

*Посвящается моим дочерям,  
детство которых приходится  
на очень странное время*



Ирина Якутенко

**ВИРУС,  
КОТОРЫЙ  
СЛОМАЛ  
ПЛАНЕТУ**

Почему  
SARS-CoV-2  
такой особенный  
и что нам  
с ним делать

**АНО**  
АЛЬПИНА НОН-ФИКШН

Москва, 2021

УДК 616.988  
ББК 52.63  
Я49

Иллюстрация для обложки «Модель коронавируса»  
создана Visual Science. 2020  
[instagram.com/visualscience](https://www.instagram.com/visualscience)

Редактор Любовь Сумм  
Иллюстрации Олега Добровольского

Научные редакторы: Александр Мельников, врач-терапевт, заведующий отделением сомнологии Национального медицинского исследовательского центра оториноларингологии ФМБА России, работал на вспышке COVID-19 в Климовском доме-интернате для инвалидов и престарелых, курировал организацию лечения в соответствии с мировыми практиками;

Илья Ясный, канд. хим. наук, руководитель научной экспертизы фармацевтического венчурного фонда «Инбио Венчурс», редактор и автор сайта «Биомолекула»; Егор Воронин, вирусолог, PhD, главный операционный директор компании Worcester HIV Vaccine, USA, автор ЖЖ-блога о вирусологии shvarz

### **Якутенко И.**

Я49 Вирус, который сломал планету. Почему SARS-CoV-2 такой особенный и что нам с ним делать / Ирина Якутенко. — М.: Альпина нон-фикшн, 2021. — 404 с.

ISBN 978-5-00139-382-5

Коронавирус появился неожиданным подарком под новый, 2020 год, и за несколько месяцев мир превратился в сериал-катастрофу. Невероятными усилиями государства остановили распространение вируса, но уже осенью эпидемия вновь стала набирать обороты. Что мы знаем о SARS-CoV-2, почему он убивает одних и бессимптомно проходит у других, безопасна ли вакцина и когда будет найдено лекарство, как мы лечим COVID-19 без него, можно ли бороться с патогеном, не закрывая планету, — книга отвечает на эти и многие другие вопросы. Хотя пандемия еще не закончилась и мы все время получаем новые данные о вирусе, изложенные в тексте фундаментальные основы уже не поменяются: они служат каркасом, на который читатель сможет нанизывать новые знания.

УДК 616.988  
ББК 52.63

*Все права защищены. Никакая часть этой книги не может быть воспроизведена в какой бы то ни было форме и какими бы то ни было средствами, включая размещение в сети интернет и в корпоративных сетях, а также запись в память ЭВМ для частного или публичного использования, без письменного разрешения владельца авторских прав. По вопросу организации доступа к электронной библиотеке издательства обращайтесь по адресу [mylib@alpina.ru](mailto:mylib@alpina.ru)*

ISBN 978-5-00139-382-5

© Якутенко И., 2021  
© Добровольский О., иллюстрации, 2021  
© ООО «Альпина нон-фикшн», 2021

# Оглавление

<b>Вступление</b> .....	7
<b>Глава 1. Что такое вирусы и почему они так опасны</b> .....	11
<b>Глава 2. Как устроен коронавирус</b> .....	25
Строение.....	25
Проникновение.....	28
Размножение.....	34
Выход из клетки.....	45
Почему SARS-CoV-2 такой особенный.....	48
<b>Глава 3. Откуда он взялся</b> .....	55
Был ли промежуточный хозяин?.....	64
<b>Глава 4. Как передается коронавирус</b> .....	73
Загрязненные поверхности.....	75
По воздуху.....	81
Через туалет?.....	89
Сезон круглый год.....	92
Нелюбитель свежего воздуха.....	98
И другие звери.....	100
<b>Глава 5. Доктор, я умру? Что коронавирус делает с нами</b> .....	109
Проникновение в организм.....	110
Течение болезни.....	118
Легкое течение.....	118
Бессимптомное течение.....	124
Не только антитела.....	131
Тяжелое течение.....	134
Игры с иммунитетом.....	140
Долгосрочные последствия.....	144
Факторы риска тяжелого течения.....	147
Менее очевидные маркеры.....	159
Общая схема развития COVID-19.....	166
<b>Глава 6. Много маленьких загадок</b> .....	181
<b>Глава 7. Где лекарство?</b> .....	195
Как создаются новые лекарства.....	195
Как понять, что что-то не так.....	200

Еще немного неудач.....	214
Чем богаты.....	219
<b>Глава 8. Как лечат коронавирус.....</b>	<b>229</b>
Не только таблетки.....	244
<b>Глава 9. Где вакцина?.....</b>	<b>249</b>
Что делают вакцины.....	250
Как создают вакцины.....	253
Типы вакцин.....	269
«Мертвая» (инактивированная).....	270
«Живая» (аттенуированная).....	271
Векторные вакцины.....	273
Субъединичные (пептидные) вакцины.....	276
Генетические вакцины.....	276
РНК-вакцины.....	278
Вирусоподобные частицы.....	281
Какие есть проблемы.....	282
<b>Глава 10. Тесты: какие они бывают, зачем нужны и почему так плохо работают.....</b>	<b>295</b>
РНК-тесты.....	296
Тест на антитела.....	306
Как часто ошибаются тесты?.....	311
И что со всем этим делать?.....	318
Как воспринимать РНК-тесты.....	318
Как воспринимать тесты на антитела.....	324
<b>Глава 11. Правда ли нужен карантин и как вообще можно бороться с эпидемиями.....</b>	<b>333</b>
В чем проблема с нынешней эпидемией.....	339
Не только карантин.....	352
Игра в TETRIS.....	360
Цифровые технологии.....	366
<b>Глава 12. Когда все это закончится.....</b>	<b>371</b>
Бить точно в цель.....	375
<b>Заключение.....</b>	<b>391</b>
<b>Словарь.....</b>	<b>394</b>
<b>Благодарности.....</b>	<b>400</b>

# Вступление

Каждый год команда, издающая Оксфордский словарь, выбирает слово года. В 2020-м этим словом несомненно будет «коронавирус». Неожиданно выпрыгнув из китайских пещер, злобный родственник простуд за пару месяцев распространился по всей планете и вогнал половину мира в карантин, играючи обрушив казавшиеся такими надежными системы здравоохранения множества стран. Вместе с ними рухнули и наши представления о том, что благодаря мощи человеческого разума мы победили (ну хорошо, почти победили) все напасти, угрожающие нашим хрупким биологическим телам. Еще в конце 2019 года СМИ и разного рода эксперты убедительно рассуждали, что для полного торжества духа над плотью осталось лишь доразобраться с раком и, может, еще с болезнью Альцгеймера, биохакеры при помощи сложной химии пытались добавить себе лишних полтора месяца долголетия, а футурологи и трансгуманисты грезили о пересадке сознания в облачные серверы. В начале 2020-го оказалось, что человечество перешло в перманентный режим ЧС из-за банального инфекционного заболевания — точно так же, как в каком-нибудь XV веке.

На момент, когда я пишу эти слова, ни специфического лечения, ни вакцины от коронавируса нет. Невозможность повлиять на свою судьбу и будущее в целом вызывает ужасное беспокойство — неудивительно, что не только люди,

далекие от медицины, но и врачи массово используют непроверенные средства и практики и верят то во множество гуляющих по сети рассказов о чудо-лекарстве, то убеждениям, что ковид не страшнее гриппа. В лучшем случае такое поведение оказывается бесполезным, в худшем — уносит человеческие жизни. Поэтому так важно говорить о коронавирусе именно сейчас, когда, казалось бы, ничего еще не ясно. Белых пятен пока предостаточно, более того, в полном соответствии с заветами древнегреческого философа Анаксимена, чем больше мы узнаем, тем больше понимаем, как много еще предстоит узнать. Несмотря на это, исследователи собрали о новом враге *Homo sapiens* небывалое количество информации. Эти сведения позволяют обычным людям минимизировать риски заболеть, а врачам — предупредить у пациентов наступление тяжелой фазы коронавирусной инфекции. Потому что — сошлюсь еще на одного философа, на этот раз из XVIII века, Клода Адриана Гельвеция — знание некоторых принципов возмещает незнание некоторых фактов.

В книге я постаралась максимально понятным языком, но без излишних упрощений и опираясь только на подтвержденные научные источники, изложить главные факты, которые уже удалось выяснить о коронавирусе: как он устроен, откуда взялся, как воздействует на наш организм и что можно сделать, чтобы защитить себя лично и общество в целом. Разумеется, мы поговорим о лечении и о вакцине.

Небольшие фрагменты книги появлялись в моем фейсбуке и телеграм-канале «Безвольные каменщики», но «Вирус, который сломал планету» — не сборник заметок о SARS-CoV-2, а попытка объединить и систематизировать более или менее устоявшиеся знания о нем. Я по максимуму убрала

всю сиюминутность, оставив только те данные, которые уже не поменяются — или, по крайней мере, те, что отражают основные гипотезы и направления исследований. И хотя совершенно очевидно, что уже на момент выхода из печати в книгу можно будет многое дописать, я надеюсь, что глобально она не потеряет актуальности.

Будьте здоровы!



# Глава 1. Что такое вирусы и почему они так опасны

Как очевидно из названия, коронавирус, вызвавший нынешнюю глобальную пандемию, является вирусом. Это не первое и не последнее вирусное заболевание, поставившее мир если не на грань катастрофы, то, по крайней мере, в очень сложные условия. Кроме того, в отличие от бактериальных инфекций, которые тоже бывают весьма неприятными, для большинства вирусных болезней не существует никаких лекарств (да-да, и от простуд тоже — что бы вам ни рассказывали фармацевты в аптеках, участковые терапевты и даже некоторые чиновники в Минздраве). Чем так необычны вирусы, что вся сверхмощная машина современной фармакологии не в состоянии противостоять им?

Вирусы — идеальные паразиты: у них редуцированы абсолютно все функции, кроме тех, которые необходимы для заражения и размножения. Пространство возможных действий урезано настолько, что вирусы считаются не совсем живыми: у них нет части свойств, характерных для живых объектов, например отсутствует метаболизм<sup>1</sup> в полном смысле этого слова. Строго говоря, вирус представляет собой белковую оболочку, внутри которой содержится молекула ДНК или

---

<sup>1</sup> Хотя у недавно открытых гигантских вирусов он есть.

РНК с записанной на ней вредоносной программой. Этакие нанороботы-зануды, умеющие только внедряться в клетки и копировать себя. Но сверхспециализация на паразитизме принесла свои плоды: в этом деле вирусам нет равных, и мы до сих пор очень плохо умеем справляться с последствиями вторжения в наш организм гадких крошечных созданий.

Жизненный цикл вируса состоит всего из трех стадий: 1) заражение клетки, 2) размножение, 3) выход из клетки и поиск новых клеток для заражения. Некоторые вирусы также умеют «вписывать» свой генетический материал в геном хозяина, чтобы гарантированно оставаться в клетках навсегда. Так поступают, к примеру, ретровирусы, самый известный представитель которых — вирус иммунодефицита человека (ВИЧ). Еще вариант — спрятаться в клетке до момента, когда размножение окажется максимально эффективным, скажем если организм носителя ослабнет и его иммунная система будет не в состоянии быстро подавить распространение вторженца. Этот трюк проделывает вирус герпеса. Но наш коронавирус — его официально называют SARS-CoV-2 — на такое, к счастью, не способен. Его геном не кодирует ферменты, которые могли бы встроить вирусный генетический материал в ДНК клетки-хозяина или маскировать длительное присутствие вируса. Тем более таких ферментов нет в геноме самой клетки. Так что опасения, что SARS-CoV-2 пропишется в ДНК переболевших навсегда, беспочвенны.

Хотя некоторые вирусы могут довольно долго оставаться инфекционными вне клетки-хозяина, размножаться они могут только внутри нее. Для того чтобы воспроизводиться с максимальной скоростью, вирусы оставили в своем геноме лишь самые необходимые гены — маленький геном быстрее копировать. Недостающую генетическую информацию и всю машинерию, которая требуется, чтобы получить

необходимую для воспроизводства энергию, они воруют у клетки. Можно сказать, что вирусы взламывают ее геном, заставляя работать на себя. Точно так же поступают компьютерные вирусы, отсюда и их название.

Таким образом, клетка становится не только жертвой вируса, но и его главным убежищем. И для того, чтобы избавиться от вируса, организму приходится убивать собственные клетки. Не в последнюю очередь именно с этим связаны многие тяжелые последствия вирусных инфекций.

### **НЕГОВОРЯЩИЕ ИМЕНА**

ВОЗ дала новой коронавирусной инфекции официальное название 11 февраля 2020 года. Если до этого момента ее называли 2019-nCov (от *novel coronavirus*, *новый коронавирус*), то теперь болезнь именуется COVID-19 (от *coronavirus disease*, *коронавирусное заболевание*). Если вам кажется, что ВОЗ как будто специально выбирает максимально блеклые и незапоминающиеся названия, то вам не кажется. Это делается умышленно — руководства Всемирной организации здравоохранения предписывают не упоминать в названии конкретные регионы, виды деятельности, животных, а также группы людей или отдельных лиц. Все для того, чтобы не допустить дискриминации или негативного отношения.

Эта идея основывается на нескольких недавних кейсах. Например, во время вспышки свиного гриппа 2009–2010 годов власти Египта, стремясь обезопасить население, уничтожили в стране всех свиней. При этом свиньи не были источником заразы для людей — просто один из новообразованных вирусов H1N1 скооперировался с вирусом гриппа свиней (то есть

прихватил себе часть его генетического материала), стал особенно контагиозным и из-за этого убил довольно много народа. От распространения вируса такая мера не спасла, зато в Каире из-за нее случился мусорный кризис: в этом городе, скажем так, не очень хорошо обстоят дела с уборкой, и свиньи были ключевым звеном в переработке органических отходов. Ко всему прочему, истребление свиней ударило по живущим в Каире христианам, которые в основном и занимаются сортировкой и переработкой мусора. Без свиней они физически не могут справиться с горами объедков (если погуглить *cairo garbage*, результат вас впечатлит).

В 2012 году разразилась вспышка MERS — родственника нынешнего коронавируса. Первые случаи (и вообще значительная часть случаев) были зафиксированы в Саудовской Аравии, и потому сначала болезнь собирались назвать с привязкой к этой стране. Но власти Саудовской Аравии выступили категорически против, опасаясь, что ассоциация со смертельным вирусом скажется на доходах от туризма и в целом сократит число желающих взаимодействовать с государством и его гражданами. В итоге инфекцию назвали ближневосточным респираторным синдромом, что сегодня все равно рассматривается как ошибка, потому что Ближний Восток тоже регион.

Намучившись с этими историями (название MERS — *Middle East Respiratory Syndrome* — придумывали целых пять месяцев), а также под давлением нынешней страшно обидчивой на все общественности, ВОЗ приняла новые правила наименований инфекций. Они должны включать только описание симптомов

(например, «респираторный» или «дефицит»), указание затронутых групп (детский, мужской и т.д.), характера течения заболевания (острый, хронический), сезонности и тяжести. Еще можно пользоваться сквозной нумерацией (1, 2, 3, I, II, III, альфа, бета). Так что больше никаких «испанок», птичьих гриппов, лихорадок Эбола, Западного Нила и Крым-Конго или «уханьского коронавируса» (ну просится же, правда?). Только скучные шифры из букв и цифр. Зато исключительно нейтрально.

Второе важнейшее свойство вирусов, помимо сверхвысокой скорости размножения (ученые также говорят «репликация»), — повышенная склонность мутировать. Слово «мутация» сегодня окутано, так сказать, зловещим ореолом тайны, но на самом деле этим термином называют любое изменение в геноме вируса — и не только вируса, а, в принципе, любого обладателя генома. Мутации происходят по разным причинам: это может быть результат ошибки в работе фермента, копирующего генетическую информацию, или повреждения нуклеиновых кислот, например ультрафиолетом, рентгеном или особыми веществами-мутагенами. Наконец, мутации могут происходить сами по себе из-за естественного изменения нуклеотидов — «букв», из которых составлен геном.

Чаще всего мутации вредны, так как они изменяют, а то и вовсе делают нечитаемыми записанные в нуклеиновых кислотах «слова»-гены — вспомним захомеровских кита и кота. Но иногда мутации не меняют смысл генетического текста. Так происходит, если в результате замены буквы слово не меняет своего значения. Если перейти от текстовых метафор к реальной жизни, то появление нейтральных мутаций обусловлено двумя механизмами. Чтобы понять их,

необходимо вспомнить азы биологии. Основные молекулы, которые обеспечивают все функции живых систем (или частично живых, вроде вирусов), — это белки. Белки — длинные молекулы, составленные из 20 базовых единиц-аминокислот. Последовательности всех белков в зашифрованном виде записаны на молекулах ДНК и РНК — смотря из чего состоит геном конкретного существа. Каждая аминокислота кодируется тремя нуклеотидами — единицами нуклеиновых кислот.

При этом генетический шифр, он же код, избыточен: одну и ту же аминокислоту могут кодировать разные тройки нуклеотидов. И это первая причина, по которой мутации зачастую никак не влияют на работу живых систем, если тройка, получившаяся после изменения, соответствует той же аминокислоте, что исходные три кодирующих нуклеотида. Другой способ получить нейтральную мутацию — изменить аминокислоту так, чтобы новообразованный белок сохранил свои функции. Так происходит, например, если мутация меняет аминокислоту где-нибудь на периферии белка и его работоспособность остается такой же или почти такой же. Если сравнить белок с автомобилем, то такая нейтральная мутация меняет, скажем, цвет кузова или форму фар.

Иногда свойства белка меняются так, что его новые функции приносят живому существу или вирусу ощутимую выгоду. Например, если вирусу для проникновения в клетку необходимо ухватиться за какой-нибудь вырост на ее поверхности, полезной окажется мутация, которая повышает его «липучесть», например за счет того, что «хватающий» вирусный белок прочнее цепляется за торчащий белок клетки.

Способствовать появлению исключительно полезных мутаций вирусы — как и любые другие существа — не могут. Мутация — всегда случайность, так что она может оказаться

как выгодной, так и вредной или нейтральной. Но если в некоем организме мутации происходят очень часто, вероятность появления «правильных» мутаций за тот же отрезок времени возрастает (правда, не для этого конкретного организма, а для вида в целом). Для мутирующего частота появлений полезных, вредных и нейтральных мутаций остается неизменной, но так как в целом изменений оказывается намного больше, увеличиваются и шансы возникновения «правильных» мутаций. Вирусы могут увеличивать свою мутагенность<sup>2</sup> разными способами — например, фермент РНК- или ДНК-полимераза, который копирует их геномы, часто работает халтурно, допуская намного больше ошибок, чем, скажем, ферменты человека или лошади. Кроме того, геном многих вирусов не обязательно записан в стабильной двуцепочечной молекуле ДНК, как у всех остальных живых организмов. Вирусы могут хранить свою наследственную информацию в одноцепочечной ДНК или даже в РНК. Эти молекулы куда менее стабильны, и изменения в них происходят гораздо чаще, чем в ДНК. Особенно склонна к переменам РНК: некоторые РНК-содержащие вирусы мутируют в миллион(!) раз быстрее, чем их хозяева [1]. Такие рекордсмены по мутациям балансируют на грани допустимого: если еще немного увеличить скорость изменений, вирус погибнет, так как с огромной вероятностью за несколько циклов размножения мутации выведут из строя его ключевые ферменты. Мутационной дерзостью РНК-содержащих вирусов пользуются

---

<sup>2</sup> В книге я часто употребляю выражения вроде «вирусы увеличивают мутагенность» или «эволюция придумала хитрый ход». Но важно понимать: ни у вирусов, ни у эволюции, ни у природы нет сознательной воли развиваться в том или ином направлении. Просто некоторые случайно возникшие изменения закрепляются, так как способствуют лучшему выживанию и/или размножению. Череда таких циклов изменений и отбора под давлением среды и создает впечатление направленного процесса.

ученые, разрабатывающие средства борьбы с ними (мы подробнее поговорим об этом в разделе, посвященном лекарствам против коронавируса). Как вы уже догадались, его геном записан именно в молекуле РНК.

Счастливики, которым достались полезные мутации, имеют больше шансов заразить новых хозяев и размножиться. Этот процесс — преимущественное выживание организмов, которые оказались более приспособленными к текущим условиям, — лежит в основе эволюции. И благодаря тому, что вирусы мутируют очень быстро — на порядки быстрее других организмов, — их эволюция также происходит стремительно. Скажем, еще вчера вирус умел размножаться только в летучих мышах, а уже сегодня хоп! — и научился проникать в клетки человека и реплицироваться в них (в реальности речь идет о более долгих сроках, но общий смысл таков).

Сочетание двух этих качеств — стремительного размножения и столь же стремительного мутирования — обеспечивает вирусам эволюционное процветание и звание лучших паразитов всех времен и народов. Благодаря первому инфекция развивается очень быстро, второе позволяет уходить от иммунного ответа и завоевывать новых хозяев. Да, бактерии тоже умеют быстро делиться и меняться, но от вирусов они отстают, условно говоря, на целую голову (если бы у кого-нибудь из них была голова). Ко всему прочему, до бактерий проще добраться, так как они не сидят внутри клеток.

Доказательство фантастической успешности вирусов — их зашкаливающее количество. И хотя точно подсчитать, сколько именно вирусов на планете, невозможно, согласно некоторым прикидочным оценкам [2], только в океане примерно четыре нониллиона вирусов. Нониллион — это единица с 30 нулями. Представить настолько гигантское число



**Рис. 1.** Множество вирусов есть у всех групп живых существ на планете — и даже у самих вирусов

очень трудно, но, например, наше Солнце весит два нониллиона килограммов. Обитают вирусы, разумеется, не сами по себе, а внутри живых организмов: на планете нет существ, которые не были бы освоены вирусами. Звери, птицы, растения, грибы, бактерии — и даже сами вирусы: у всех них есть множество собственных вирусов, вызывающих всевозможные патологии. Некоторые вирусы строго специфичны и поражают только один вид, другие не столь разборчивы и могут перескакивать с хозяина на хозяина, приводя к появлению новых болезней. Именно так произошло с SARS-CoV-2.

- [1] S. Duffy, "Why are RNA virus mutation rates so damn high?," *PloS Biol.*, vol. 16, no. 8, p. e3000003, Aug. 2018.
- [2] C. A. Suttle, "Viruses in the sea," *Nature*, vol. 437, no. 7057, pp. 356–361, Sep. 2005.

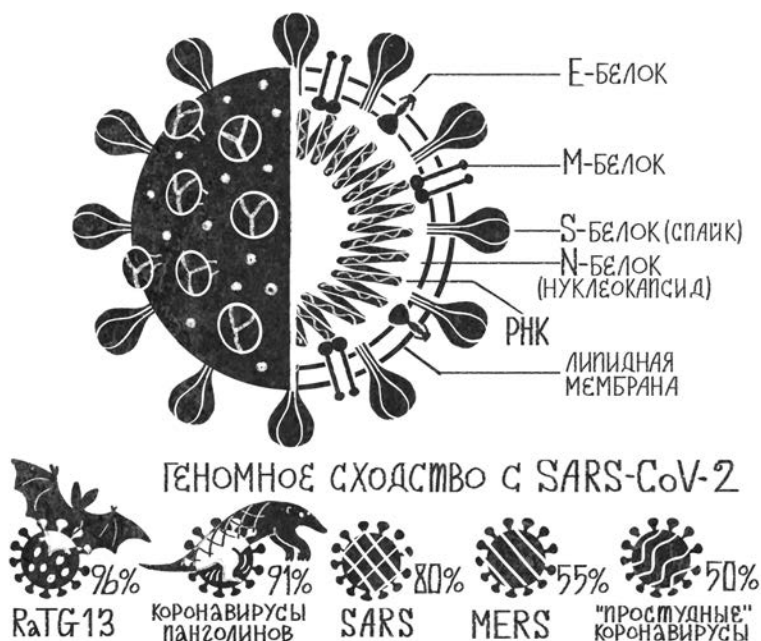
# Глава 2. Как устроен коронавирус

## Строение

Как мы выяснили в предыдущей главе, вирусы завоевали мир благодаря высокой скорости размножения и повышенной мутагенности. При этом, если главные конкуренты вирусов за планетарное господство — люди — осваивают новые территории при помощи разнообразных сложных технологических устройств, вирусы, наоборот, достигают своей цели за счет предельного упрощения, правда очень затейливого. Все до единого вирусные гены работают только на одну задачу — заселить как можно больше клеток и синтезировать максимально возможное количество вирусных частиц, которые, в свою очередь, будут инфицировать всё новые и новые клетки. Самые маленькие геномы у РНК-содержащих вирусов: рекордсмены минимизации вроде вируса гепатита D обходятся всего 1700 нуклеотидами (генетическими буквами). Для сравнения: в геноме человека больше 3 млрд пар нуклеотидов.

Геном коронавирусов тоже записан в молекуле РНК, однако они самые крупные представители этой группы: в среднем у них около 29 000 нуклеотидов. В геномной РНК SARS-CoV-2 29 900 нуклеотидов, и они кодируют 16 генов.

Часть из них — гены, обеспечивающие синтез собственных белков вируса, остальные нужны для того, чтобы хакнуть геном клетки, заставив ее работать в режиме вирусной фабрики, а также для обмана клеточных защитных систем. Все эти «хитрые» гены и белки возникли в результате



**Рис. 2.** Частица SARS-CoV-2 — ограниченная липидной мембраной сфера размером около 95 нм без учета торчащих наружу тримеров спайк-белка и 120–130 нм с ними. Внутри компактно упакована геномная РНК, намотанная на каркас из N-белка — в реальной вирусной частице она занимает внутреннее пространство почти целиком. SARS-CoV-2 не слишком похож на другие человеческие коронавирусы — геном ближайшего родственника SARS отличается на целых 20%. Зато с одним из коронавирусов летучих мышей RaTG13 он схож на 96%. Не исключено, что ученым удастся найти в рукокрылых еще более близкие вирусы, от которых мог произойти SARS-CoV-2

длительного сосуществования коронавирусов и их хозяев: каждая новая придумка паразита, облегчающая его проникновение в клетку или размножение, повышала шансы именно этой вирусной разновидности остаться в ходе эволюции. В результате такой позиционной войны виновник нынешней пандемии получился весьма хитроумным и коварным.

Хотя на первый взгляд так не скажешь. С виду SARS-CoV-2 устроен точно так же, как и множество других вирусов. Это сферическая частица со средним диаметром около 120 нанометров, покрытая многочисленными выростами. Утверждается, что благодаря им коронавирусы выглядят как маленькие короны (отсюда и название), но вообще-то куда больше они напоминают морскую мину — да и по смыслу морская мина ближе<sup>1</sup>. Крупные выросты образованы так называемым шиповидным белком, он же спайк-белок, или S-белок (от английского *spike* — шип). С его помощью коронавирус цепляется за клеточные белки-рецепторы, которые выступают далеко за поверхность клетки. Выросты поменьше — это структурный М-белок (от английского *membrane protein*, мембранный белок). Есть еще Е-белок (от английского *envelope protein*, белок оболочки), который почти совсем не выдается за пределы сферы. М-, S- и Е-белки погружены в липидную (жировую) мембрану, которая отделяет внутренность вирусной частицы от окружающей среды. То есть фактически вирус — это пузырек, стенка которого образована липидными молекулами с вкраплениями белков. Причем мембрана у вируса не своя, а позаимствованная у предыдущего хозяина: синтез липидов — сложный многостадийный

---

<sup>1</sup> На самом деле, сравнивая SARS-CoV-2 с короной, авторы названия, скорее всего, имели в виду солнечную корону. Но вариант с морской миной по-прежнему представляется более удачным.

процесс, требующий множества ферментов, генов которых у паразита нет. Внутри пузырька находится вирусная РНК, намотанная на каркас из N-белка (от английского *nucleocapsid protein*, белок нуклеокапсида). И это всё.

## Проникновение

Несмотря на такую аскетичность, вирусная частица SARS-CoV-2 имеет все необходимое, чтобы весьма эффективно проникать в клетки организма-хозяина. Главными воротами, через которые вирус попадает внутрь, являются рецепторы ACE2, или, по-русски, АПФ2, что расшифровывается как ангиотензин-превращающий фермент 2. Вместе с ангиотензин-превращающим ферментом 1 (АПФ1, или ACE) ACE2 входит в так называемую ренин-ангиотензиновую систему, которая регулирует кровяное давление. Никакого глобального смысла в том, что вирус цепляется именно за ферменты системы, ответственной за давление, нет: скорее всего, ACE2 стал мишенью вируса случайно в ходе многочисленных циклов адаптации паразита к клеткам хозяина.

Рецепторы ACE2 — трансмембранные белки<sup>2</sup>, то есть они погружены в наружную клеточную мембрану, которая ограничивает клетки животных от окружающей среды. Они есть на клетках дыхательных путей, тонкого кишечника, стенок сосудов (эндотелия), яичек и некоторых других<sup>3</sup>. Это теоре-

---

<sup>2</sup> Хотя существует и форма, которая не закреплена в мембране.

<sup>3</sup> В этом месте вдумчивый читатель может спросить: если ACE2 входит в систему, отвечающую за давление, что он делает во всех этих органах? Правильный ответ на это: мы точно не знаем. Биологические системы очень сложны, и нередко один и тот же игрок задействован в самых разных процессах, а сами эти процессы сложно влияют друг на друга. После

тически означает, что SARS-CoV-2 может проникать во все эти органы, и действительно, было установлено, что вирус умеет внедряться, например, в клетки кишечника и яичек. Но эти локации вирусу по каким-то причинам не нравятся: если он и размножается там, то не слишком активно, не вызывая развития серьезных патологических процессов. А вот в клетках дыхательных путей, и особенно в клетках легких, SARS-CoV-2 разворачивает бурную деятельность.

Коронавирус цепляется за выступающий над поверхностью клеток ACE2 при помощи своего S-белка. В связывании участвует не весь белок, а его наружная расширенная часть — ее называют S1-фрагментом. Непосредственно с рецептором взаимодействует RBD-участок (*receptor binding domain* — домен, ответственный за связывание с рецептором), который очень точно прилегает к ACE2, повторяя все его выемки и впадины. Ученые любят называть такое точное присоединение взаимодействием типа ключ–замок.

### **АЛЬТЕРНАТИВНЫЙ ПУТЬ**

ACE2 — не единственный рецептор, прилипнув к которому SARS-CoV-2 может проникнуть в клетки. В марте 2020 года ученые обнаружили [1], что этот коронавирус умеет цепляться за рецепторы CD147. Но вот загвоздка: CD147 почти не встречаются на поверхности клеток дыхательных путей. Зато этих рецепторов много на иммунных клетках, в некоторые из которых, как было показано группой исследователей из Китая и США [2], вирус может проникать. Пока до конца не ясно, использует ли

---

эпидемии SARS предпринимались слабые попытки разобраться, какие еще функции выполняет в организме ACE2 [6], однако особого развития подобные работы не получили и ограничиваются в основном животными моделями.

Якутенко Ирина

# Вирус, который сломал планету

ПОЧЕМУ SARS-CoV-2  
ТАКОЙ ОСОБЕННЫЙ  
И ЧТО НАМ С НИМ ДЕЛАТЬ

Издатель *П. Подкосов*  
Руководитель проекта *А. Казакова*  
Арт-директор *Ю. Буга*  
Корректоры *Е. Чудинова, С. Чупахина*  
Компьютерная верстка *М. Поташкин, А. Фоминов*

Подписано в печать 06.11.2020. Формат 60×90/16.  
Бумага офсетная № 1. Печать офсетная.  
Объем 25,5 печ. л. Тираж 5000 экз. Заказ №

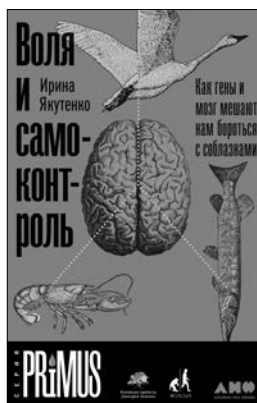
ООО «Альпина нон-фикшн»  
123007, г. Москва,  
ул. 4-я Магистральная, д. 5, строение 1, офис 13  
Тел. +7 (495) 980-5354  
[www.nonfiction.ru](http://www.nonfiction.ru)

Знак информационной продукции  
(Федеральный закон № 436-ФЗ от 29.12.2010 г.)



Отпечатано с готовых файлов заказчика  
в АО «Первая Образцовая типография»,  
филиал «УЛЬЯНОВСКИЙ ДОМ ПЕЧАТИ»  
432980, Россия, г. Ульяновск, ул. Гончарова, 14

# «АЛЬПИНА НОН-ФИКШН» РЕКОМЕНДУЕТ



## Воля и самоконтроль Как гены и мозг мешают нам бороться с соблазнами

Ирина Якутенко, испр. и доп. изд., 2020, 456 с.

### О чем книга

Почему одни люди с легкостью отказываются от соблазнов, а другие не в силах им противостоять? Автор книги, собрав самые свежие научные данные, доказывает, что люди, которым сложно сопротивляться искушениям, физиологически и биохимически

отличаются от тех, у кого этих проблем нет. Из-за генетических особенностей у таких людей иначе распределяются и работают нейромедиаторы — вещества, которые регулируют работу мозга. Нарушения бывают разными: обладателям одних постоянно не хватает ощущения удовольствия, носители других испытывают от приятных вещей настолько сильные ощущения, что не могут противиться им. Но итог один: «животная» часть мозга — лимбическая система, которая требует удовольствия прямо здесь и сейчас, чаще берет верх над самой «умной» зоной — префронтальной корой, которая помнит, что сиюминутное удовольствие угрожает большим жизненным планам.

### Почему книга достойна прочтения

Эта книга — увлекательный рассказ. Читатель узнает, как устроен и работает мозг, что из этого задано генами, а что — средой, и почему то, что кажется слабоволием или вредными привычками, зачастую предопределено эволюцией. В книге есть психологические тесты, советы, как укрепить силу воли (и как не надо это делать), объяснения, как понимать результаты генотипирования, — и все это на строго научной основе.

*Михаил Гельфанд,  
доктор биологических наук, член Academia Europaea*

### Кто автор

Ирина Якутенко, молекулярный биолог, выпускница МГУ им. М.В. Ломоносова. С 2007 года занимается популяризацией науки. Работала в ведущих российских СМИ, автор сотен научно-популярных статей и видеоблога «Бодрые новости», заведующая отделом науки «Вокруг света». Лектор и ведущая научно-популярных мероприятий.

Покупая бумажные книги на сайте [alpina.ru](http://alpina.ru), вы бесплатно получаете их электронные версии. Подробнее на [alpina.ru/free](http://alpina.ru/free).  
Больше о книгах АНФ на сайте [nonfiction.ru](http://nonfiction.ru)

## «АЛЬПИНА НОН-ФИКШН» РЕКОМЕНДУЕТ



### **Против часовой стрелки** Что такое старение и как с ним бороться

Полина Лосева, 2020, 470 с.

#### **О чем книга**

Ученые ищут лекарство от старости уже не первую сотню лет, но до сих пор, кажется, ничего не нашли. Значит ли это, что его не существует? Или, может быть, они просто не там ищут? В своей книге биолог и научный журналист Полина Лосева выступает в роли адвоката современной науки о старении и рассказывает о том, чем сегодня занимаются

геронтологи и как правильно интерпретировать полученные ими результаты. Кто виноват в том, что мы стареем? Что может стать нашей защитой от старости: теломераза или антиоксиданты, гормоны или диеты? Биологи пока не пришли к единому ответу на эти вопросы, и читателю, если он решится перейти от размышлений к действиям, предстоит сделать собственный выбор. Эта книга станет путеводителем по современным теориям старения не только для биологов, но и для всех, кому интересно, как помочь своему телу вести неравную борьбу со временем.

#### **Почему книга достойна прочтения**

Просто и понятно об одном из самых сложных биологических процессов — старении. Написано с душой, здесь и удачные метафоры, и тонко подмеченные образы, и случаи из жизни, с которых начинаются многие главы. Полина Лосева синтезировала и критически осмыслила необычайный объем информации, а потом, можно сказать, «разжевала» ее для читателя. Такой энциклопедический подход и в то же время доступное литературное изложение — задача крайне сложная, особенно в области, где почти любое утверждение можно подвергнуть сомнению. Несомненно, книга будет полезна и экспертам, и любителям, и тем, кто хочет узнать про старение всё, что на сегодняшний день известно современной науке.

*Вадим Гладышев, профессор Гарвардской медицинской школы*

#### **Кто автор**

Полина Лосева — научный журналист, популяризатор науки, автор статей на порталах «Чердак», N+1, «Элементы», OYLA. Победитель конкурсов научной журналистики «Био/мол/текст» и Tech in Media. По образованию биолог, окончила кафедру эмбриологии биологического факультета МГУ. Пишет о биотехнологиях, медицине, зародышевом развитии и старении.

Покупая бумажные книги на сайте [alpina.ru](http://alpina.ru), вы бесплатно получаете их электронные версии. Подробнее на [alpina.ru/free](http://alpina.ru/free).

Больше о книгах АНФ на сайте [nonfiction.ru](http://nonfiction.ru)



## Хлопок одной ладонью Как неживая природа породила человеческий разум

Николай Кукушкин, 2020, 542 с.

### О чем книга

Жизнь на Земле — непостижимая, вездесущая, кишачая миллионами ног, сучков, колючек и зубов вакханалия, в которой мы существуем и из которой мы исходим. Три с половиной миллиарда лет она обходилась без нас, и вот, в последние мгновения истории, из этого хитросплетения животных, растений, грибов и микробов

выныривает человек и задается вопросом: кто я такой и в чем смысл моей, человеческой, жизни? В своей дебютной книге эволюционный нейробиолог Николай Кукушкин шаг за шагом воссоздает картину мира от неживой материи до человеческого разума, чтобы найти в прошлом своего вида ответы на вечные вопросы. Оказывается, в человеческом страдании виноваты динозавры, легкие существуют благодаря лишайникам, а главным событием в жизни наших предков за последний эон было превращение в червей. «Хлопок одной ладонью» — это история человека и его внутреннего мира, вмещающая в себя весь путь от неорганических молекул до возникновения языка и рассказанная так, будто это рыцарский роман или мифический эпос.

### Почему книга достойна прочтения

«Самая прекрасная эмоция, которую нам дано испытать, — это ощущение тайны», — писал Альберт Эйнштейн. Эта книга для тех, кто умеет восторгаться тайной природы. Она для тех, кто любопытен, кто любит искать ответы на вопросы, кто не боится встретиться на своем пути незнакомые слова и способен подойти к сложной теме с чувством юмора, а к миру вокруг — с эйнштейновским чувством таинственного.

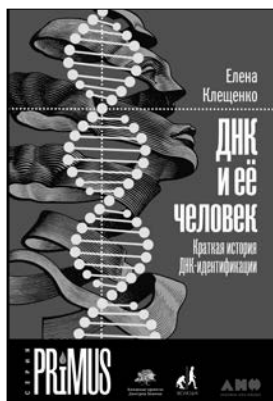
### Кто автор

Николай Кукушкин — нейробиолог, специалист по молекулярным механизмам и эволюции памяти. Выпускник СПбГУ, доктор философии Оксфордского университета, стажировался в Гарвардской медицинской школе, ныне — профессор Нью-Йоркского университета. Автор и соавтор многочисленных научных и научно-популярных публикаций, включая как русскоязычные статьи в СМИ («Нож», РИА «Новости» и др.), так и англоязычные работы в престижных рецензируемых журналах (*Neuron*, *Nature Medicine* и др.).

Покупая бумажные книги на сайте [alpina.ru](http://alpina.ru), вы бесплатно получаете их электронные версии. Подробнее на [alpina.ru/free](http://alpina.ru/free).

Больше о книгах АНФ на сайте [nonfiction.ru](http://nonfiction.ru)

## «АЛЬПИНА НОН-ФИКШН» РЕКОМЕНДУЕТ



### **ДНК и её человек** Краткая история ДНК-идентификации

Елена Клещенко, 2020, 320 с.

#### **О чем книга**

Книга Елены Клещенко адресована всем, кого интересует практическое применение достижений генетики в таких областях, как криминалистика, генеалогия, история. Автор рассказывает о методах исследования ДНК и о тех, кто стоял у их истоков: сэре Алке Джеффрисе, придумавшем ДНК-дактилоскопию;

эксцентричном Кэри Муллисе, сумевшем размножить до заметных количеств одиночную молекулу ДНК, и других героях «научных детективов». Детективную линию продолжает рассказ о поиске преступников с помощью анализа ДНК — от Джека-потрошителя до современных маньяков и террористов. Не менее увлекательны исторические расследования: кем был Рюрик — славянином или скандинавом, много ли потомков оставил Чингисхан, наконец, почему специалисты уверены в точности идентификации останков Николая II и его семьи и отчего сомневаются неспециалисты. А в заключение читатель узнает, почему нельзя изобрести биологическое оружие против определенной этнической группы, можно ли реконструировать внешность по ДНК и опасно ли выкладывать свой геном в интернет.

#### **Почему книга достойна прочтения**

- Автор объясняет, как изучают ДНК человека, как выполняется идентификация личности по генетическим данным, а также в каких случаях ДНК-анализ может быть ошибочным.
- В книге описываются исторические расследования: была ли у президента Джефферсона любовница-рабыня, кто такой Джек-потрошитель и правда ли, что в Лестере найден скелет Ричарда III.
- Проблемы генетической безопасности: опасно ли размещать свой геном в базе данных, и если да, то почему.

#### **Кто автор**

Елена Клещенко — научный журналист. После окончания биологического факультета МГУ работала на кафедре молекулярной биологии, а затем в журнале «Химия и жизнь». Сотрудничала с *The New Times*, газетой «Троицкий вариант — Наука», вела колонку о биохимии еды в журнале «Кот Шрёдингера». Заместитель главного редактора портала PCR.news, посвященного молекулярной диагностике и медицине.

Покупая бумажные книги на сайте [alpina.ru](http://alpina.ru), вы бесплатно получаете их электронные версии. Подробнее на [alpina.ru/free](http://alpina.ru/free).

Больше о книгах АНФ на сайте [nonfiction.ru](http://nonfiction.ru)