген — крупную молекулу, в которой печень хранит энергию.
3. Инсулин связывается с клетками тканей, стимулирует их забирать глюкозу из крови и использовать для получения энергии.

Уровень глюкозы в крови снижается.

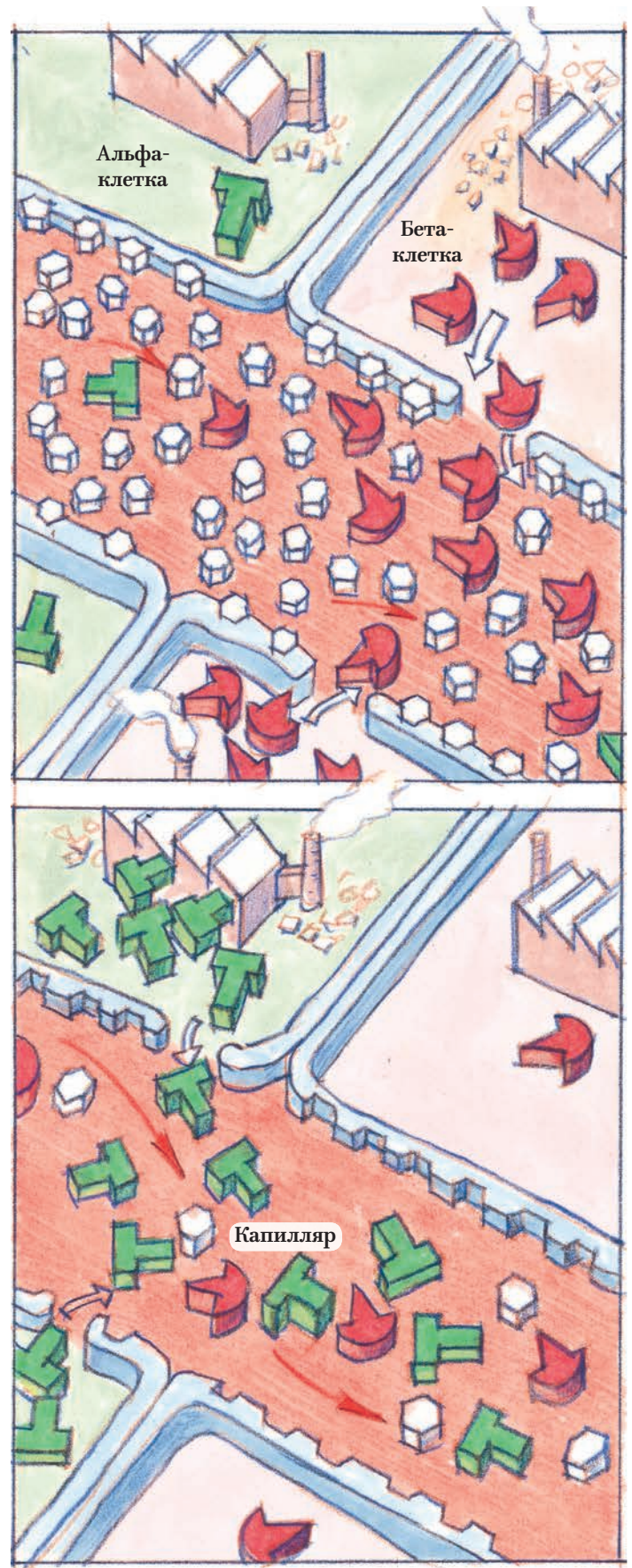


ГЛЮКОЗЫ МАЛО (МЕЖДУ ПРИЁМАМИ ПИЩИ)

1. Альфа-клетки реагируют на низкий уровень глюкозы, усиливая выделение глюкагона. Синтез инсулина в бета-клетках падает.
2. Глюкагон связывается с клетками печени, вызывая расщепление гликогена до глюкозы и выделение глюкозы в кровь.
3. Глюкагон не поступает к клеткам тканей, однако из-за низкого уровня инсулина они не истощают запасы глюкозы в крови.

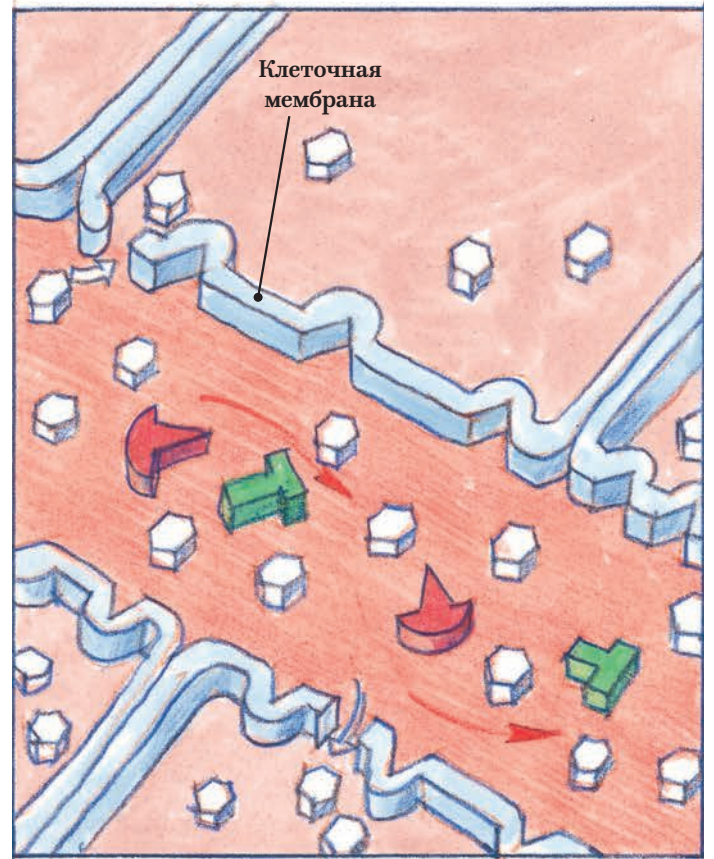
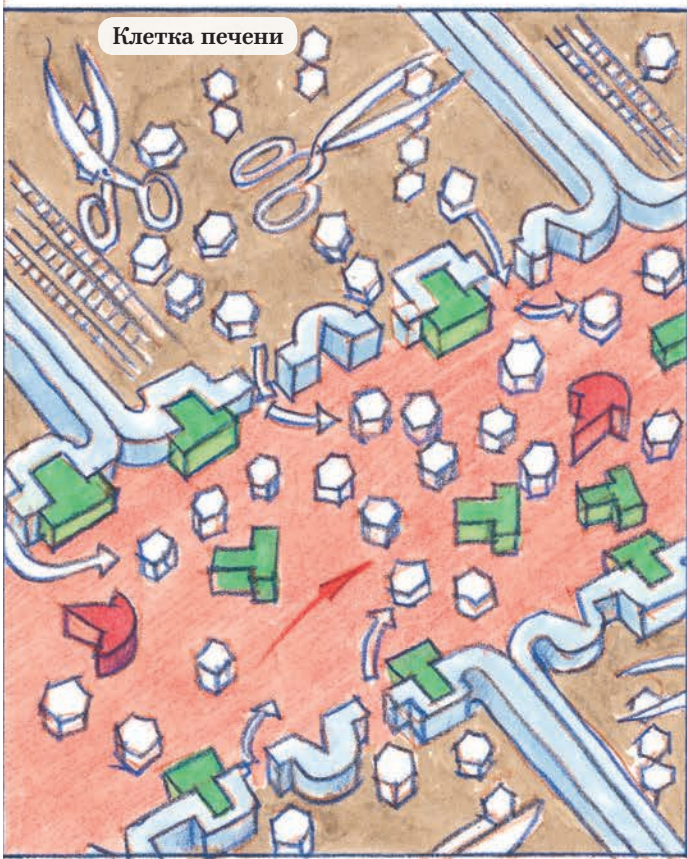
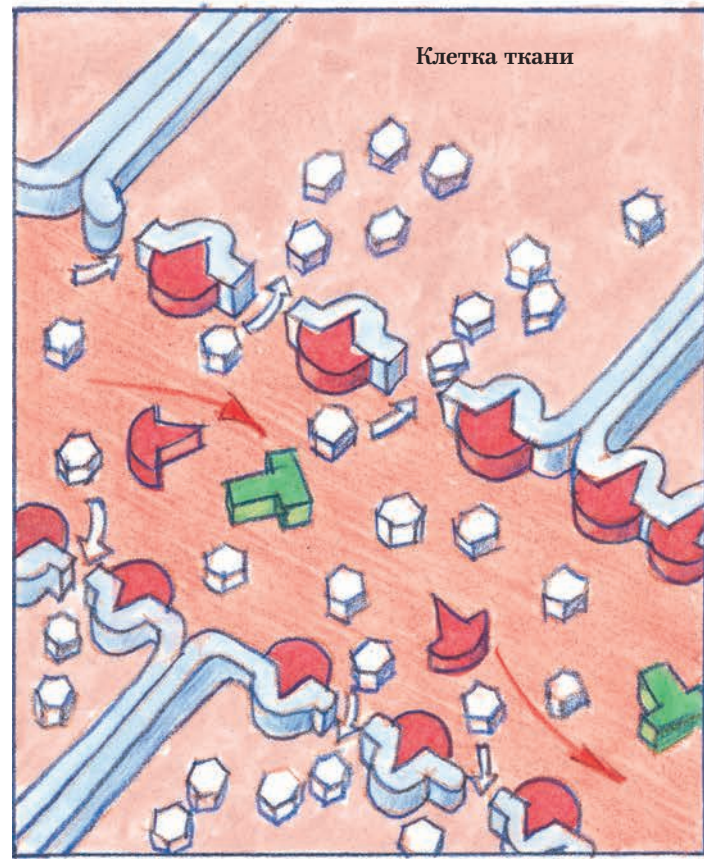
Уровень глюкозы в крови растёт.

Чтобы инсулин и глюкагон не накапливались и не мешали контролю глюкозы, печень за считанные минуты вылавливает их и уничтожает.



2. Печень

3. Ткани

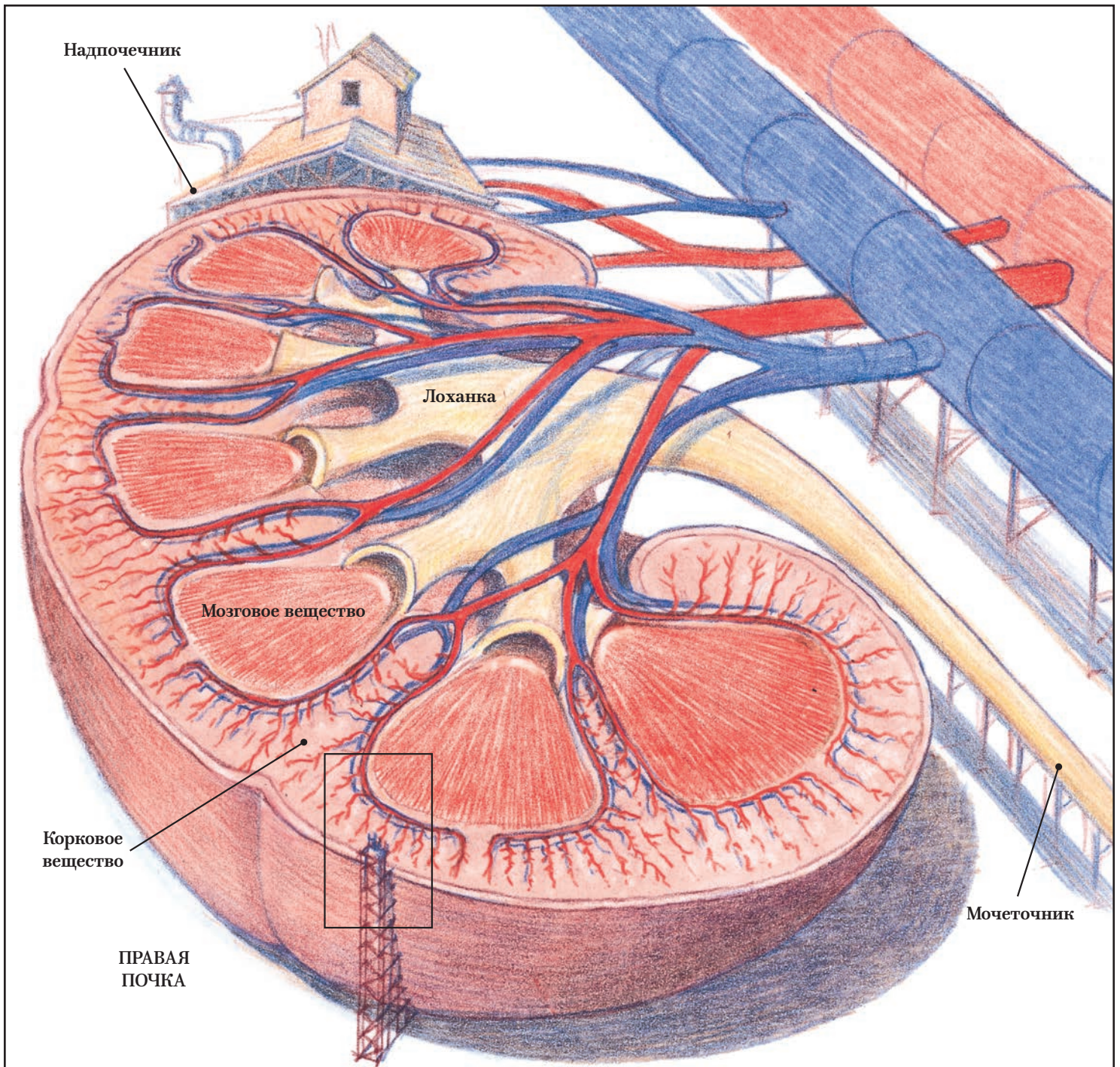


Волшебные бобы

Переваренная пища — это сырьё для обмена веществ. Побочным продуктом её переработки являются ненужные организму вещества, например мочеви́на. Поскольку отходы могут отравить организм, их нужно быстро удалить. Почки, похожие на бобы, постоянно фильтруют кровь и играют здесь главную роль. Кроме удаления отходов, они выводят избыток воды и солей, поддерживая постоянный объём и состав крови.

Смесь отходов с водой образует мочу, которую почки передают дальше для окончательного выведения.

Каждая почка разделена на три зоны: корковое вещество, мозговое вещество и лоханку. В корковом и мозговом веществе находятся миллионы нефронов — маленьких фильтрующих кровяных единиц, которые вырабатывают мочу. Полая лоханка направляет мочу в мочеточник.



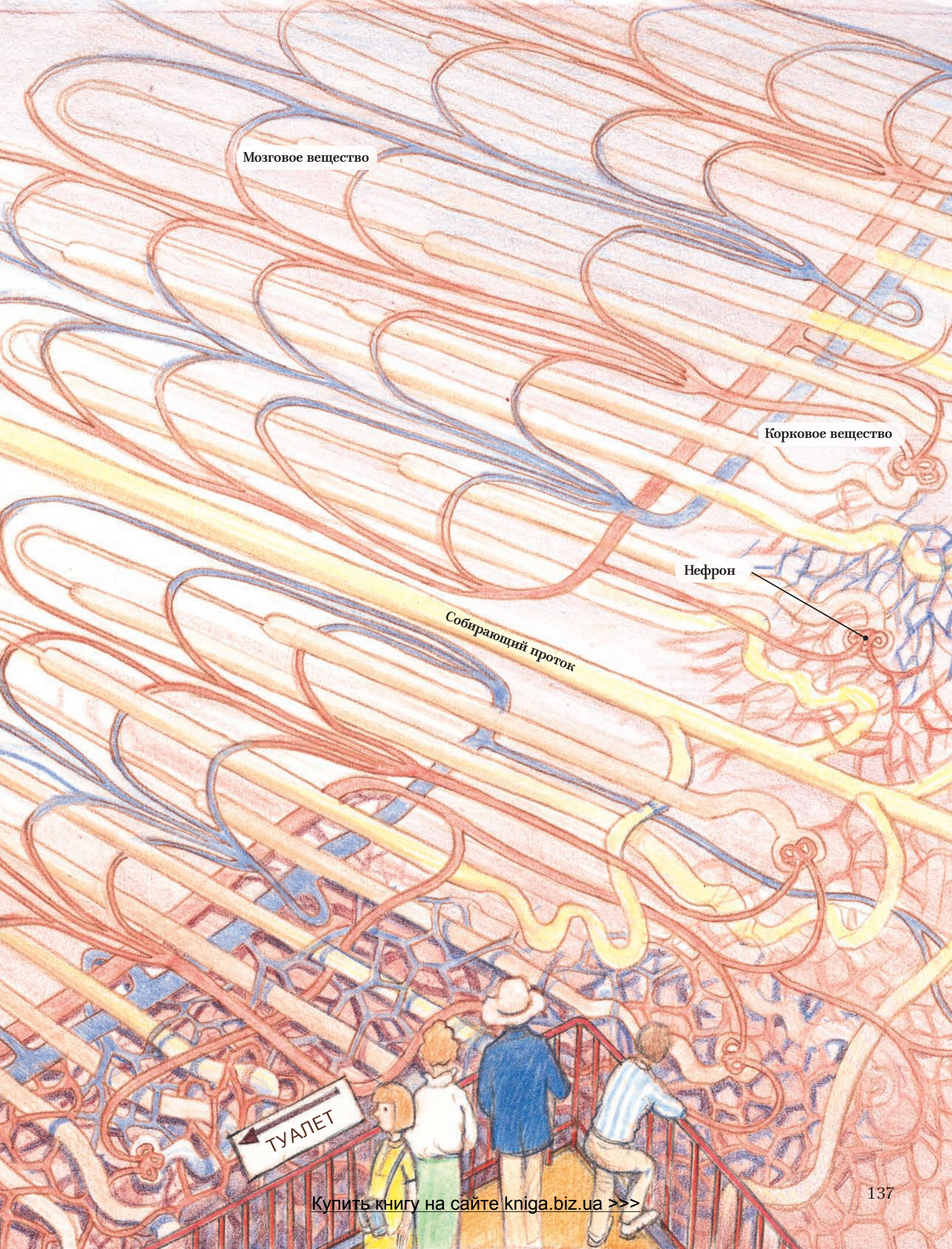
Мозговое вещество

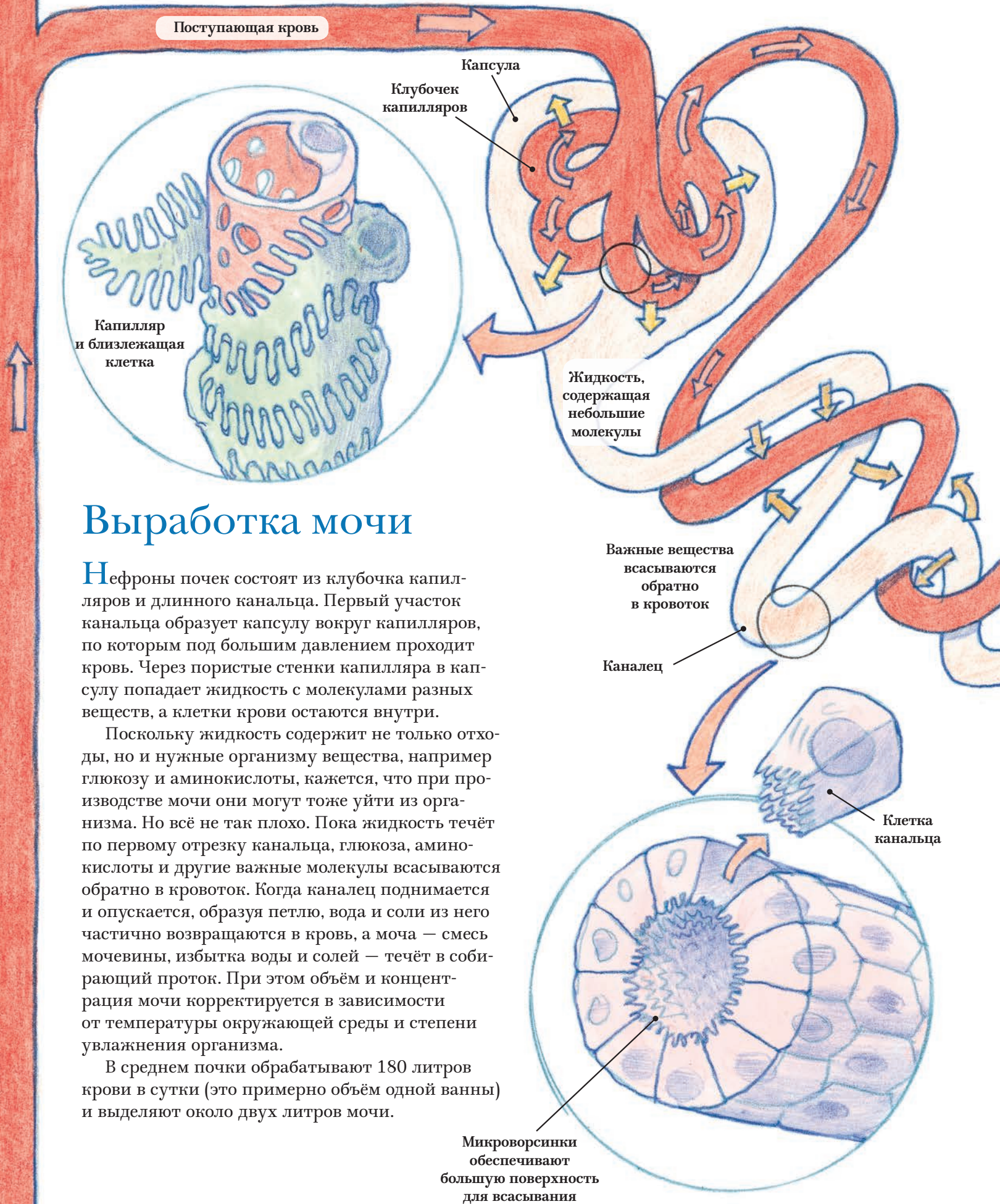
Корковое вещество

Нефрон

Собирающий проток

ТУАЛЕТ



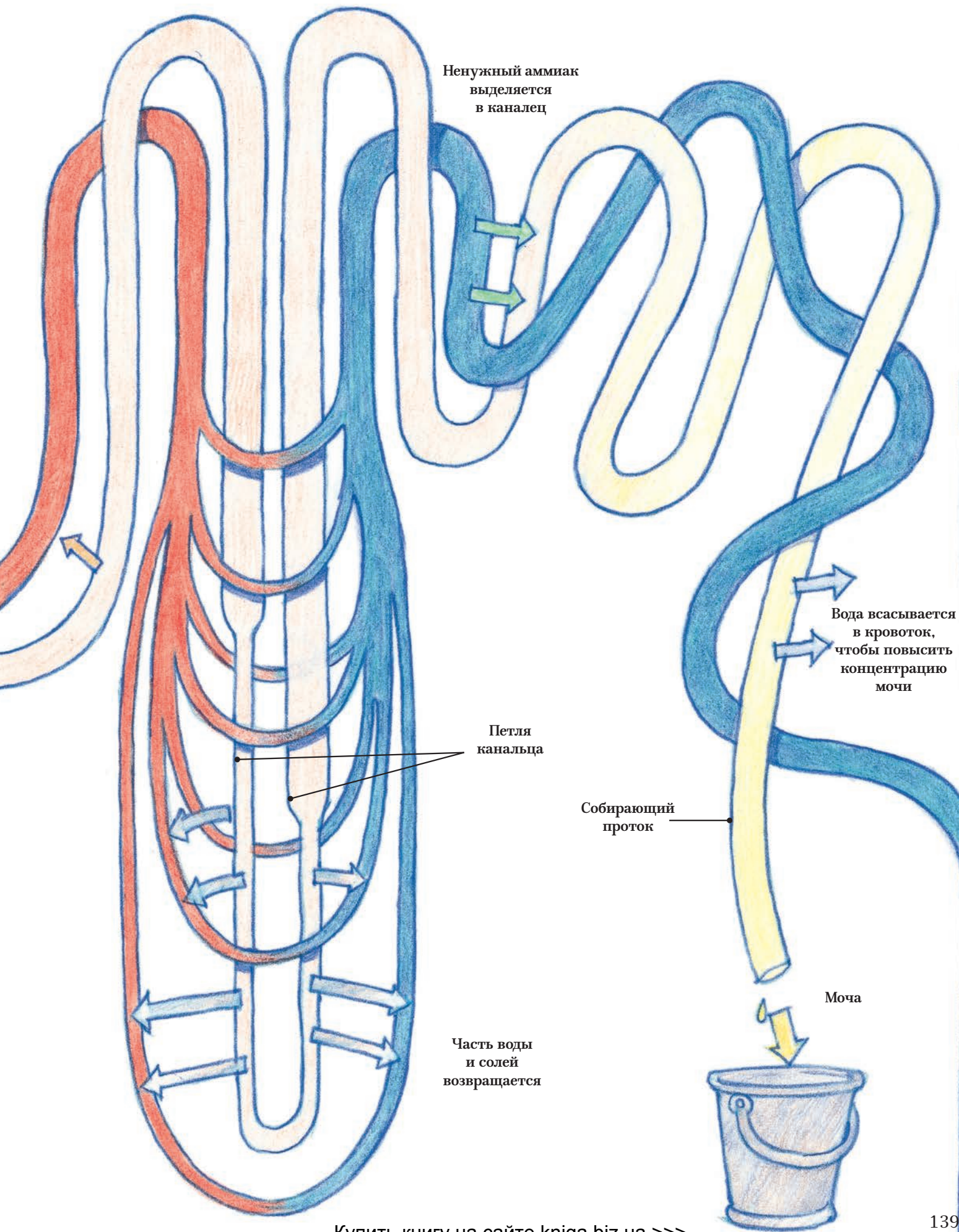


Выработка мочи

Нефроны почек состоят из клубочка капилляров и длинного канальца. Первый участок канальца образует капсулу вокруг капилляров, по которым под большим давлением проходит кровь. Через пористые стенки капилляра в капсулу попадает жидкость с молекулами разных веществ, а клетки крови остаются внутри.

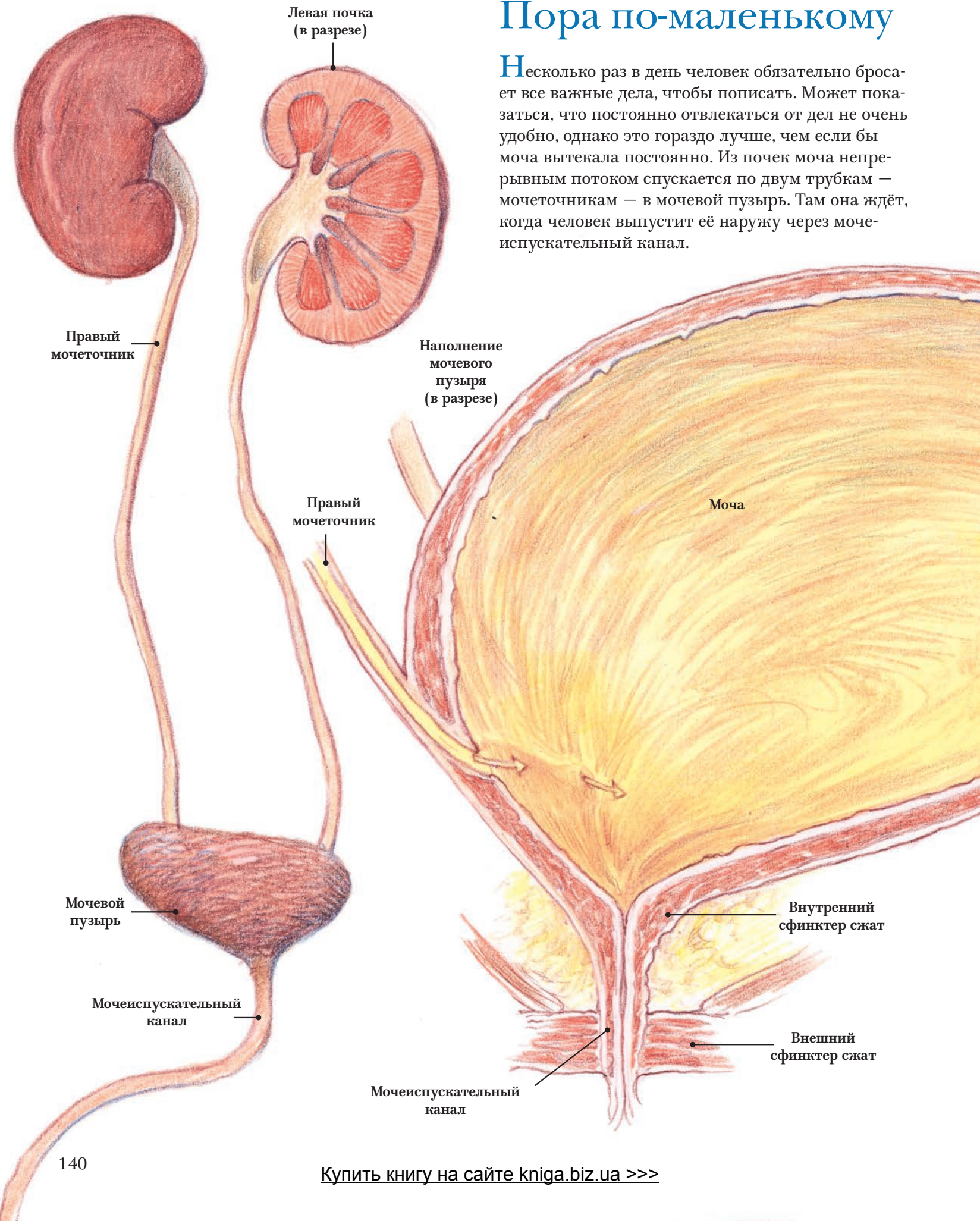
Поскольку жидкость содержит не только отходы, но и нужные организму вещества, например глюкозу и аминокислоты, кажется, что при производстве мочи они могут тоже уйти из организма. Но всё не так плохо. Пока жидкость течёт по первому отрезку канальца, глюкоза, аминокислоты и другие важные молекулы всасываются обратно в кровоток. Когда каналец поднимается и опускается, образуя петлю, вода и соли из него частично возвращаются в кровь, а моча — смесь мочевины, избытка воды и солей — течёт в собирающий проток. При этом объём и концентрация мочи корректируется в зависимости от температуры окружающей среды и степени увлажнения организма.

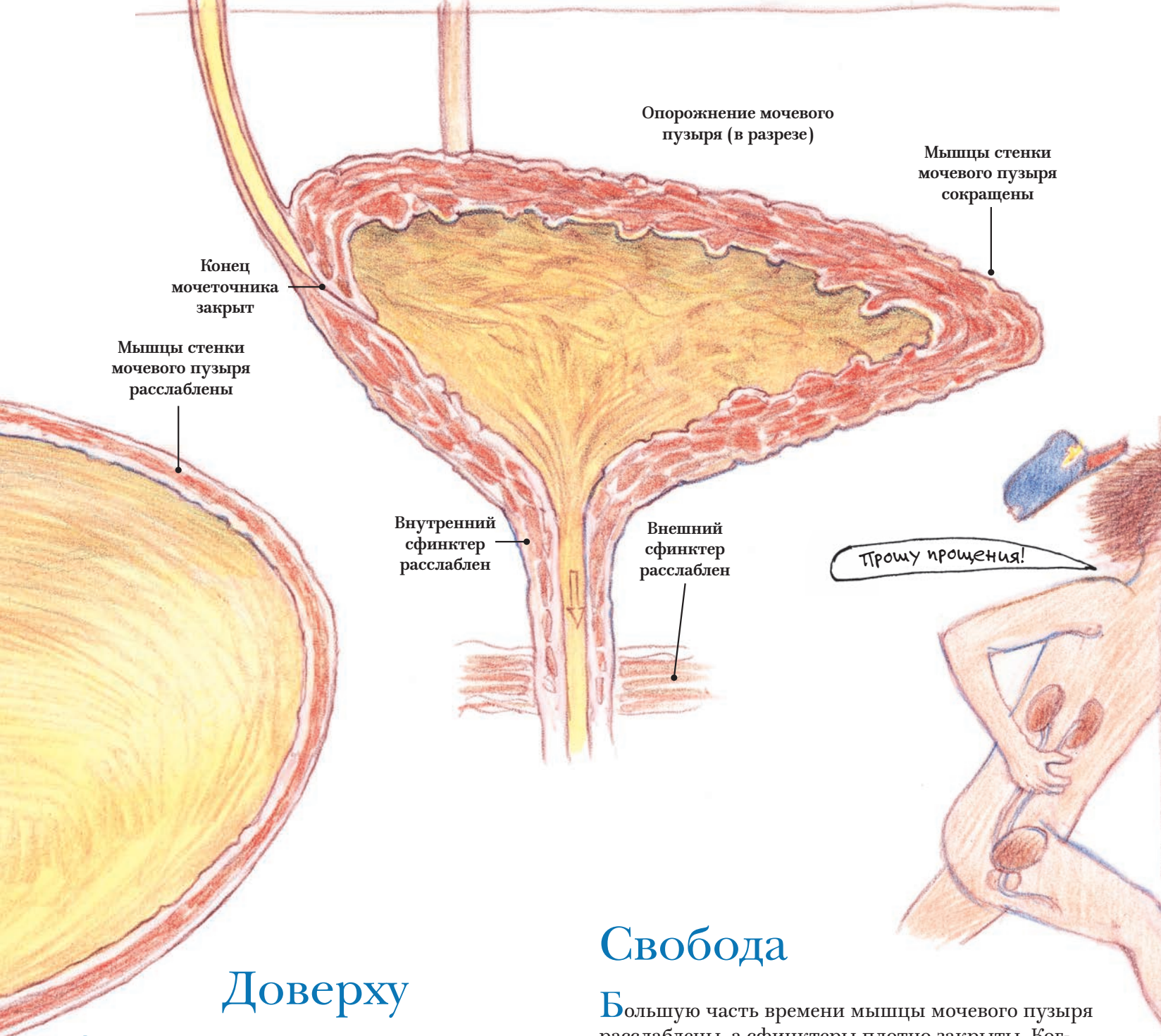
В среднем почки обрабатывают 180 литров крови в сутки (это примерно объём одной ванны) и выделяют около двух литров мочи.



Пора по-маленькому

Несколько раз в день человек обязательно бросает все важные дела, чтобы пописать. Может показаться, что постоянно отвлекаться от дел не очень удобно, однако это гораздо лучше, чем если бы моча вытекала постоянно. Из почек моча непрерывным потоком спускается по двум трубкам — мочеточникам — в мочевой пузырь. Там она ждёт, когда человек выпустит её наружу через мочеиспускательный канал.





Доверху

Оба мочеточника проталкивают мочу из почек в мочевой пузырь — очень растяжимый мышечный мешок для хранения мочи. Вернуться в мочеточники моча не может, так как давление внутри пузыря пережимает входные отверстия. Наружу моча выходит по мочеиспускательному каналу. Он закрыт внутренним сфинктером в месте соединения с мочевым пузырём, а также расположенным ниже наружным сфинктером, который человек сознательно контролирует.

Когда мышечная стенка мочевого пузыря расслаблена, он постепенно наполняется мочой и округляется. Рецепторы растяжения в мышечных стенках мочевого пузыря сообщают нервной системе, насколько он полон.

Свобода

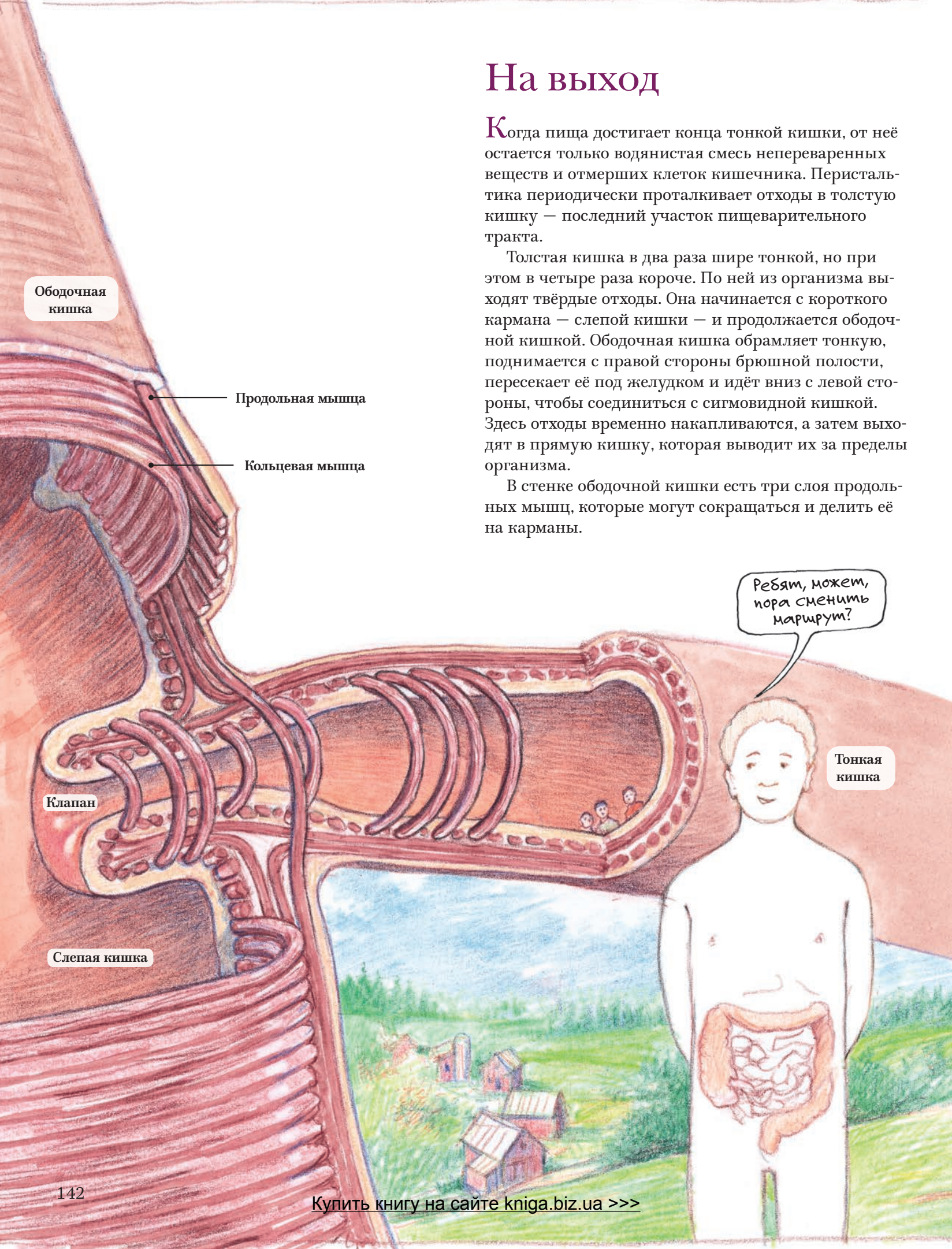
Большую часть времени мышцы мочевого пузыря расслаблены, а сфинктеры плотно закрыты. Когда объём мочи достигает определённого порога, информация об этом попадает в головной мозг, и появляется позыв к мочеиспусканию. Сигналы из мозгового ствола вызывают сокращение мышц стенки мочевого пузыря и расслабляют сфинктеры. При желании рефлекторное действие можно подавить и сознательно держать наружный сфинктер закрытым. Но как только мочи накопится слишком много, человек не сможет больше терпеть и расслабит наружный сфинктер, — это позволит мышцам стенки мочевого пузыря сократиться, ритмично выталкивая мочу по мочеиспускательному каналу. Пустой мочевой пузырь возвращается к исходному размеру, и наполнение начинается заново.

На выход

Когда пища достигает конца тонкой кишки, от неё остается только водянистая смесь непереваренных веществ и отмерших клеток кишечника. Перистальтика периодически проталкивает отходы в толстую кишку — последний участок пищеварительного тракта.

Толстая кишка в два раза шире тонкой, но при этом в четыре раза короче. По ней из организма выходят твёрдые отходы. Она начинается с короткого кармана — слепой кишки — и продолжается ободочной кишкой. Ободочная кишка обрамляет тонкую, поднимается с правой стороны брюшной полости, пересекает её под желудком и идёт вниз с левой стороны, чтобы соединиться с сигмовидной кишкой. Здесь отходы временно накапливаются, а затем выходят в прямую кишку, которая выводит их за пределы организма.

В стенке ободочной кишки есть три слоя продольных мышц, которые могут сокращаться и делить её на карманы.



Ободочная
кишка

Продольная мышца

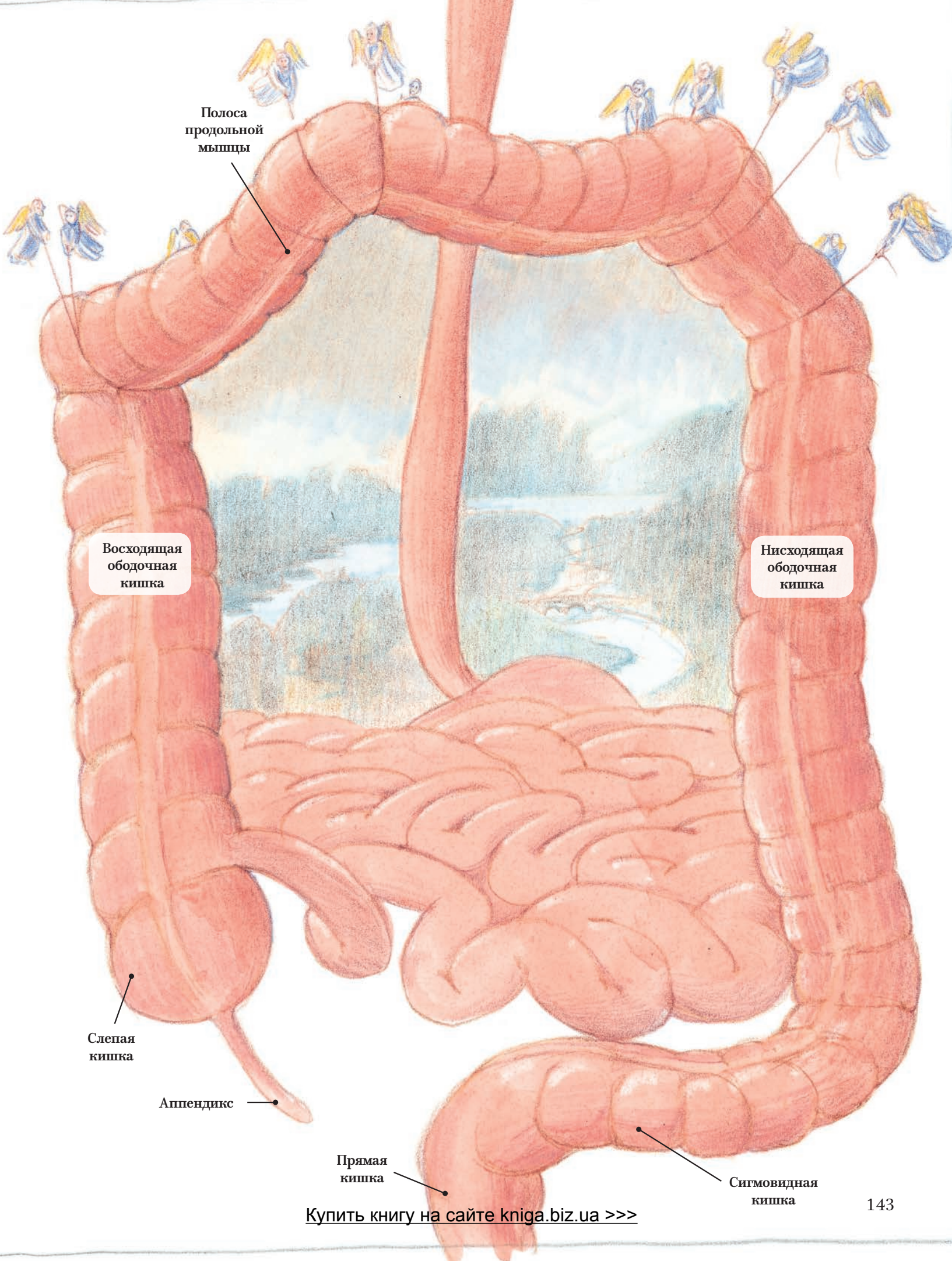
Кольцевая мышца

Клапан

Слепая кишка

Ребятам, может,
пора сменить
маршрут?

Тонкая
кишка



Полоса
продольной
мышцы

Восходящая
ободочная
кишка

Нисходящая
ободочная
кишка

Слепая
кишка

Аппендикс

Прямая
кишка

Сигмовидная
кишка

Мышечные сокращения
стенки кишечника



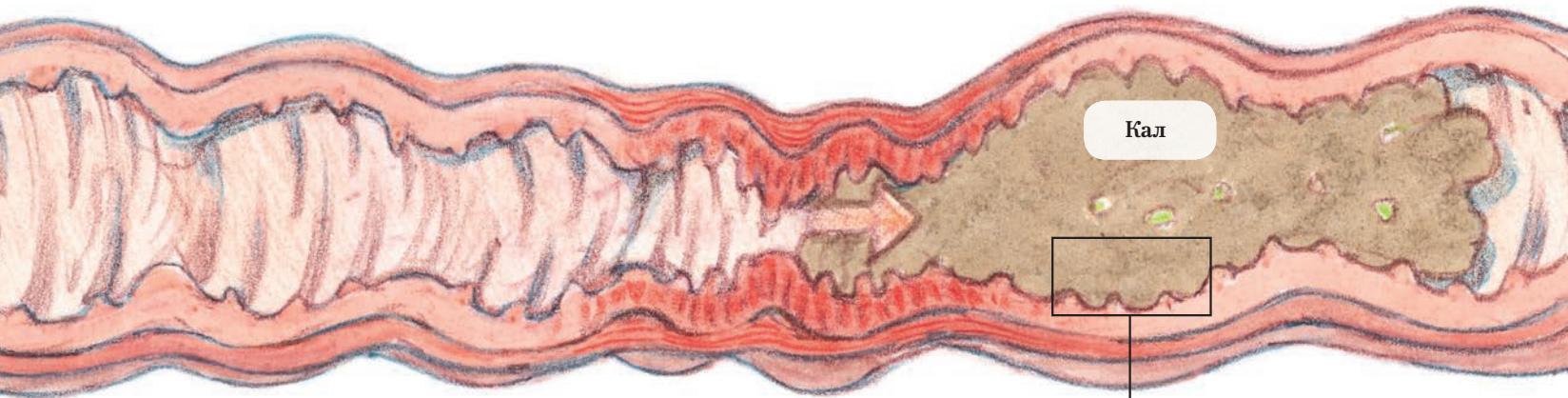
Формирование кала

В ободочной кишке, самом длинном отрезке толстой кишки, исчезают кольцевые складки и ворсинки. Это говорит о том, что она не играет роли в переваривании пищи. Её задача — проталкивать отходы к выходу из организма. В это время вода всасывается через кишечные покровы в кровоток. Это помогает избежать обезвоживания и превращает водянистые отходы в полутвёрдые — кал, выведение которого легче контролировать.

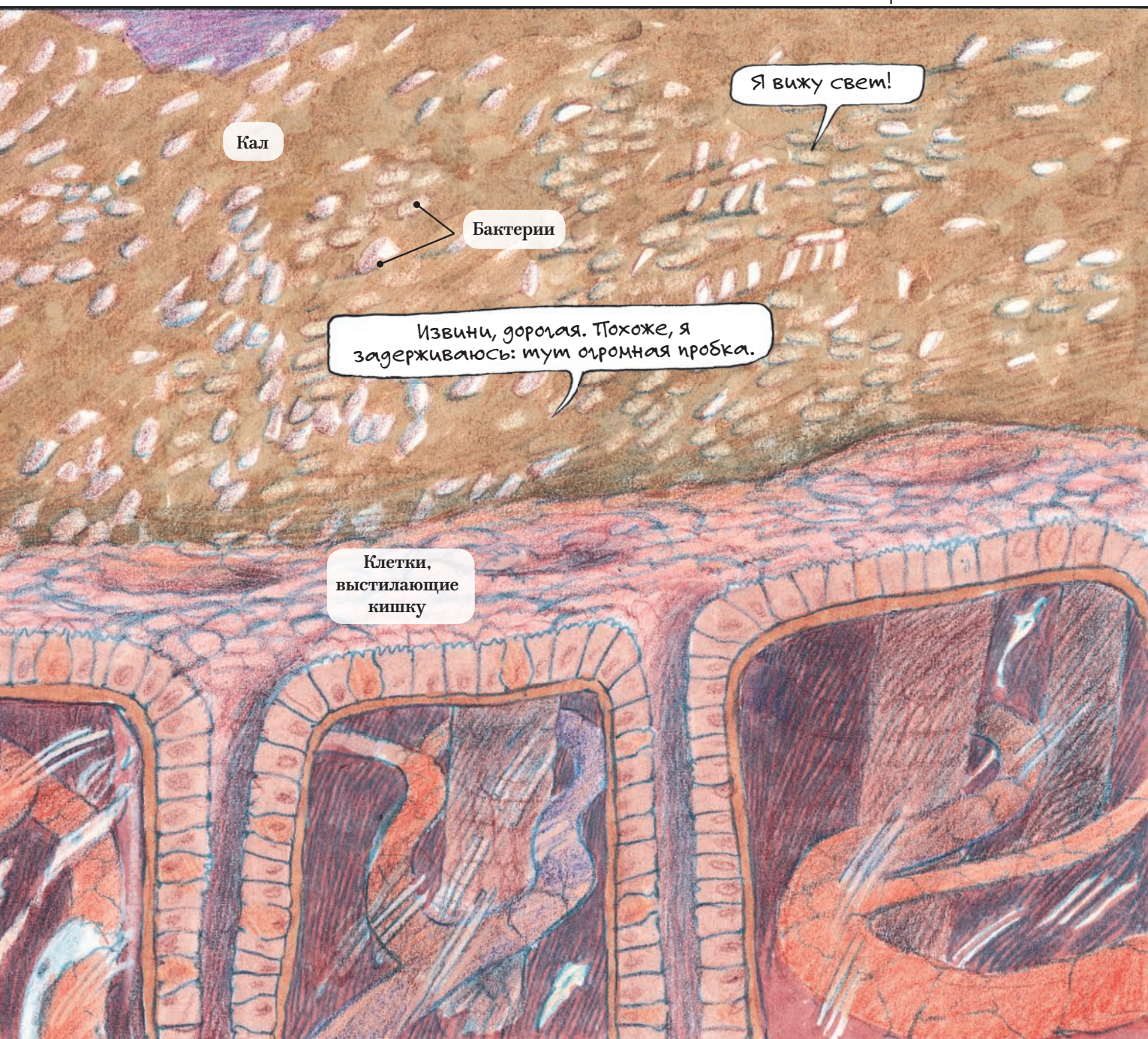
Тёплая влажная ободочная кишка — идеальная среда для триллионов бактерий, которые обычно живут со своим хозяином в полном согласии. Бактерии производят вещества, придающие калу и кишечным газам характерный запах, и преобразуют желчные пигменты, которые окрашивают кал в коричневый цвет. Ещё они обрабатывают отходы, выделяя при этом сахара и витамины, которые нужны нашему организму.

Обычно мышечные сокращения стенок продвигают кал медленно и вяло, чтобы комфортно всасывать воду. Однако три-четыре раза в день, например после сытного обеда, возникает мощная перистальтическая волна, которая выталкивает кал в сигмовидную кишку, где он хранится вплоть до дефекации. Чтобы добраться от слепой кишки до заднепроходного отверстия, отходам требуется от 23 до 36 часов. За это время два литра водянистой субстанции превращаются в 150 граммов кала. Половина этой массы может состоять из живых и мёртвых бактерий.





Кал



Я вижу свет!

Кал

Бактерии

Извини, дорогая. Похоже, я задерживаюсь: тут огромная пробка.

Клетки, выстилающие кишку



Пора по-большому

Последний этап пищеварения знаком каждому. Это дефекация — выведение кала наружу через прямую кишку, короткий задний проход и заднепроходное отверстие. Это отверстие стягивают два сфинктера. Внутренний сфинктер ануса управляется автоматически. Наружный сфинктер контролируется человеком, однако маленькие дети делать этого ещё не умеют, поэтому им нужны подгузники.

В туалете человек сознательно расслабляет наружный сфинктер, чтобы сокращения прямой кишки вытолкнули кал. Если требуется помощь, сокращения мышц брюшной полости и диафрагмы надавливают на прямую кишку сверху.

После посещения туалета надо обязательно вымыть руки, так как экскременты кишат болезнетворными бактериями.

Рефлекс к дефекации

Если прямая кишка пуста, оба сфинктера находятся в сокращённом состоянии и заднепроходное отверстие закрыто. Когда кал попадает в прямую кишку, он растягивает кишечную стенку и вызывает цепочку реакций — дефекационный рефлекс.

1. Рецепторы растяжения прямой кишки отправляют сенсорные сигналы в спинной мозг.
2. Сигналы из спинного мозга вызывают сокращения мышц стенки сигмовидной и прямой кишки.
3. Эти же сигналы приказывают расслабиться внутреннему сфинктеру.
4. Высокое давление в прямой кишке расслабляет наружный сфинктер.
5. Сенсорное сообщение достигает головного мозга, и человек чувствует позыв к дефекации.
6. Головной мозг отправляет двигательные сигналы, которые приказывают наружному сфинктеру плотно сжиматься до тех пор, пока не появится возможность сходить в туалет.

