

CARL ZIMMER

PLANÉTA VÍRUSOV

FAKTY A STRHUJÚCE SÚVISLOSTI
ZO SVETA VIROLÓGIE

PRÍRODA



CARL ZIMMER

PLANĚTA
VÍRUSŮV



Planéta **VÍRUSOV**

„Niekdedy zábavná, inokedy šokujúca a vždy prístupná.“

- Rebecca Sklootová, autorka diela

The Immortal Life of Henrietta Lacks

Carl Zimmer

A PLANET OF VIRUSES

CARL ZIMMER je fejtónista denníka *New York Times*, prispieva do mnohých časopisov vrátane časopisu *National Geographic* a je autorom trinástich kníh, okrem iných aj publikácií *Parasite Rex*, *Soul Made Flesh* a *Microcosm*. Prednáša na Yalovej univerzite, kde učí o vede a životnom prostredí.

Licensed by The University of Chicago Press, Chicago, Illinois, U.S.A.

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

Slovak edition published by arrangement with Agentia literara LIVIA STOIA.

Translation © 2020 by Martina Cabadová, Štefan Kočiš

Slovak edition © 2020 by IKAR, a.s.

Všetky práva sú vyhradené. Nijaká časť tejto knihy sa nesmie reprodukovat', ukladať do informačných systémov ani prenášať v akejkoľvek podobe či akýmkoľvek spôsobom - elektronicky, mechanicky, fotokopírovaním, nahrávaním alebo inak - bez predchádzajúceho písomného súhlasu vlastníka autorských práv.

ISBN 978-80-551-7479-2

Venované Grace, mojej najobľúbenejšej hostiteľke

Obsah

Predslov Judy Diamondovej a Charlesa Wooda 6

ÚVOD

„Nákazlivá živá voda“

Vírus tabakovej mozaiky a objavenie virosféry 11

STARÍ SPOLOČNÍCI

Nie také bežné prechladnutie

Ako rinovírusy pomaly dobyli svet 21

Pohľad z hviezd na Zem

Nekonečné nové vlny chrípky 29

Králiky s rohmi

Ľudský papilomavírus a infekčná rakovina 37

VŠADE A VO VŠETKOM

Nepriateľ nášho nepriateľa

Bakteriofágy ako antivirotiká 47

Infikovaný oceán

Ako morské fágy vládnu oceánom 57

Naše vnútorné parazity

Endogénne retrovírusy a naše genómy napadnuté vírusmi 65

VÍRUSY V BUDÚCNOSTI

Nová pliaga

Ľudský imunodeficientný vírus a zvierací pôvod chorôb 73

Vírus na ceste do Ameriky

Globalizácia západonílskeho vírusu 83

Predpovedanie ďalšej pliagy

Vírus eboly a veľa ďalších jemu podobných 91

Dlhé lúčenie

Rozlúčka s kiahňami sa odkladá 103

DOSLOV

Votrelec vo vodnom chladiči

Obrovské vírusy a definícia života 115

Podakovanie 122

Zdroje 124

Register 132

Predslov

Vírusy vyvolávajú medzi ľuďmi chaos a ovplyvnili životy takmer miliardy z nich. Zohrávali tiež dôležitú úlohu pri pozoruhodnom biologickom rozvoji v predchádzajúcom storočí. Najväčším zabijakom ľudstva bol vírus, ktorý spôsobuje kiahne. Tie patria medzi tých niekoľko ochorení, ktoré sme z našej planéty úplne odstránili. Novou hrozbou a problémom sú nové vírusy ako vírus HIV.

Vírusy sú neviditeľní, ale dynamickí aktéri ekológie Zeme. Presúvajú DNA medzi jednotlivými druhmi, poskytujú nový genetický materiál pre evolúciu a regulujú rozsiahle populácie organizmov. Každý druh – od nepatrných mikróbov po veľké cicavce – ovplyvňuje pôsobenie vírusov. Vplyv vírusov sa však neobmedzuje len na živočíšne či rastlinné druhy. Pôsobia aj na klímu, pôdu, oceány a sladkú vodu. Pri uvažovaní nad tým, ako sa jednotlivé živočíchy, rastliny a mikróby počas evolúcie formovali, musíme zohľadniť aj významnú úlohu, ktorú zohrali drobné a silné vírusy, s ktorými sa delíme o túto planétu.

Ani po prvom vydaní knihy *Planéta vírusov* v roku 2011 nás vírusy neprestali prekvapovať. Vírus eboly, kedysi obmedzený na malé

vzplanutia v odľahlých častiach Afriky, vyvolal rozsiahlu nákazu v mestách ako Freetown a Konakry a po prvýkrát sa rozšíril na ďalšie kontinenty. Zo živočíchov však preskočili na človeka nové vírusy ako MERS. Vedci objavili nové spôsoby, ako túto pozoruhodnú rôznorodosť vírusov dostať pod kontrolu a využiť ju v náš prospech. Carl Zimmer na celý tento vývoj nadviazal a pripravil druhé vydanie diela *Planéta vírusov*.

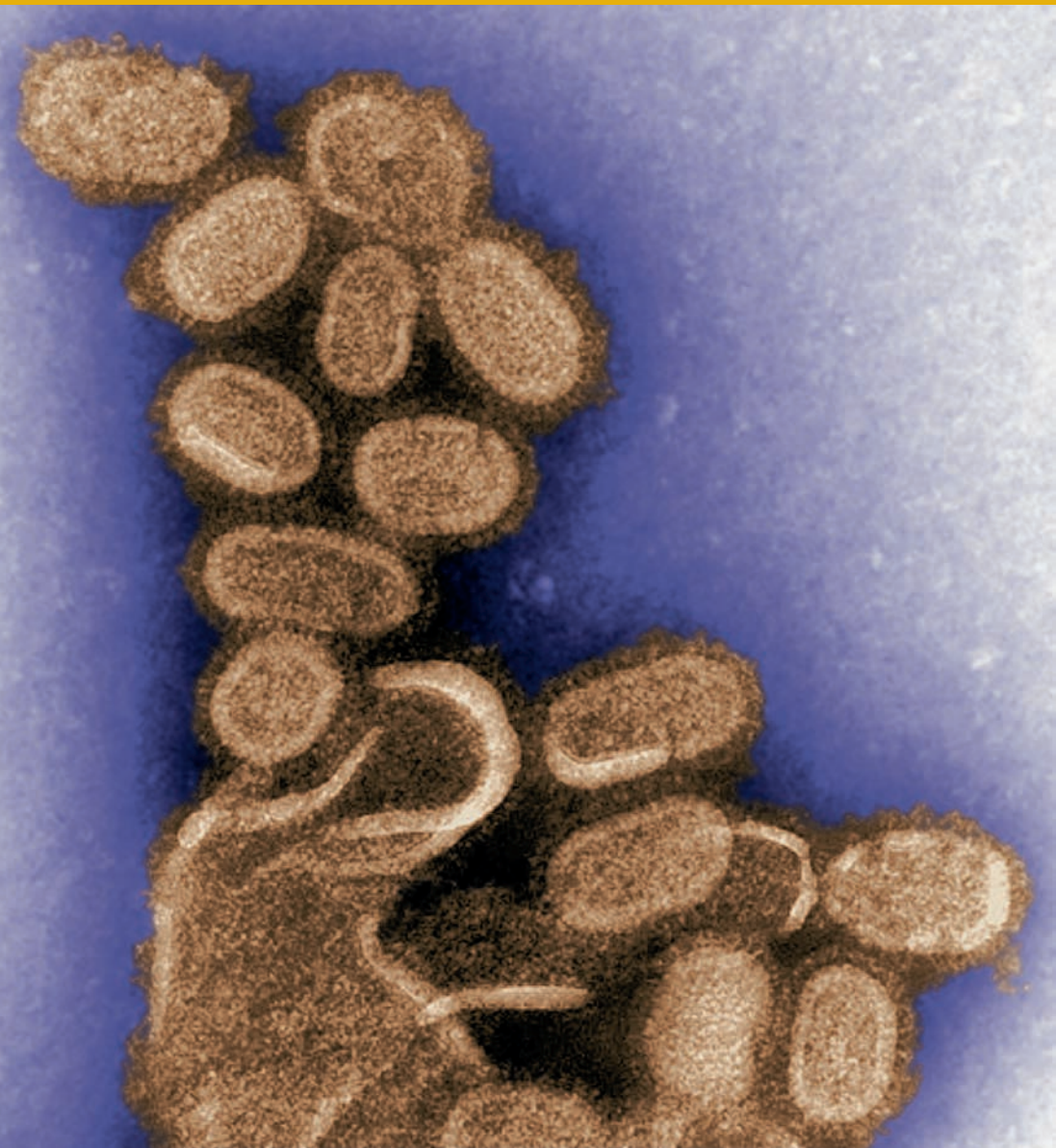
Zimmer tieto eseje pôvodne napísal pre projekt *Svet vírusov* v rámci programu *Science Education Partnership Award* (SEPA) Národného centra pre výskumné zdroje (NCRR) v národných inštitútoch zdravia (NIH). *Svet vírusov* vznikol preto, aby sa ľudia prostredníctvom rozhlasových dokumentov, grafických príbehov, profesionálneho vzdelávania učiteľov, mobilných a ďalších aplikácií, ako aj materiálov dozvedeli viac o vírusoch a virologickom výskume. Viac informácií o *Svete vírusov* nájdete na stránke <http://worldofviruses.unl.edu>.

JUDY DIAMONDOVÁ, PhD.

profesorka a kurátorka, Štátne múzeum Nebraskej univerzity
riaditeľka projektu *Svet vírusov*

CHARLES WOOD, PhD.

profesor biologických vied a biochémie na Univerzite Lewisa L. Lehra
riaditeľ Nebraského virologického centra



Vírusy tabakovej mozaiky spôsobujú na celom svete ochorenia rastlín.

„Nákazlivá živá voda“

Vírus tabakovej mozaiky a objavenie virosféry

Päťdesiat míľ juhovýchodne od mexického mesta Chihuahua leží suché, nezalesnené pohorie Sierra de Naica. V roku 2000 sa baníci dostali do siete jaskýň pod pohorím. Keď boli v hĺbke približne 300 metrov, ocitli sa na mieste, ktoré bolo akoby z iného sveta. Stáli v priestore, ktorý bol deväť metrov široký a dvadsaťsedem metrov dlhý. Strop, steny a podlaha boli pokryté hladkými, priesvitnými kryštálmi sadrovca. Kryštály sa nachádzajú v mnohých jaskyniach, no ani v jednej nenájdete také ako v Sierra de Naica. Jeden kus bol dlhý až jedenásť metrov a vážil až päťdesiatpäť ton. Neboli to kryštály z náhrdelníka, ale kryštály, na ktoré bolo možné vyliezť ako na kopec.

Od ich objavenia dostalo len niekoľko vedcov povolenie navštíviť tento zvláštny priestor známy pod názvom Cueva de los Cristales čiže Kryštálová jaskyňa. Jedným z nich bol Juan Manuel García-Ruiz, geológ z Granadskej univerzity. Pomocou svojho výskumu dokázal určiť vek kryštálov. Začali vznikať pred 26 miliónmi rokov, keď sopky začali vytvárať pohoria. Vnútri pohorí sa vyformovali priestory, ktoré sa zaplnili horúcou minerálnou vodou. Vďaka teplu sopečnej magmy bola voda neustále zahriata na úctyhodných 57 stupňov Celzia, čo je ideálna teplota na to, aby sa minerály z vody vyplavili a vytvárali kryštály. Voda si nejakým spôsobom zachovala túto ideálnu teplotu státisíce rokov, vďaka čomu dosiahli kryštály neuveriteľné rozmery.

V roku 2009 navštívili Kryštálovú jaskyňu ďalší vedci. Curtis Suttle spolu s kolegami nabrali vodu z jej mlák a zobrali ju na analýzu do svojho laboratória na Univerzite v Britskej Kolumbii. Vzhľadom na to, čomu sa C. Suttle venuje, vám táto jeho cesta môže pripadať ako prvoaprílový žart. Z profesionálneho hľadiska ho vôbec nezaujímajú kryštály, minerály ani žiadne skaly. Skúma vírusy.

V Kryštálovej jaskyni nie sú žiadni ľudia, ktorých by vírusy mohli infikovať. Nie sú tam dokonca ani žiadne ryby. Jaskyňa bola odrezaná od biológie vonkajšieho sveta celé milióny rokov. Suttleova cesta však za to napriek tomu stála. Keď si pripravil vzorky vody z kryštálov, začal ich skúmať pod mikroskopom. A zbadal vírusy – celé kolónie vírusov. V každej kvapke vody z Kryštálovej jaskyne je až 200 miliónov vírusov.

V tom istom roku viedla vedkyňa Dana Willnerová svoju vlastnú *expedíciu*, ktorá mala pátrať po vírusoch. Namiesto jaskyne sa však zamerala na ľudské telo. Požiadala ľudí, aby do pohára vykašľali hlien, z ktorých spolu so svojimi kolegami izolovala fragmenty DNA. Tieto fragmenty DNA porovnali s miliónmi sekvencií uložených v online databázach. Väčšina DNA mala ľudský pôvod, no mnohé fragmenty pochádzali z vírusov. Vedci pred zistením Willnerovej predpokladali,

že pľúca zdravých ľudí sú sterilné. Willnerová však objavila, že ľudia majú v pľúcach v priemere 174 druhov vírusov. Len 10 percent z druhov, ktoré našla, malo blízky vzťah k vírusom, ktoré vedci už poznali. Zvyšných 90 percent bolo rovnakou neznámou ako všetko, čo na vedcov počkalo v Kryštálovej jaskyni.

Vedci na všetkých miestach, ktoré skúmajú – či už je to pôda, zrnká piesku zo Sahary alebo jazero nachádzajúce sa pod ľadom Antarktídy –, nachádzajú vírusy rýchlejšie, než im dokážu porozumieť. A virológia je ešte mladučká veda. Tisíce rokov sme vírusy poznali len ako čosi, čo vyvoláva choroby a spôsobuje smrť. Ešte donedávna sme nevedeli, ako tieto ich účinky spojiť s ich príčinou.

Už len samotné slovo *vírus* má rozporuplný pôvod. Zdedili sme ho z Rímskej ríše, kde označovalo hadí jed aj mužské spermie. Vznik a deštrukcia v jednom slove.

V priebehu stáročí dostalo slovo *vírus* ešte jeden význam – označovala sa ním každá nákazlivá látka schopná rozširovať chorobu. Mohla to byť tekutina, napríklad výtok z rany. Mohla to byť aj látka, ktorá sa záhadne šírila vzduchom a mohla dokonca preniknúť do papiera a šíriť chorobu dotykom prsta. Slovo *vírus* začalo nadobúdať svoj súčasný význam až koncom 19. storočia, a to vďaka poľnohospodárskej katastrofe. V Holandsku ničila tabakové plantáže choroba, ktorá spôsobovala zakrpatenosť rastlín, listy ktorých boli mozaikou mŕtvych a živých kusov tkaniva. Ľudia museli opustiť celé farmy.

V roku 1879 sa holandskí farmári obrátili so žiadosťou o pomoc na mladého poľnohospodárskeho chemika Adolfa Mayera. Mayer túto pliahu pozorne preskúmal a pomenoval ju tabaková mozaiková choroba. Skúmal aj prostredie, v ktorom rastliny rástli – pôdu, teplotu, slnečné žiarenie. Nenašiel nič, čím by sa zdravé rastliny líšili od chorých. Domnieval sa, že rastliny možno trpia neviditeľnou infekciou. Vedci skúmajúci rastliny už predtým preukázali, že huby majú schopnosť infikovať zemiaky a ďalšie rastliny, a preto na tabaku hľadal prá-

ve huby. Žiadne však nenašiel. Hľadal parazitické červy, ktoré mohli zamoriť listy. Nič.

Nakoniec z chorých rastlín odobral šťavu a jej kvapky vstrekol do zdravého tabaku. Zdravé rastliny ochoreli. Mayer si uvedomil, že v rastlinách sa musí rozmnožovať nejaký mikroskopický patogén. Z chorých rastlín odobral šťavu a inkuboval ju vo svojom laboratóriu. Začali z nej vyrastať kolónie baktérií. Boli dostatočne veľké, aby ich Mayer mohol vidieť voľným okom. Tieto baktérie naniesol na zdravé rastliny, keďže chcel zistiť, či vyvolajú tabakovú mozaikovú chorobu. Nič také nespôsobili. Mayerov výskum sa po tomto neúspechu skončil. Svet vírusov zostal neodhalený.

Ďalší holandský vedec Martinus Beijerinck začal o niekoľko rokov tam, kde Mayer skončil. Zaujímalo ho, či tabakovú mozaikovú chorobu spôsobilo niečo iné ako baktérie – niečo oveľa menšie. Choré rastliny rozomlel a tekutinu prefiltraval cez jemný filter, na ktorom sa zachytili rastlinné bunky aj baktérie. Keď číru tekutinu vstrekol do zdravých rastlín, ochoreli.

Beijerinck prefiltraval šťavu z novoinfikovaných rastlín a zistil, že tak môže infikovať ďalší tabak. Niečo v miazge infikovaných rastlín – niečo oveľa menšie ako baktérie – sa dokázalo rozmnožovať a rozširovať chorobu. V roku 1898 to Beijerinck nazval „nákazlivá živá voda“.

Nech už bolo v tejto nákazlivej živej vode čokoľvek, líšilo sa to od všetkých foriem života, ktoré biológovia v tom čase poznali. Nebolo to len neuveriteľne malé, ale aj mimoriadne silné. Prefiltrovaná tekutina zostala infekčná, aj keď do nej Beijerinck pridal alkohol. Neuškodilo jej ani zahriatie takmer až na bod varu. Beijerinck ponoril do infekčnej miazgy filtračný papier a nech ho vyschnúť. O tri mesiace ho mohol ponoriť do vody a roztok použiť na nakazenie ďalších rastlín.

Túto záhadnú látku vo svojej nákazlivej živej vode pomenoval slovom *vírus*. Bolo to vôbec po prvýkrát, čo niekto použil slovo spôsobom, akým ho používame dnes. No Beijerinck ho v istom slova zmysle

použil jednoducho na to, aby vírusy opísal na základe toho, čím *neboli*. Neboli to živočích, rastliny, huby ani baktérie. No čím presne boli, to povedať nevedel.

Čoskoro vyšlo najavo, že Beijerinck objavil len jeden z mnohých druhov vírusov. Začiatkom 20. storočia použili ďalší vedci rovnakú metódu filtrov a infekcií, aby odhalili ďalšie vírusy spôsobujúce iné choroby. Postupne zistili, ako možno niektoré vírusy kultivovať mimo živých živočíchov a rastlín len za pomoci kolónií buniek rastúcich v miskách či bankách.

Vedci sa však *stále* nevedeli zhodnúť na tom, čím vírusy vlastne sú. Niektorí tvrdili, že sú to jednoduché chemické látky. Iní sa domnievali, že ide o parazity rastúce vnútri buniek. Okolo vírusov panoval taký zmätok, že vedci sa nedokázali dohodnúť ani na tom, či sú živé alebo neživé. Britský virológ Frederick Twort v roku 1923 povedal, že „ich povahu nie je možné určiť“.

Poriadok do tohto zmätku začal svojou prácou vnášať chemik Wendell Stanley. Ako študent chémie v 20. rokoch 20. storočia zistil, ako spájať molekuly do opakujúcich sa štruktúr, ktoré vytvárali kryštály. A kryštály mohli o látkach prezradiť veci, ktoré by inak ostali utajené. Vedci na ne napríklad mohli zacieliť röntgenové lúče a pozorovať, akými smermi sa budú odrážať. Vzorce, ktoré tieto lúče vytvárali, odhaľovali nové poznatky o molekulách v kryštáloch.

Začiatkom 20. storočia pomohli kryštály vyriešiť jednu z najväčších záhad biológie – otázku, z čoho sa skladajú enzýmy. Vedci už dlho vedeli, že enzýmy vytvárajú živočích a iné živé bytosti a že majú rôzne úlohy, napríklad rozkladať potravu. Vytváraním enzýmových kryštálov zistili, že sú zložené z bielkovín. Stanleyho zaujímalo, či sú aj vírusy bielkoviny.

Aby to zistil, pokúsil sa z vírusov vytvoriť kryštály. Na svoj pokus si vybral známy druh – vírus tabakovej mozaiky. Z infikovaného tabaku odobral šťavu, ktorú potom prefiltraval cez jemné filtre, ako

to štyri desaťročia pred ním urobil Beijerinck. Aby sa vírusy mohli vykryštalizovať v čistej forme, pokúsil sa z tej nákazlivej živej vody odstrániť každú zlúčeninu okrem bielkovín.

Keď mal zmes hotovú, sledoval, ako sa v nej vytvárajú tenké útvary pripomínajúce ihly. Postupne sa z nich stávali opalizujúce pláty. Bolo to prvýkrát v histórii ľudstva, čo niekto videl vírusy voľným okom.

Tieto vírusové kryštály boli drsné ako minerály a zároveň živé ako mikróby. Stanley ich mohol uchovávať niekoľko mesiacov ako kuchynskú soľ v komore. A keď potom tieto kryštály vložil do vody, opäť sa zmenili na neviditeľné vírusy, ktoré infikovali tabak s rovnakou ničivou silou ako predtým.

Jeho pokus, o ktorom napísal v roku 1935, zaujal celý svet. Noviny *New York Times* zverejnili: „Staré rozdelenie medzi životom a smrťou už celkom neplatí.“

Stanley však spravil aj jednu malú, ale vážnu chybu. Britskí vedci Norman Pirie a Fred Bawden v roku 1936 zistili, že vírusy nie sú čisté bielkoviny – obsahujú len 95 percent bielkovín. Zvyšných 5 percent tvorí iná molekula, záhadná látka v tvare vlákna, ktorú nazvali kyselina nukleová. Vedci neskôr objavili, že kyseliny nukleové sú nositeľmi génov, príkazov na vytváranie bielkovín a ďalších molekúl. Naše bunky ukladajú svoje gény v dvojitých vláknach tvoriacich kyselinu nukleovú, ktorú poznáme ako kyselinu deoxyribonukleovú či skrátene DNA. Aj mnohé vírusy majú gény založené na DNA. Niektoré vírusy, napríklad vírus tabakovej mozaiky, majú kyselinu nukleovú pozostávajúcu z jedného vlákna. Nazývame ju kyselina ribonukleová alebo RNA.

Štyri roky po tom, ako sa Stanley mu podarilo vykryštalizovať vírusy tabakovej mozaiky, mohol tím nemeckých vedcov konečne jednotlivé vírusy pozorovať. V 30. rokoch 20. storočia vynašli inžinieri novú generáciu mikroskopov (optické mikroskopy s nedostatočnou rozlišovacou schopnosťou nahradili elektrónové mikroskopy), ktorý-

mi bolo možné pozorovať oveľa menšie objekty, než s akými sa ľudia dovtedy stretli. Gustav Kausche, Edgar Pfannkuch a Helmut Ruska vmiešali kryštály vírusov tabakovej mozaiky do kvapiek čistej vody a zmes vložili pod jeden z nových mikroskopov. V roku 1939 oznámili, že identifikovali miniatúrne tyčinky, ktoré boli dlhé asi 300 nanometrov. Taký malý objekt dovtedy nikto nevidel. Aby ste mali predstavu o veľkosti vírusov, položte si na stôl jedno zrnko soli. Pozrite sa na tú malú kocku. Pozdĺž jednej strany by ste mohli položiť približne desať buniek kože. Alebo asi sto baktérií. A pozdĺž toho istého zrnka soli by ste mohli zoradiť tisíc vírusov tabakovej mozaiky.

V nasledujúcich desaťročiach začali virológovia vírusy analyzovať, aby zistili, z akých molekúl sa skladajú. A hoci rovnako ako naše bunky obsahujú kyseliny nukleové a bielkoviny, vedci zistili, že v štruktúre vírusov a buniek je veľa rozdielov. Ľudská bunka obsahuje milióny rôznych molekúl, ktoré používa na vnímanie svojho okolia, pohyb, príjem potravy, rast a na to, aby sa rozhodla, či sa rozdelí na dve alebo sa pre dobro ostatných buniek obetuje. Virológovia zistili, že vírusy sú spravidla oveľa jednoduchšie. Zvyčajne sú len bielkovinovými schránkami, v ktorých sa nachádza niekoľko génov.

Virológovia objavili, že vírusy sa napriek slabým genetickým pokynom dokážu rozmnožovať napádaním iných foriem života. Svoje gény a bielkoviny vložia do hostiteľskej bunky, ktorú potom zmanipulujú na to, aby vytvárala ich ďalšie kópie. Do bunky sa dostane jeden vírus a už o deň ich z nej môže vyjsť tisíc.

Na začiatku 50. rokov 20. storočia už vedci tieto základné fakty poznali. Virológia sa však nezastavila. Virológovia totiž mali len veľmi málo poznatkov o mnohých spôsoboch, prostredníctvom ktorých vírusy vyvolávajú u ľudí choroby. Nevedeli, prečo papilomavírusy môžu králikom spôsobiť rast rohov a ročne majú na svedomí státisíce prípadov karcinómu krčka maternice. Nevedeli, prečo sú niektoré vírusy smrteľné a iné relatívne neškodné. Ešte museli zistiť, ako vírusy

obchádzajú obranné systémy svojich hostiteľov a prečo sa vyvíjajú rýchlejšie než čokoľvek iné na našej planéte. V 50. rokoch 20. storočia nevedeli, že vírus, ktorý dostal meno HIV, sa už zo šimpanzov a goríl rozšíril medzi ľudí a že o tridsať rokov bude jedným z najväčších zabijakov histórie. Ani sa im nesnívalo o obrovskom počte vírusov na Zemi a nevedeli si predstaviť, koľko je v nich genetickej rôznorodosti života. Nevedeli, že vírusy pomáhajú vytvárať kyslík, ktorý dýchame, a regulovať termostat našej planéty. A určite by si nevedeli predstaviť, že časť ľudského genómu tvoria tisíce vírusov, ktoré infikovali našich dávnych predkov, alebo že život, ako ho poznáme, sa možno vytvoril pred štyrmi miliardami rokov z vírusov.

V súčasnosti vedci tieto veci poznajú – alebo aby sme boli presnejší – vedia o nich. Uvedomujú si, že Zem je planéta vírusov, a to od Kryštálovej jaskyne až po vnútorný svet ľudského tela. Ich poznatky sú ešte vždy nekompletné, no už sú aspoň na začiatku. Začnime teda aj my.