

Т. Э. Малиновской, что привила любовь к биологии,
и А. К. Ханину-Новгородскому, что вдохновлял нас




ВВЕДЕНИЕ

Известные нам формы жизни бесконечно разнообразны. Синий кит — самое большое животное, а бактерии настолько малы, что их не увидишь невооруженным глазом. Есть ящерицы, способные стрелять кровью из глаз, и невероятные рыбы-жабы.

Поразительных созданий на планете великое множество, и человек — одно из них. Каждое живое существо уникально: отличается от других размерами, оттенками и формами и занимает собственное место в мире. Но есть и кое-что общее: все на Земле стремятся передать своему потомству, детенышам, информацию о том, кто они и как устроен их организм. Эти сложные и интересные знания о жизни закодированы в генетическом коде, скрытом в специальных молекулах. Тебе наверняка доводилось слышать об одной из них — ДНК.

Ученые уже расшифровали удивительный язык этих молекул. Это помогло больше узнать о первых живых существах на планете и о том, как, постоянно меняясь, они смогли стать нами — людьми. Опираясь на знания о ДНК, исследователи изучают микроорганизмы, живущие вокруг нас, разрабатывают новые лекарства и делают еще много всего интересного и полезного. Используя информацию о ДНК, можно даже искать преступников и оправдывать невиновных!

В этой книге ты познакомишься с невероятными возможностями, которые открывает перед нами генетика. Ты узнаешь, чем различаются близнецы, от чего зависит рисунок полос тигра и зачем ученым в лабораториях шпорцевые лягушки и осьминоги.



УХОДИМ,
ЗАЕСЬ
НЕ ВКУСНО!



А ЧТО МЫ
САЖАЛИ?



КАЖЕТСЯ,
МЫ САЖАЛИ
КУКУРУЗУ!



ЧТО ТАКОЕ ГЕНЕТИКА?

Почему генетика — это круто

Генетика — самая настоящая супернаука с невероятными возможностями, меняющими мир к лучшему. Как именно? Постараемся ответить на этот вопрос.

Например, она помогает бороться с голодом. Во многих странах мира климат не позволяет получать хороший урожай. А генетика своей суперсилой может поменять свойства растений, сделать их устойчивыми к засухе, нехватке минералов и микроэлементов в почве, паразитам и другим вредителям.

Генетика приходит на помощь людям, когда те болеют. Ее суперсила поддерживает пациентов в тяжелых случаях, которые раньше считались безнадежными. Например, у младенцев один укол специального препарата останавливает развитие смертельно опасного заболевания — спинальной мышечной атрофии. И мышцы человека, которые постепенно умирали, снова начинают жить.

«Прочитать код» грозного льва и разобраться, откуда у него такая шикарная грива? Проще простого. Восстановить справедливость и узнать, не выдает ли торговец на рынке недорогую рыбу за очень ценную и редкую? Без проблем. Генетика справится и с этим. Объяснить, как выглядит ДНК, где она находится и как информация, которая в ней содержится, определяет внешний вид и поведение всего живого? Пожалуйста!

Генетики знают, как работают в организме молекулы, как трудятся наши органы и почему мы устроены именно так, а не иначе. А если чего-то пока не знают, то пытаются докопаться до истины и проводят сложнейшие исследования. Чем больше суперспособностей, тем лучше!

Генетика — невероятно мощная наука. Она помогает человеку справиться со многими настоящими и будущими трудностями, а еще — узнать о происхождении всего живого на планете.



ХМ...
А ГРИВА
У ЛЬВА
ХОРОША



Генетика: знакомимся поближе

Перейдем к более точному определению.

Генетика — это наука о наследственности. Она объясняет механизмы воплощения в жизнь информации, которую организм получил от родителей и передаст своим детям. Именно генетика может объяснить, почему в семьях некоторых маглов рождаются волшебники. Скорее всего, дело в **изменчивости** — способности детей приобретать признаки, отличающие их от родителей.

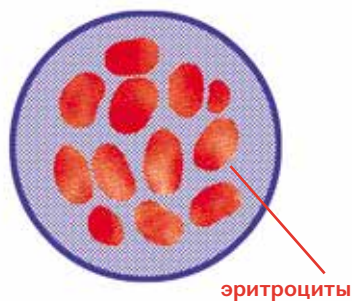
Наследственность и изменчивость связаны. Мы похожи на своих родителей, но не на 100% и отличаемся от них именно благодаря изменчивости. Одна из ее причин — мутации. Есть ли существа, у которых изменчивости нет? Конечно! Например, растения, которые размножаются отростками. Можно сказать, что они клоны.



Поприветствуем — ДНК!

Организмы передают наследственную информацию своим потомкам через молекулы ДНК. Вирусы могут использовать для этого и РНК, но об этом чуть позже. Молекулы ДНК и РНК — предмет изучения ученых-генетиков. ДНК — краткое название дезоксирибонуклеиновой кислоты. (Нет, это не грозное заклинание, можно спокойно произнести вслух — и никто не пострадает.) ДНК находится внутри ядра каждой из твоих клеток, кроме эритроцитов.

Эритроциты — это клетки крови, которые доставляют кислород в разные ткани организма и забирают оттуда углекислый газ. **Тканями** называют группы клеток, похожих друг на друга по строению и с одинаковыми функциями, например мышцы или кожу. В эритроцитах нет ядер. Так остается больше свободного пространства, чтобы транспортировать молекулы газа. Так что конструкция у эритроцита упрощенная — ради вместительности.

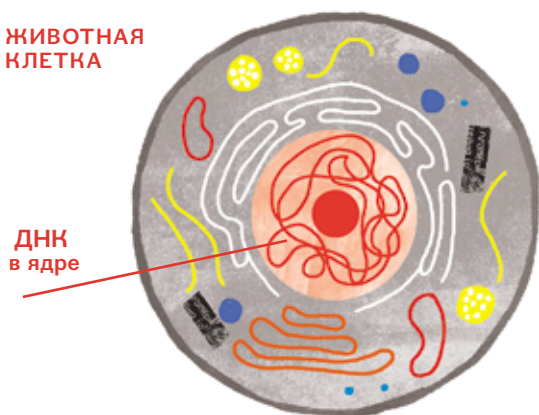


О вирусах мы расскажем подробнее в разделе «Вирусы: гены и белки — в них вся жизнь» на стр. 42.



Если сравнивать клетку с домом, то ДНК мы найдем в библиотеке, где размещается семейный архив. В ней хранятся сведения о том, каким должен быть организм. Там же — рекомендации, инструкции, по которым работают гены. Все эти знания имеют огромную ценность. Потому-то ДНК и хранится в отдельной «комнате» — так надежнее. «Помещения» внутри клетки, то есть ее составные части, называют **органеллами** (или органоидами). Органелла, в которой находится ДНК, — это **ядро**.

ЖИВОТНАЯ КЛЕТКА



ДНК
в ядре

У бактерий ядра нет. ДНК свободно лежит в клетке между другими органеллами, в специальном месте — **нуклеоиде**.

БАКТЕРИЯ



ДНК

О том, как устроен геном бактерий, рассказываем больше в разделе «Бактерии: самый древний геном» на стр. 29.



Есть еще РНК — рибонуклеиновая кислота (выговорить уже проще, правда?). Она немного отличается от ДНК по строению, но также хранит в себе информацию о том, каким должен быть организм. Ученым известно много вирусов, у которых геном представлен рибонуклеиновой кислотой.

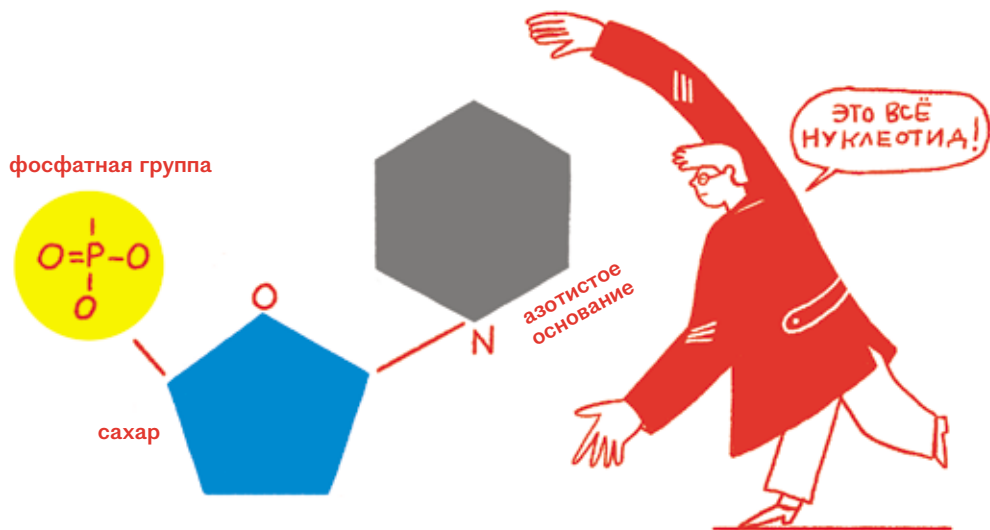
НИКОЛАЙ КОНСТАНТИНОВИЧ КОЛЬЦОВ

Где именно находится информация, которая отвечает за наследование признаков, ученые начали выяснять в конце XIX — начале XX века. Технологии того времени не позволяли дать точный ответ: сложные эксперименты были невозможны. Биолог Николай Константинович Кольцов в 1927 году предположил, что существует молекула, отвечающая за наследственность. Правда, думал он о белках, а не о ДНК и РНК. А в 1916 году он же говорил, что мутации могут возникать из-за воздействия рентгеновских лучей. Его идеи подтвердились только через десять лет! Это позволило изучать влияние мутаций на разные признаки и приступить к исследованию ДНК.



Откуда буквы внутри ДНК?

Вся информация об организме зашифрована в ДНК в виде четырехбуквенного кода. Конечно, это не настоящие печатные буквы, а химические соединения. Если точнее — азотистые основания. В ДНК их четыре: аденин (А), тимин (Т), гуанин (Г) и цитозин (Ц). К азотистому основанию друг за другом цепляются моносахарид (это такой углевод, самый простой из сахаров) и остаток фосфорной кислоты. И тогда получается нуклеотид. Из нуклеотидов построена ДНК. Они соединяются в цепочки: образуют последовательность. Это своего рода алфавит генома.



четыре азотистых основания:
гуанин, цитозин, аденин, тимин



Гены: программный код жизни

Внутри этой бесконечной последовательности букв удалось выявить закономерности. Это произошло, когда «язык» ДНК расшифровали и смогли читать то, что на нем написано. Знание основ молекулярной биологии, а потом и методы биоинформатики помогли ученым обозначить отдельные участки, которые кодируют белки — основу жизни.



пролин



тирозин



аргинин

«Язык» ДНК работает так: каждые три буквы генетического кода (то есть каждые три нуклеотида) обозначают аминокислоту. Назовем их словами.



Из множества аминокислот — десятков, сотен, а то и тысяч — состоит белок. Он похож на предложение.

цепочка аминокислот

АМИНОКИСЛОТ В БЕЛКЕ МОГУТ БЫТЬ ТЫСЯЧИ



Каждый ген — абзац в нашей книге, и в нем записан один или несколько белков. У такого абзаца есть начало — старт-кодон, а есть конец — стоп-кодон.

ГЕН — ФРАГМЕНТ ДНК



старт-кодон

стоп-кодон

Белки — это сложные и разнообразные молекулы, которые выполняют множество функций. Одни входят в состав клеточных стенок и управляют работой органов. Другие превращаются в ферменты, которые помогают переваривать пищу. Третьи становятся гормонами, которые регулируют работу всех твоих органов. Иногда белки называют протеинами. Однако это просто калька с латинского слова *protein*, мы не будем ее использовать.

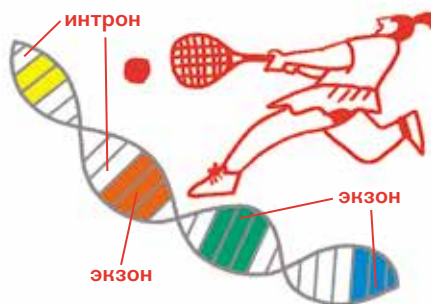
А откуда берутся углеводы, жиры и прочие вещества? Это очень хороший вопрос. Все они синтезируются в нашем организме, а также попадают в него с пищей. Особые белки — ферменты — помогают сложным молекулам распадаться на составляющие, из которых потом другие белки собирают нужные организму химические соединения.



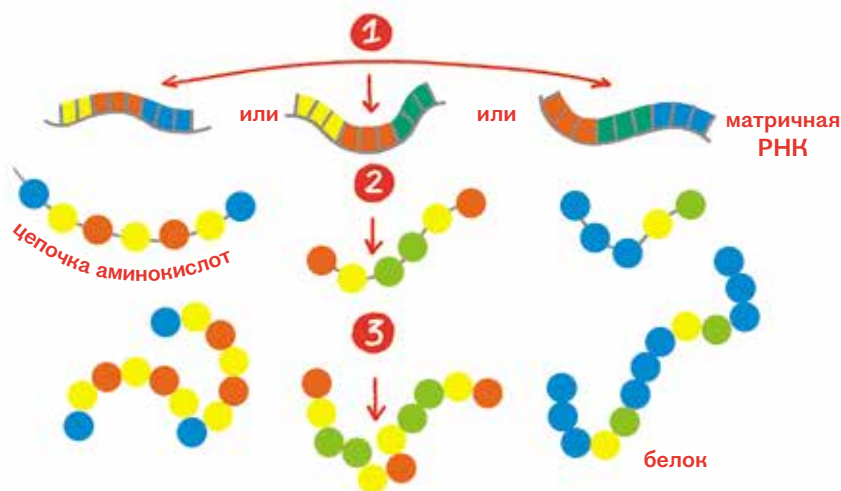
Кстати, бактерии, живущие в кишечнике, тоже синтезируют для нас полезные вещества — например, витамины. Чтобы облегчить этим бактериям работу, надо есть здоровую пищу. Любопытный факт, который подтверждает их важность: жирность грудного молока человека примерно как у коровьего, но вспомни, какие пухлые щечки у младенцев! Всё потому, что у них хороший запас подкожно-жировой клетчатки. Однако она не образовалась бы, если бы в материнском молоке не было множества олигосахаридов. Это небольшие по размеру углеводы. В кишечнике малыша живут бактерии, которые питаются олигосахаридами и производят жиры. Вот младенцы и становятся приятно пухленькими на радость мамам и папам.

Ты уже знаешь, что участок ДНК, в котором закодирован белок, называется ген. Каждый ген (или несколько) отвечает за ту или иную характеристику — например, за уникальный рисунок полос у тигра. Окрас, оперение, цвет глаз, форма рогов — все это определяют именно гены. Они занимают всего 1–2% всей длины ДНК. Остальное — это участки, которые управляют работой генов, но не только: назначение некоторых фрагментов нам до сих пор неизвестно. Ученые много лет разбирались в устройстве ДНК, и сколько же еще предстоит узнать! Работы невпроворот. К счастью, в наши дни людям помогают компьютеры, иначе на обработку такого количества информации понадобилось бы во много раз больше времени.

Раньше считалось, что один ген кодирует один белок. На самом деле это не совсем так. Есть такой процесс — альтернативный сплайсинг. Называется сложно, но роль у него простая и понятная: сделать так, чтобы ген кодировал сразу несколько форм одного белка. Причем в клетке эти белки могут выполнять как похожие, так и совсем разные задачи. Один ген может кодировать и разные белки. Делает он это за счет альтернативных рамок считывания.



АЛЬТЕРНАТИВНЫЙ СПЛАЙСИНГ



Обсудить ДНК подробнее мы начнем в главе «Как устроена ДНК и где она живет» на стр. 47.

Геном — вся-вся твоя ДНК

Внутри клетки ДНК складывается в особую структуру — хромосому. В ядре каждой клетки человека 46 хромосом (23 пары).

Все гены одного организма называют «геном». У каждого живого существа он свой, единственный и неповторимый. Даже у близнецов последовательности нуклеотидов в ДНК будут незначительно, но различаться. Некоторые генетики определяют порядок генов и расшифровывают геномы. Это очень сложно. Ведь, например, в ДНК человека больше 3 млрд «букв».



Такие разные ученые-генетики

Ученых-генетиков становится больше. Они находят новые методы работы и осваивают все новые сферы, где их наука может принести пользу человечеству. Так, благодаря исследованиям и открытиям генетиков люди разводят пшеницу, которая прекрасно растет в неблагоприятных условиях. А еще — лечат тяжелые заболевания, которые совсем недавно считались смертельными.

Ученым удалось установить, что в одном организме могут оказаться клетки, геномы которых отличаются друг от друга. Причем эта разница может быть совсем небольшой, однако получается, будто организм сложен из неоднородных фрагментов. Это явление получило название мозаицизм.

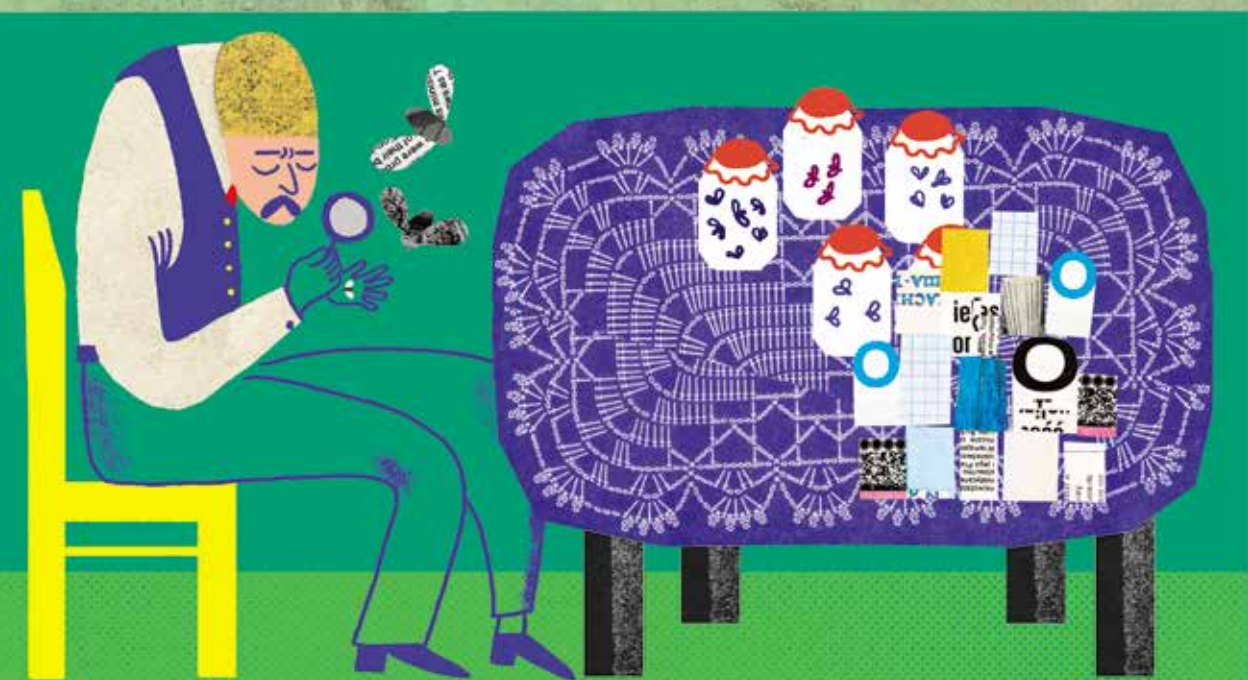
Дальше мы подробно обсудим, как ДНК ведет себя в клетке. Но сначала давай познакомимся с людьми, благодаря которым генетика появилась и развивалась как наука.


ПОЭТОМУ
У МЕНЯ
РАЗНЫЕ ГЛАЗА!



О хромосомах мы расскажем в разделе «Компактизация ДНК: Распутываем хромосомный клубок» на стр. 50.







ИСТОРИЯ ГЕНЕТИКИ: ГОРОХ, МУХИ И МНОГИЕ ДРУГИЕ



Пионеры генетики — герои на рубеже науки

В XIX веке науки под названием «генетика» еще не существовало, но уже тогда мало кто стал бы спорить, что признаки переходят по наследству. Люди отбирали растения, приносявшие больше урожая, и приручали животных, способных ужиться с человеком. Именно благодаря наблюдениям за тем, как передаются определенные характеристики, и появилась генетика.

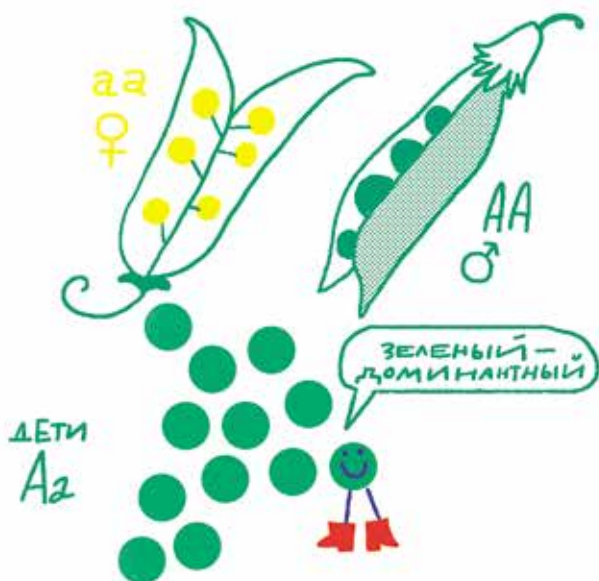
Любопытство и тяга к исследованиям привели скромного монаха Грегора Иоганна Менделя к изучению наследования признаков. Вряд ли он предполагал, что спустя сто лет каждый школьник в мире будет знать его имя.

А началось все с гороха. Да-да, не с баобабов, мандрагоры или кактусов, а с обычного гороха. Его предприимчивый монах упорно, раз за разом, сеял на своих грядках, записывая результаты. Внимательность и аккуратность помогли Менделю вывести три закона наследования. Именно с них началась наука генетика.



1. Закон единообразия гибридов первого поколения

У мамы-гороха с желтыми семенами и папы-гороха с зелеными семенами все дети будут с зелеными семенами, потому что зеленый цвет — доминантный («сильный») признак. Это означает, что он будет проявляться всегда, если у одного из родителей семена зеленые. А вот если бы мама-горох и папа-горох были с желтыми семенами, то и у детей все горошины получились бы только желтыми. Признак, который наследуется по таким правилам, называется рецессивным («слабым»).



2. Закон расщепления признаков

Посмотрим, какое потомство будет у гороховых детей — тех, что с зелеными семенами. Мы знаем, что у их мамы горошины желтые, а у папы — зеленые. А это значит, что дети этих детей будут вновь и с зелеными, и с желтыми семенами. Так как желтый цвет — рецессивный признак, то он проявится у меньшей части потомства, а точнее у четверти.

3. Закон независимого наследования признаков

Теперь представим, что у мамы-гороха семена не просто желтые, а еще и шершавые. У папы же горошины не только зеленые, но и гладкие. Тогда после скрещивания получатся дети с разнообразными семенами. Желтые и шершавые, желтые и гладкие, зеленые и шершавые, зеленые и гладкие — целых четыре варианта.



В середине XIX века не было ни интернета, ни мобильных телефонов. Чтобы опубликовать статью в журнале, надо было отправить ее почтой. Письма шли долго и порой терялись по пути... Менделю, конечно, повезло: он выступил с докладом о законах наследования. Конспект этого доклада напечатали в толстом томе научных трудов. Вот только современники, к сожалению, не оценили открытие. В том числе потому, что в последующих публикациях он сам себе противоречил. И только через несколько десятилетий трое ученых из разных стран, независимо друг от друга, заново открыли законы наследования, проводя эксперименты на других живых организмах.

Вот имена этих ученых: Хуго де Фриз, Карл Эрих Корренс и Эрих Чермак-Зейзенегг. Их усилиями к 1900 году генетика сформировалась как наука, а свое название получила в 1905-м.



ХУГО ДЕ ФРИЗ — ботаник из Нидерландов. Именно он ввел понятие «мутации». Так он назвал случайные изменения в ДНК, которые приводят к появлению новых видов.



КАРЛ ЭРИХ КОРРЕНС — немецкий биолог, который изучал растения и повторно открыл законы Менделя. Также он доказал, что геном митохондрий передается только по материнской линии (это мы обсудим чуть дальше).



ЭРИХ ЧЕРМАК-ЗЕЙЗЕНЕГГ — австрийский ученый-генетик. Он не слишком долго изучал наследственность у растений, но тоже оказался причастен к подтверждению законов Менделя.