

**П Л А Н Е Т А
В И Р У С О В**

A PLANET OF VIRUSES

Carl Zimmer

Illustrations by Ian Schoenherr

The University of Chicago Press | Chicago and
London

КАРА ЦИММЕР

**П Л А Н Е Т А
В И Р У С О В**

Иллюстрации Яна Шёнгера

Перевод с английского



АНО
АЛЬПИНА НОН-ФИКШН

Москва, 2023

УДК 556+797.1
ББК 26.22+75.717.5
Ц84

Переводчик Мария Елифёрова
Научный редактор Ирина Якутенко
Редактор Роза Пискотина

Циммер К.

Ц84 Планета вирусов / Карл Циммер ; Пер. с англ. — М. : Альпина нон-фикшн, 2023. — 190 с.

ISBN 978-5-00139-545-4

Вирусы — самые крошечные существа, известные науке, тем не менее в их подчинении вся наша планета. Каждому человеку хорошо известны вирусы простуды и гриппа, вместе с тем бывают вирусы, способные вызывать самые причудливые заболевания вроде такого, например, когда на коже человека развиваются древовидные наросты. Вирусы не просто часть нашей жизни: человеческий геном содержит больше их генетического материала, чем наших собственных генов. Между тем ученые продолжают обнаруживать вирусы повсюду: в почве, в океане, даже в пещерах глубиной в тысячи метров. Эта удивительная книга знакомит с тайным миром, в котором все мы обитаем. Опираясь на новейшие исследования, популярный научный журналист Карл Циммер рассказывает, как вирусы управляют нашими жизнями и биосферой, как они дали толчок развитию первых форм жизни на земле и как они будут предопределять наши судьбы в дальнейшем.

УДК 556+797.1
ББК 26.22+75.717.5

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 tylib@alpina.ru

A Planet of Viruses: Third Edition
Licensed by The University of Chicago Press,
Chicago, Illinois, U.S.A.

© 2011, 2015, 2021 by The Board of Regents
of the University of Nebraska.
All rights reserved.

Russian edition published by arrangement with
Agentia literara LIVIA STOIA.

© Издание на русском языке, перевод, оформление.
ООО «Альпина нон-фикшн», 2023

ISBN 978-5-00139-545-4 (рус.)
ISBN 978-0-226-78259-1 (англ.)

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие 9

ВВЕДЕНИЕ

«Заразная живая жидкость»

Вирус табачной мозаики и открытие мира вирусов

13

ДАВНИЕ СОСЕДИ

(Не)обычная простуда

Как риновирусы играючи завоевали мир

29

Взирая на Землю со звезд

Нескончаемые перевоплощения гриппа

38

Рогатые кролики

Вирус папилломы человека и инфекционный рак

48

ВЕЗДЕ И ВО ВСЕМ

Враг нашего врага

Бактериофаги как лекарство на основе вируса

63

Инфицированный океан

Как морские фаги правят водами мира

75

Наши внутренние паразиты
Эндогенные ретровирусы и наш набитый вирусами геном
84

ВИРУСНОЕ БУДУЩЕЕ

Новый бич

*Вирус иммунодефицита человека и животные
как источник заболеваний*

97

Стать американцем

Глобализация вируса лихорадки Западного Нила

110

Эпоха пандемии

Почему появление COVID-19 неудивительно

122

Долгое прощание

Забвение натуральной оспы откладывается

138

ЭПИЛОГ

Инопланетянин из градирни

Гигантские вирусы и что же такое вирус

157

Благодарности 169

Избранная библиография 170

Иллюстрации 178

Предметно-именной указатель 179

Грейс,
моей любимой хозяйке

ПРЕДИСЛОВИЕ

Вирусы несут угрозу благополучию человечества, затрагивая жизнь почти миллиарда людей. В то же время они сыграли важную роль в заметных достижениях биологии прошлого столетия. Вирус натуральной оспы был самым смертоносным врагом человечества, а теперь это одна из немногих болезней, стертых с лица земли. Новые и старые вирусы, такие как возбудители гриппа, вирусы Эбола, Зика, а теперь пандемия COVID-19, создают катастрофические угрозы мирового масштаба и небывалые проблемы. Эти и другие вирусы, вероятно, и впредь будут угрожать человеческому здоровью. Более основательные знания о них помогут нам подготовиться и предотвратить будущие вирусные заболевания и пандемии.

Вирусы играют незримую, но активную роль в экологии Земли. Они переносят ДНК между видами, обеспечивают новый генетический материал для эволюции и регулируют обширные популяции организмов. Все виды, от крошечных микробов до крупных млекопитающих, подвержены воздействию вирусов. Влияние вирусов не ограничивается организмами — они воздействуют на климат, почву, океаны и пресную воду. Рассматривая формирование всякого животного, растения или микроорганизма в ходе эволюции, приходится учитывать важную роль их соседей по планете — крошечных, но могучих вирусов.

После выхода первого издания «Планеты вирусов» в 2011 г. вирусы не переставали нас всех удивлять. Заболеваемость лихорадкой Эбола, прежде сводившаяся к локальным вспышкам в африканской глуши, переросла в масштабные эпидемии и распространилась на другие континенты. От животных к людям перешли новые вирусы типа MERS и SARS. ВИЧ был впервые описан в 1983 г., и сегодня с ним живут почти 38 млн человек. Вместе с тем ученые открывают новые способы приручить разнообразие вирусов нам во благо. Все эти новые события вдохновили Карла Циммера на новое издание «Планеты вирусов».

Большая часть этих очерков изначально была написана Циммером для проекта «Мир вирусов» в рамках программы Science Education Partnership Award (SEPA), поддерживаемой Национальными институтами здравоохранения. Проект «Мир вирусов» был призван популяризировать знания о вирусах и вирусологии с помощью комиксов, методических пособий, приложений для мобильных телефонов и айпадов и других материалов. Более подробно о «Мире вирусов» — на сайте проекта <http://worldofviruses.unl.edu>.

*Джуди Даймонд, PhD, профессор
Университета штата Небраска и куратор музея при
университете, руководитель проекта «Мир вирусов»*

*Чарльз Вуд, PhD, профессор биологии
и биохимии в Университете штата Небраска, дирек-
тор Центра вирусологии штата Небраска*

ВВЕДЕНИЕ



«Заразная живая жидкость»

Вирус табачной мозаики
и открытие мира вирусов

В 80 километрах к юго-востоку от мексиканского города Чиуауа расположена засушливая, пустынная горная гряда Сьерра-де-Найка. В 2000 г. системе пещер под этими горами обследовали шахтеры. Спустившись на 300 метров под землю, они словно оказались в другом мире. Они стояли в зале 9 метров шириной и 27 метров длиной. Свод, стены и пол выстлали гладкие полупрозрачные кри-

сталлы гипса. Кристаллы встречаются во многих пещерах, но таких, как в Сьерра-де-Найка, еще не бывало. Они достигали 11 метров в длину и весили до 55 тонн. Бусы из таких кристаллов не сделаешь. По ним можно было карабкаться, словно по холмам.

С момента открытия этой уникальной Пещеры кристаллов некоторым ученым посчастливилось посетить ее. В их числе был Хуан Мануэль Гарсиа-Руис, геолог из Гранадского университета. Изучив кристаллы, он установил, что они сформировались 26 млн лет назад. В то время из недр Земли поднимались расплавленные породы, образуя горы. Возникали подземные полости, заполнявшиеся горячей, насыщенной минералами водой. Из-за жара, идущего от магмы снизу, вода оставалась обжигающе горячей, порядка 58 °С. Это была идеальная температура для осаждения из воды минералов и образования кристаллов. По неустановленным причинам вода сохраняла эту идеальную температуру на протяжении сотен тысяч лет. Такое длительное «томление» позволило кристаллам вырасти до фантастических размеров.

В 2009 г. в Пещеру кристаллов с новой экспедицией отправился еще один ученый, Кёртис Саттл. Из водоемов в пещере Саттл и его коллеги собрали воду и доставили ее для анализа в свою лабораторию в Университете Британской Колумбии. Если учесть сферу деятельности Саттла, его экспедиция может показаться бессмысленной затеей. Саттл не имел профессионального интереса к кристаллам,

минералам и вообще к каким бы то ни было горным породам. Он — вирусолог.

В Пещере кристаллов нет людей, которых могли бы заражать вирусы. Там нет даже рыб. На протяжении миллионов лет пещера была фактически отрезана от внешнего мира. Однако экспедиция Саттла не прошла даром. Отобрав пробы пещерной воды, он рассмотрел их в микроскоп и увидел вирусы — полчища их. В каждой капле воды из Пещеры кристаллов содержится около 200 млн вирусов.

В том же году другая исследовательница, Дана Уиллнер, организовала собственную экспедицию в погоне за вирусами. Она углубилась не в пещеру, а в человеческий организм. По просьбе Уиллнер разные люди откашливали в чашку мокроту, из которой она и ее коллеги добывали частицы ДНК. Затем они сопоставляли фрагменты ДНК с миллионами последовательностей, хранящихся в электронных базах данных. Основная доля ДНК из образцов мокроты была человеческой, но многие фрагменты принадлежали вирусам. До «экспедиции» Уиллнер ученые считали легкие здоровых людей стерильными. Но Уиллнер обнаружила, что в среднем у людей в легких обитает 174 вида вирусов. Лишь 10% видов, выявленных Уиллнер, были родственны уже известным вирусам. Остальные 90% оказались столь же уникальными, как те, что таились в Пещере кристаллов.

В пещерах и в легких человека, в ледниках Тибета и в дующих высоко над горами ветрах

ученые продолжают открывать вирусы. Они обнаруживают их быстрее, чем успевают разобраться в них. На данный момент официальные научные названия присвоены нескольким тысячам вирусов, но их реальное количество, по некоторым оценкам, может достигать триллионов. Вирусология как наука еще пребывает в младенчестве. Но сами вирусы сопровождают нас издавна. Тысячелетиями они были известны нам только по их воздействию — заболеваниям и смертям. Однако до недавнего времени мы не знали, с чем связать эти неприятности.

В самом слове «вирус» исходно заключалось противоречие. Мы унаследовали слово от Римской империи, где оно обозначало одновременно змеиный яд и мужское семя. Сотворение и разрушение в одном слове.

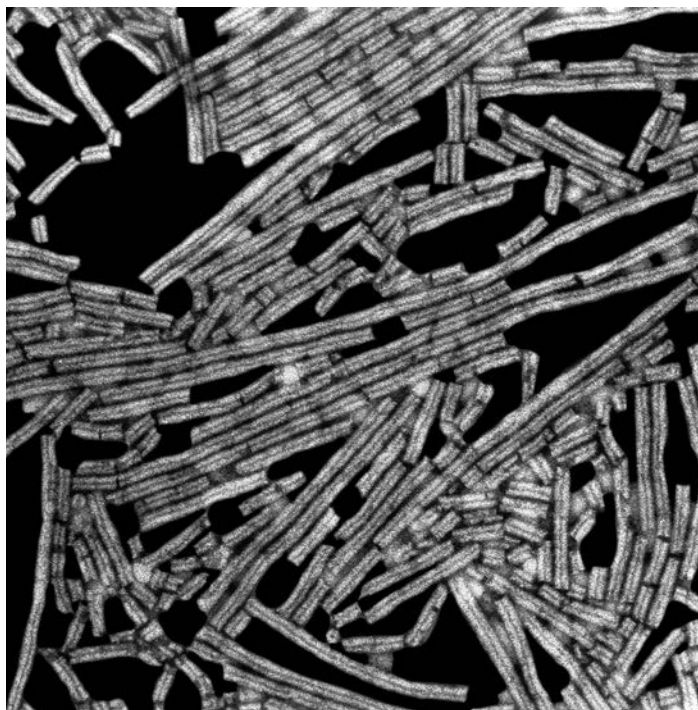
В последующие века в слово «вирус» стали вкладывать другой смысл: под ним подразумевали всякую заразную субстанцию, способную распространять болезни. Это могла быть жидкость вроде выделений из болячек. Это могла быть субстанция, таинственным образом передающаяся по воздуху. Этим веществом можно было даже пропитать лист бумаги, прикосновение к которому вызывало болезнь.

Свое современное значение слово «вирус» начало обретать лишь к концу XIX в. благодаря сельскохозяйственной катастрофе. На табачные плантации в Нидерландах напала болезнь, из-за которой растения чахли, а листья выгля-

дели как мозаика из живых и мертвых участков, будто заплатки на ткани. Целые хозяйства пришли в запустение.

В 1879 г. голландские фермеры пришли к молодому агрохимику Адольфу Майеру с мольбой о помощи. Майер дал этой напасти имя — «табачная мозаика». Чтобы найти ее причину, он исследовал среду, в которой росла рассада, — почву, температуру, солнечное освещение, но не обнаружил никакой разницы между здоровыми растениями и больными. Возможно, предположил Майер, виновата какая-то невидимая инфекция. Ученые тогда уже установили, что картофель и другие растения могут страдать от грибков, поэтому Майер стал искать грибок на табачных кустах. Он ничего не нашел. Он поискал паразитических червей, поражающих листья. Опять ничего.

В конце концов Майер отжал сок из больных растений и ввел его в здоровые табачные кусты. Здоровые растения заболели. Майер понял, что в табачной рассаде, должно быть, размножается какой-то микроскопический патоген. Он взял сок больных растений и поместил его в инкубатор у себя в лаборатории. Появились колонии бактерий, которые вскоре разрослись настолько, что Майер мог наблюдать их невооруженным глазом. Майер нанес эти бактерии на здоровую рассаду, чтобы узнать, вызовут ли они табачную мозаику. Ничего подобного не произошло. В наше время ученым известно, что растения покрыты бактериями от листьев до корней. Многие микроорганизмы



Вирусы табачной мозаики, вызывающие заболевание растений по всему миру

не только не вызывают болезней, но и помогают растениям успешно выживать. После этой неудачи исследования Майера застопорились. Мир вирусов остался неоткрытым.

Через несколько лет другой голландский ученый, Мартин Бейеринк, продолжил с того места, на котором сдался Майер. Он задумался, не может ли вызывать болезнь нечто иное, чем черви, грибки или бактерии, — нечто намного меньшего раз-

мера. Он измельчил больные растения и пропустил массу через тонкопористый фильтр, который отсеивал все содержащиеся в ней клетки. Осталась прозрачная бесклеточная жидкость. Когда Бейеринк ввел ее здоровым растениям, они заболели табачной мозаикой. А когда Бейеринк отфильтровал сок свежеинфицированных табачных листьев, ему удалось заразить и другие здоровые растения.

В 1898 г. Бейеринк описал свои открытия, называя отфильтрованный сок «заразной живой жидкостью». В нем содержалось что-то такое, что распространяло табачную мозаику. Это вещество, как предполагал Бейеринк, было живым, но оно должно было отличаться от всех известных ему форм жизни. В конце XIX в. ученые не сомневались, что все живое состоит из клеток. В его жидкости никаких клеток не было. Что бы в ней ни содержалось, оно должно было быть удивительно стойким. Бейеринк добавлял в отфильтрованную жидкость спирт, и она не теряла патогенности. Нагрев жидкости чуть ли не до кипения не вредил ей. Бейеринк пропитал заразным соком промокательную бумагу и высушил ее. Спустя три месяца, используя раствор, полученный при погружении этой бумаги в воду, он смог вызывать заболевания у новых растений.

Таинственному действующему веществу в «заразной живой жидкости» Бейеринк дал название: вирус. Он заимствовал это слово у древних и присвоил ему новое значение. Однако Бейеринк не мог определить, что представляет собой

вирус. Так что ему оставалось говорить только о том, чем вирус не является. Это было не животное, не растение, не гриб, не бактерия. Это было что-то другое.

Вскоре стало понятно, что Бейеринк открыл лишь одну разновидность вируса. В начале XX в. другие ученые, применив его метод фильтрования и заражения, открыли другие вирусы — возбудители других заболеваний. Затем они научились культивировать некоторые вирусы вне организма хозяев. Раз они умели выращивать в чашке Петри клетки, значит, могли культивировать и вирусы.

Даже и тогда ученые все еще не могли прийти к согласию относительно истинной природы вирусов. Одни утверждали, что вирусы — паразиты, которые эксплуатируют клетки. Другие полагали, что это всего лишь химические вещества. Путаница в вопросе о вирусах затрагивала самые основы: исследователи не могли договориться даже о том, живые вирусы или неживые. В 1923 г. британский вирусолог Фредерик Туорт заявил: «Природу вирусов установить невозможно».

Туман стал рассеиваться благодаря трудам химика Уэнделла Стэнли. В 1920-е гг., будучи студентом, Стэнли научился, соединяя молекулы в повторяющиеся структуры, получать кристаллы. А кристаллическое состояние вещества позволяло ученым узнать о молекулах то, чего иначе выяснить не получалось. Они обстреливали кристаллы рентгеновскими лучами, которые отражались от атомов и засвечивали фотопластинки, остав-

ляя на них повторяющиеся узоры кривых, прямых и точек. По ним ученые могли затем определить структуру молекул, составляющих кристалл.

В начале XX в. кристаллы помогли разрешить одну из величайших загадок биологии. Тогда ученым уже было известно, что в живых организмах содержатся таинственные молекулы — так называемые ферменты, способные прицельно расщеплять другие молекулы. Чтобы установить истинную природу ферментов, исследователи превратили их в кристаллы. Их рентгенограммы показали, что они состоят из белков. Размышляя о преобразующей силе вирусов, Стэнли задался вопросом: что, если и они состоят из белков?

Чтобы это узнать, он обратил вирусы в кристаллы. Для своего исследования он выбрал знакомый вид — вирус табачной мозаики. Стэнли собрал сок больных табачных кустов и процедил его сквозь тонкопористые фильтры, как Бейеринк за сорок лет до него. Он удалил из жидкости мельчайшие загрязнения и подготовил ее к кристаллизации. К его изумлению, в жидкости начали образовываться микроскопические иголки. Затем они разрослись в опалесцирующие пленки. Впервые в истории вирус стал доступен наблюдению невооруженным глазом.

Стэнли обнаружил, что его вирусные кристаллы твердые, как минерал. Они хранились месяцами, как поваренная соль в буфете. Впоследствии, когда он поместил их в воду, они растворились бесследно, снова обратившись в «живую заразную жидкость».

Результаты опыта Стэнли, опубликованные в 1935 г., озадачили весь мир. «Прежнее разграничение между живым и неживым отчасти теряет актуальность», — заявила газета *The New York Times*.

Но исследования Стэнли, при всей их революционности, имели свои ограничения. В частности, он допустил одну маленькую, но принципиальную ошибку. Вирусы табачной мозаики состоят не только из белка. В 1936 г. британские ученые Норман Пири и Фред Боуден обнаружили, что 5% массы вируса составляет другое вещество — таинственная нитевидная молекула, именуемая нуклеиновой кислотой. Позже наука установит, что нуклеиновые кислоты — это материя генов, в которых содержатся инструкции по построению белков и других молекул. Наши клетки хранят свои гены в виде двуцепочечных молекул нуклеиновых кислот — дезоксирибонуклеиновой кислоты, или ДНК. Гены многих вирусов также построены из ДНК. Другие вирусы, и среди них вирус табачной мозаики, содержат одноцепочечную форму рибонуклеиновой кислоты, или РНК. Многие вирусы несут двуцепочечную РНК или одноцепочечную ДНК. Ученым понадобились десятилетия, чтобы разобраться в том, как вирусы пользуются этим генетическим материалом с целью завладеть клетками и заставить их производить новые вирусы.

И хотя Стэнли первым увидел вирусы, он наблюдал их только скопом. Каждый созданный им кристалл мог содержать миллионы вирусов табачной мозаики, плотно соединенных друг с другом

в решетке. Чтобы рассмотреть отдельные вирусы, ученым вначале понадобилось создать новое поколение микроскопов, в которых для изучения мельчайших объектов используется пучок электронов. В 1939 г. Густав Кауше, Эдгар Пфанкух и Гельмут Руска добавили кристаллы вируса табачной мозаики к каплям дистиллированной воды и поместили их под новый микроскоп. Они разглядели миниатюрные палочки, каждая длиной около 300 нанометров.

Никому еще не приходилось видеть столь мелких живых существ. Чтобы представить себе размеры вирусов, вытряхните на стол одну-единственную крупинку соли. Взгляните на этот крохотный кубик. Вдоль одной из его сторон можно расположить в ряд 10 клеток кожного эпидермиса. Или 100 бактерий. А вирусов табачной мозаики вдоль грани той же крупинки соли уместится 1000!

В последующие десятилетия вирусологи продолжали препарировать вирусы и выяснять их молекулярную географию. Хотя, подобно нашим клеткам, вирусы содержат белки и нуклеиновые кислоты, они используют эти молекулы совершенно иначе. Человеческая клетка набита миллионами различных молекул, которые пребывают в постоянном движении и вибрации, расщепляя друг друга или связываясь вместе — благодаря этому клетки воспринимают окружающую среду, передвигаются, поглощают пищу, растут и принимают решения, делиться им надвое либо кончать самоубийством ради блага клеток-собратьев.

Вирусологи обнаружили, что вирусы, как правило, устроены намного проще. Обычно они представляют собой всего лишь белковые оболочки, содержащие несколько генов. Вирусологи установили, что, несмотря на скудные генетические инструкции, вирусы умеют воспроизводиться, узурпируя другие формы жизни. Они забрасывают свои гены и белки в клетку хозяина, которую перепрограммируют под производство новых копий самих себя. В клетку попадает один вирус, а через сутки из нее могут выйти тысячи вирусов.

К 1950-м гг. вирусологам были уже известны эти основные факты. Но на этом развитие вирусологии не остановилось. Например, наука почти ничего не знала о разнообразии способов, которыми вирусы вызывают у нас заболевания. Неизвестно было, почему из-за папилломавирусов у кроликов вырастают рога и ежегодно возникают сотни тысяч случаев рака шейки матки. Неизвестно было, почему одни вирусы смертельны, а другие сравнительно безобидны. Предстояло еще выяснить, как вирусы обходят защиту хозяев и умудряются эволюционировать быстрее, чем все живое на планете. В 1950-е ученые не знали, что несколькими десятилетиями раньше один вирус от шимпанзе и других обезьян перешел к человеку, и этому вирусу, известному теперь как ВИЧ, суждено было стать одним из самых смертоносных в истории. Тем более, тогда они не могли предсказать, что в 2020 г. планету охватит эпидемия нового вируса, SARS-CoV-2, угрожая вызвать

величайший кризис мировой экономики со времен Великой депрессии.

Еще ученые 1950-х гг. не знали, какое значение имеют вирусы, помимо того, что они вызывают болезни. Им не приходило в голову, как много вирусов существует на Земле, не догадывались они и о том, что немалую долю генетического разнообразия жизни несут вирусы. Им было неизвестно, что вирусы помогают производить значительную часть кислорода, которым мы дышим, и участвуют в терморегуляции планеты. И безусловно, они не предполагали, что в геном человека входят тысячи участков вирусного происхождения, доставшихся нам от патогенов, которые поражали наших далеких предков, или что жизнь — такая, какой мы ее знаем, — могла начаться 4 млрд лет назад с вирусов. Теперь ученые это знают — или, точнее, что-то об этом знают. Теперь они понимают, что вся Земля, от Пещеры кристаллов до наших внутренних органов, — планета вирусов. Их знания пока еще приблизительны, но все же это начало.

Так давайте и мы начнем с начала.

ДАВНИЕ СОСЕДИ



(Не)обычная простуда

Как риновирусы играючи
завоевали мир

Примерно 3500 лет назад некий египетский врач сочинил древнейший из известных нам медицинских текстов. Среди описанных им болезней было нечто под названием *реш*. Хотя звучит оно и непривычно, симптомы — кашель и истечение слизи из носа — мы узнаём с первого взгляда. *Реш* — это обыкновенная простуда.

Некоторые из вирусов, одолевающих нас сегодня, новые для людей. Другие — малоизвестные и редкие. Но человеческие риновирусы — основные виновники простуды — наши давние соседи. Подсчитано, что каждый человек на Земле в течение жизни целый год проводит в постели с простудой. Иными словами, человеческий риновирус — один из самых успешных вирусов.

До открытия риновирусов медики никак не могли объяснить причину простуд. Древнегреческий врач Гиппократ видел источник в нарушении баланса телесных жидкостей. Через 2000 лет, в начале XX в., наши знания о простудах ушли не столь далеко. Физиолог Леонард Хилл объявил, что простуду вызывают утренние прогулки на свежем воздухе.

В 1914 г. немецкий микробиолог Вальтер Крузе получил первые достоверные данные о происхождении простуд, заставив своего шмыгающего носом ассистента высморкаться. Крузе развел сопли ассистента в солевом растворе, процедил его через фильтр, а затем закапал отфильтрованную жидкость в носы 12 коллегам. Четверо из них подцепили простуду. Позже Крузе проделал то же самое с 36 студентами, 15 из которых заболели. В ходе эксперимента Крузе также наблюдал за 35 участниками, которым ничего не закапывали. Лишь один из них подхватил простуду сам по себе. Опыты Крузе показали, что капли, полученные от простуженных людей, содержат микроскопический патоген, вызывающий заболевание.