



Amy  
Webb  
Andrew  
Hessel

PROJEKT  
**GENESIS**

CZY BIOLOGIA  
SYNTECYCZNA  
NAS WYLECZY?

*Prześwity*

Amy  
Webb  
Andrew  
Hessel

PROJEKT  
**GENESIS**

CZY BIOLOGIA  
SYNTETYCZNA  
NAS WYLECZY?

Przekład  
Aleksandra Samson-Banasik

**Prześwity**

# Spis treści

Wstęp | 11

Wprowadzenie. Czy życie powinno być dziełem przypadku? | 17

## Część I POCZĄTEK

Rozdział 1. Złym genom mówimy nie | 33

Rozdział 2. Wyścig do linii startu | 55

Rozdział 3. Cegietki życia | 79

Rozdział 4. Bóg, George Church i (prawie) mamut włochaty | 105

## Część II TERAŻNIEJSZOŚĆ

Rozdział 5. Biogospodarka | 133

Rozdział 6. Era biologiczna | 159

Rozdział 7. Dziewięć zagrożeń | 197

Rozdział 8. Historia złotego ryżu | 245

### Część III

## SCENARIUSZE PRZYSZŁOŚCI

- Rozdział 9. Odkrywanie nowych możliwości | 271
- Rozdział 10. Scenariusz 1. Tworzenie nowego życia z Wellspring | 279
- Rozdział 11. Scenariusz 2. Co się stało, kiedy zlikwidowaliśmy starość | 287
- Rozdział 12. Scenariusz 3. „Gdzie dobrze zjeść w 2037 roku” według Akiry Golda | 299
- Rozdział 13. Scenariusz 4. Podziemia | 309
- Rozdział 14. Scenariusz 5. Notatka służbowa | 325

### Część IV

## DROGA DO PRZYSZŁOŚCI

Rozdział 15. Nowy początek | 337

Epilog | 377

*Podziękowania* | 379

*Przypisy* | 385

*Bibliografia* | 427

*O autorach* | 445

## Wprowadzenie

# Czy życie powinno być dziełem przypadku?

**A**MY – Po raz pierwszy poczułam to ostre ukłucie w podbrzuszu podczas ważnego spotkania z klientem. Wokół stołu zasiadali menedżerowie wyższego szczebla międzynarodowej firmy informatycznej. Kiedy ból pojawił się ponownie, pracowaliśmy akurat nad długoterminową strategią firmy, dlatego szybko przekazałam pałeczkę jednemu z moich współpracowników i wybiegłam do łazienki. Lepka warstwa ciemnoczerwonej krwi zdążyła przesiąknąć przez czarne rajstopy i przywarła do wewnętrznej strony moich ud. Nie mogłam oddychać. Nie mogłam fizycznie nabrać powietrza. Osunęłam się na toaletę i zaczęłam cichutko szlochać, tak aby nikt nie słyszał.

Byłam wtedy w ósmym tygodniu ciąży i za kilka dni miałam mieć wykonane wczesne USG. Zaczęłam już nawet myśleć o imionach: Zev dla chłopca, a Sacha dla dziewczynki. Zmywając krew z nóg i podłogi, usilnie szukałam wytłumaczenia, ale wciąż docierałam do tego samego punktu: gniewu i samoobwiniania się. To moja wina. Na pewno popełniłam jakiś błąd.

Kiedy po raz trzeci poczułam znajome ukłucie, wiedziałam już, czego się spodziewać: utraty krwi i upokarzającej wyprawy do

drogerii po gigantyczne podpaski, a następnie głębokiej depresji, bezsenności i niekończącego się strumienia pytań bez odpowiedzi. Mój mąż i ja konsultowaliśmy się z najlepszymi specjalistami w zakresie płodności na Manhattanie i w Baltimore, poddając się wszelkim oferowanym testom: badaniom poziomu hormonów, ocenie rezerwy jajnikowej i diagnostyce mającej na celu wykluczenie obecności łagodnych zmian nowotworowych lub torbieli, które mogłyby stanowić źródło problemu. Nie były to jednak definitywne odpowiedzi, ale raczej zaawansowane technicznie domysły i prognozy.

Nie ustawaliśmy w wysiłkach i kolejny raz zaszłam w ciążę. Tym razem osiągnęliśmy ważny kamień milowy – dotrwaliśmy do drugiego trymestru – i wreszcie mogliśmy pozwolić sobie na ekscytację. Udaliśmy się wtedy na rutynową kontrolę. Byłam w osiemnastym tygodniu i mój ciążowy brzuszek stawał się coraz bardziej widoczny. W gabinecie położyłam się na łóżku, a kobieta wykonująca badanie wycisnęła mi na brzuch zimny galaretowaty żel i rozsmarowała go głowicą ultrasonografu. Wcisnęła kilka klawiszy na klawiaturze, wpatrując się w ziarnisty, niemal całkowicie czarny obraz na monitorze. Przeprosiła nas, wymamrotała coś o starym sprzęcie i opuściła gabinet. Po chwili wróciła z innym aparatem i z moim lekarzem. Ponownie wycisnęła mi na brzuch lodowatą galaretkę, ponownie ją rozsmarowała i ponownie powiększyła obraz na monitorze, spoglądając na mojego ginekologa, a potem, niechętnie, z powrotem na mnie.

Nie pamiętam dokładnie, co powiedzieli, ale pamiętam, że mój lekarz wziął mnie za rękę, a mąż płakał. Zostałam przyjęta na oddział w celu operacyjnego usunięcia tkanki płodowej. Powiedziano mi, że z medycznego punktu widzenia żadnemu z nas, ani mnie, ani mojemu mężowi, nic nie dolegało. Byliśmy po trzydziestce. Byliśmy zdrowi. Zachodziłam w ciążę, ale z jakiegoś powodu nie byłam w stanie jej utrzymać.

Statystycznie jedna na sześć kobiet poroni ciążę, a powodów może być wiele. Najczęściej przyczyną jest aberracja chromoso-

mowa – coś wariuje, gdy embrion zaczyna się dzielić – i nie ma to nic wspólnego ze stanem zdrowia ani wiekiem rodziców. Powiedziano mi, że to nie moja wina. Moje ciało po prostu nie współpracowało<sup>1</sup>.

**ANDREW** – OD KIEDY SKOŃCZYŁEM DZIESIĘĆ LAT, byłem pewien, że nie chcę mieć dzieci. Mieszkaliśmy w wiejskiej posiadłości na obrzeżach Montrealu. Moi rodzice męczyci się ze sobą, a co za tym idzie, ze mną i dwójką mojego rodzeństwa. Nasza trójka urodziła się w krótkich odstępach czasu: brat był ode mnie o rok młodszy, a siostra o rok starsza. Kiedy rodzice oznajmili nam, że się rozstają, nie byłem zasmucony. Pomyślałem nawet, że moja mama byłaby szczęśliwsza jako zakonnica. Została jednak samotną matką i pielęgniarką na nocnej zmianie.

Spała w ciągu dnia, kiedy byliśmy w szkole. Na szczęście wszyscy byliśmy samodzielnymi, zdolnymi dzieciakami. Często uciekałem do biblioteki – mojego drugiego domu – gdzie prowadziłem bujne życie między regałami. Przynosiłem do domu naręczka książek, odprowadzałem mamę do pracy na godzinę 22.00, a potem czuwałem nad bratem i siostrą, często czytając im do świtu, póki mama nie wróciła do domu. Opowieści o tradycyjnych rodzinach nuklearnych wydawały mi się obce. Nie miałem żadnego punktu odniesienia. Sens miały dla mnie za to cuda biologii, niezawodna logika inżynierii i wizje science fiction. Czasami, kiedy moje rodzeństwo zasypiało, ja rezygnowałem ze snu, czytając i myśląc o życiu: skąd się wzięły wszystkie stworzenia, zarówno te olbrzymie, jak i te mikroskopijnych rozmiarów, jak ewoluowały i czym mogą się stać w przyszłości.

W wieku osiemnastu lat wiedziałem, że chcę zgłębić fundamentalne aspekty życia – genetykę, biologię komórki, mikrobiologię – ale nie miałem zamiaru sprowadzać na świat własnych dzieci. Pisałem wtedy oprogramowanie i tworzyłem bazy danych, rozmyślając jednocześnie o kodzie genetycznym i komputerowym,

a przed sobą miałem wiele lat fascynujących badań. Seks był atrakcyjny, dzieci nie. Jedyne formy męskiej antykoncepcji były mechaniczne, a nie medyczne, i nie dawały stuprocentowej gwarancji. Jedyнным niezawodnym rozwiązaniem była wazektomia, więc zwróciłem się do lekarza z prośbą o wykonanie takiego zabiegu. Na początku zaprotestował – dopiero co przekroczyłem próg dorosłości i z całą pewnością nie miałem podstaw do podjęcia tak drastycznej decyzji. Argumentowałem, że wazektomie są odwracalne. Poza tym mogłem zdeponować nasienie w banku spermy, gdybym miał jakiegokolwiek wątpliwości, ale nie miałem żadnych. Moja stanowczość przekonała lekarza, więc w końcu wypisał mi skierowania do urologów, ale „zakręcenie kurków” zajęło mi ostatecznie sześć lat. Większość specjalistów uważała, że moja decyzja była pochopna i niedojrzała. Ja z kolei twierdziłem, że po prostu staram się być odpowiedzialny. Fakty były jednak niezaprzeczalne: gdybym w przyszłości zmienił zdanie, nie było żadnej gwarancji, że będę mógł mieć dzieci.

Trzydzieści lat później spotkałem na konferencji piękną kobietę. Promieniała, gdy mówiłem o komórkach, i pobłażała moim rozwlekłym diatrybom na temat podobieństw DNA do oprogramowania komputerowego. Pewnego ranka, kiedy leżałem obok niej w jej mieszkaniu na Manhattanie, ogarnęło mnie przerażające uczucie: zapragnąłem mieć z nią dzieci. Chciałem założyć z nią rodzinę. Ale dobiegałem pięćdziesiątki i wiedziałem dokładnie, czego się spodziewać z medycznego i biologicznego punktu widzenia.

Kiedy zdecydowaliśmy się na dziecko, oboje byliśmy pełni nadziei, ale też realistycznie patrzyliśmy na nasze szanse. W dniu mojej rewazektomii, gdy pielęgniarki wiozły mnie na salę operacyjną, utkwiałem wzrok w suficie. Światło migało rytmicznie nad moją głową, a z każdym jego rozbłyskiem wracało do mnie ostrzeżenie lekarza sprzed wielu lat i skłaniało mnie do refleksji nad zmiennością ludzkiego życia. Rurki łączące moje jądra z cewką moczową i umożliwiające plemnikom opuszczenie mojego ciała,



nie zostały zaciśnięte klipsem ani podwiązane – to zdecydowanie ułatwiłoby przywrócenie drożności światła nasieniowodów. Zamiast tego chirurg całkowicie je przeciął i kauteryzował, aby upewnić się, że nie dojdzie do wycieku. Ich ponowne połączenie wymagało precyzyjnego zabiegu mikrochirurgicznego i znieczulenia ogólnego.

Przez osiemnaście miesięcy bez skutku próbowaliśmy zająć w ciąży. Wiedziałem, co jest nie tak – i jak niewiele mogę z tym zrobić. Operacja się powiodła, ale funkcje mojego ciała były wyłączone zbyt długo. Z mechanicznego punktu widzenia nic mi nie dolegało. Moje ciało po prostu nie chciało współpracować.

DZIŚ NAUKOWCY OD NOWA TWORZĄ ZASADY obowiązujące w naszej rzeczywistości. Udręka, której doświadczyliśmy, walcząc o zostanie rodzicami, w nadchodzących dziesięcioleciach może być jedynie nieznaczną anomalią. Niezwykłe obiecująca dziedzina nauki z dużym prawdopodobieństwem pozwoli nam zrozumieć, w jaki sposób tworzy się życie i jak można je odtworzyć, między innymi po to, abyśmy mogli leczyć rozmaite schorzenia bez farmakoterapii, pozyskiwać mięso bez hodowli zwierząt i tworzyć rodziny, gdy natura okaże się zawodna. Ta dziedzina, zwana biologią syntetyczną, ma jeden cel: uzyskać dostęp do komórek w celu napisania nowej – być może lepszej – wersji życia.

W XX wieku biolodzy skupili się na rozbieraniu tkanek, komórek i białek na czynniki pierwsze, aby poznać zasady ich funkcjonowania. W obecnym stuleciu nowe pokolenie naukowców próbuje skonstruować z tych elementów zupełnie nowe materiały, a wiele osób już osiąga sukcesy w dynamicznie rozwijającej się dziedzinie biologii syntetycznej. Inżynierowie projektują nowe systemy komputerowe na potrzeby biologii, a startupy sprzedają drukarki, które przekształcają kod komputerowy w żywe organizmy. Architekci sieci używają DNA jako twardych dysków. Naukowcy opracowują systemy typu *body-on-a-chip* (wyobraź

sobie półprzezroczystą kostkę domina z ludzkimi narządami w skali nano, które żyją i rosną poza ludzkim ciałem). Biolodzy, inżynierowie, informatycy i inni specjaliści wspólnymi siłami stworzyli projekt genesis: wszechstronny system złożony z ludzi, laboratoriów badawczych, systemów komputerowych, agencji rządowych i firm, które tworzą odmienne interpretacje życia, ale też zupełnie nowe jego formy.

Projekt genesis umożliwi wielką transformację ludzkości – transformację, która już się rozpoczęła. Wkrótce życie nie będzie już dziełem przypadku, lecz wynikiem projektowania, selekcji i wyboru. Projekt genesis zdecyduje o tym, w jaki sposób będziemy poczynać dzieci, definiować rodzinę, diagnozować choroby, przeciwdziałać starzeniu się organizmu, budować domy i odżywiać nasze ciała. Odegra fundamentalną rolę w walce z kryzysem klimatycznym i ostatecznie w naszym przetrwaniu jako gatunku.

PROJEKT GENESIS OBEJMUJE WIELE BIOTECHNOLOGII, stworzonych z myślą o modyfikacji i projektowaniu życia. Liczne nowe technologie i techniki biologiczne, które wchodzą w szeroki zakres biologii syntetycznej, pozwolą nam nie tylko odczytywać i edytować sekwencje DNA, ale też tworzyć je od podstaw. Oznacza to, że wkrótce będziemy programować żywe, biologiczne struktury, tak jakby były mikroskopijnymi komputerami.

Edycja DNA stała się możliwa na początku drugiej dekady XXI wieku właśnie dzięki jednej z tych technologii: CRISPR-Cas<sup>9</sup>. Ponieważ metoda ta wykorzystuje procesy biologiczne do wycinania i wklejania informacji genetycznej, naukowcy potocznie określają ją mianem „molekularnych nożyczek”. Media regularnie donoszą o przełomowych interwencjach medycznych z wykorzystaniem CRISPR, w tym o udanych próbach przywrócenia wzroku osobom niewidomym. Naukowcy wykorzystują nożyce molekularne do wycinania pewnych fragmentów sekwencji ge-

netycznej, po czym ponownie składają cząsteczkę DNA w całość, tworząc swoisty biologiczny kolaż z poprzesztawianymi literami. Problem polega na tym, że nie są w stanie bezpośrednio obserwować zmian dokonywanych w cząsteczce. Każda manipulacja laboratoryjna musi zostać poddana weryfikacji i walidacji eksperymentalnej, co czyni cały proces długotrwałym i niezwykle pracochłonnym.

Biologia syntetyczna digitalizuje ten proces. Sekwencje DNA są ładowane do oprogramowania – wyobraź sobie edytor tekstowy obsługujący kod DNA – dzięki czemu edycja staje się tak prosta, jak użycie procesora tekstu. Po napisaniu lub zadowolającej edycji sekwencji DNA nowa cząsteczka DNA jest syntetyzowana od podstaw za pomocą sprzętu przypominającego drukarkę 3D. Technologia syntezy DNA (przekształcanie cyfrowej informacji genetycznej w molekularne DNA) rozwija się wykładniczo. Obecnie dzięki dostępnym metodom rutynowo syntetyzuje się łańcuchy DNA o długości kilku tysięcy par zasad, które można złożyć w nowe szlaki metaboliczne, a nawet kompletny genom komórki. Możemy dziś programować układy biologiczne tak samo, jak programujemy komputery.

Te naukowe innowacje podsycają trwający od stosunkowo niedawna, ale dynamiczny rozwój branży biosyntetycznej, której nadrzędnym celem jest opracowanie cennych rozwiązań, obejmujących biomateriały, paliwa i chemię przemysłową, leki, szczepionki, a nawet zmodyfikowane komórki, działające jak mikroskopijne roboty. Postęp w zakresie sztucznej inteligencji znacząco pobudził rozwój tej dziedziny, ponieważ im bardziej zaawansowane stają się systemy sztucznej inteligencji, tym więcej zastosowań biologicznych można przetestować i zrealizować. W miarę udoskonalania narzędzi programistycznych oraz rozwoju technologii syntetyzowania i składania DNA programiści będą mogli pracować nad coraz bardziej złożonymi projektami biologicznymi. Dla przykładu: wkrótce będziemy w stanie stworzyć dowolny genom wirusa od podstaw. Może się to wydawać prze-

rażającą perspektywą, biorąc pod uwagę, że koronawirus znany jako SARS-CoV-2, wywołujący COVID-19, doprowadził do śmierci ponad 4,2 miliona ludzi na całym świecie<sup>3</sup>.

Tym, co sprawia, że wirusy takie jak SARS-CoV-2 – a wcześniej SARS, H1N1, Ebola i HIV – są tak trudne do opanowania, jest fakt, że w istocie stanowią one potężny mikroskopijny kod, który rozwija się i rozmnaża w organizmie niezabezpieczonego gospodarza. Wirus w swoim działaniu przypomina pamięć USB, którą ładuje się do komputera; niczym pendrive podłącza się do komórki i ładuje nowy kod. I choć może to brzmieć zaskakująco w czasach globalnej pandemii, nie jest wykluczone, że wirusy są naszą nadzieją na lepszą przyszłość.

Wyobraź sobie sklep z aplikacjami biosyntetycznymi, z którego można pobierać nowe możliwości i dodawać je do dowolnej komórki, drobnoustroju, rośliny lub zwierzęcia. Naukowcy z Wielkiej Brytanii po raz pierwszy zsyntetyzowali i zaprogramowali genom *Escherichia coli* od podstaw w 2019 roku<sup>4</sup>. Za jakiś czas gigantyczne genomy organizmów wielokomórkowych – roślin, zwierząt i ludzi – będą syntetyzowane w mgnieniu oka. Pewnego dnia będziemy dysponowali technicznymi podwalinami do leczenia wszelkich chorób genetycznych znanych ludzkości. Doprowadzimy tym samym do isticie kambryjskiej eksplozji zmodyfikowanych roślin i zwierząt, które sprostają globalnym wyzwaniom w zakresie żywienia, produkcji odzieży, budownictwa mieszkaniowego i opieki nad miliardami ludzi, choć dziś trudno nam sobie to wyobrazić.

Życie staje się programowalne, a biologia syntetyczna składa śmiało obietnicę poprawy ludzkiej egzystencji. Celem tej książki jest ułatwienie czytelnikowi refleksji nad wyzwaniami i możliwościami mającymi na horyzoncie. W ciągu następnej dekady będziemy musieli podjąć ważne decyzje: czy stworzyć nowe wirusy do walki z chorobami, jak będzie wyglądała prywatność genetyczna, kto będzie „właścicielem” żywych organizmów, w jaki sposób firmy będą mogły czerpać zyski ze zmodyfikowanych

komórek i jakie środki bezpieczeństwa należy zastosować w laboratoriach, w których prowadzi się badania nad organizmami syntetycznymi. Jakich wyborów dokonalibyśmy, gdybyśmy mogli przeprogramować swoje ciała? Czy zadrećzalibyśmy się pytaniami o to, czy powinniśmy – a jeśli tak, to w jaki sposób – modyfikować swoje przyszłe dzieci? Czy zgodzilibyśmy się na spożywanie GMO (organizmów modyfikowanych genetycznie), gdyby mogło to ograniczyć niekorzystne zmiany klimatyczne? Osiągnęliśmy biegłość w wykorzystywaniu zasobów naturalnych i procesów chemicznych do wspierania naszego gatunku. Teraz stoimy przed szansą napisania nowego rozdziału, opierając się na tej samej architekturze, na której bazuje całe życie na naszej planecie. Obietnica biologii syntetycznej to przyszłość zbudowana przez najpotężniejszą, zrównoważoną platformę produkcyjną, jaką kiedykolwiek poznała ludzkość. Jesteśmy u progu zapierającej dech w piersiach nowej ewolucji przemysłowej.

Dyskusja, która toczy się obecnie na temat sztucznej inteligencji – nieuzasadniony strach i nadmierny optymizm, irracjonalne podniecenie potencjałem rynku, wypowiedzi urzędników świadczące o celowym uchylaniu się od odpowiedzialności – jest przedsmakiem rozmów, które będziemy wkrótce prowadzić na temat biologii syntetycznej, dziedziny, która zyskuje coraz większe zainteresowanie za sprawą nowego koronawirusa. Przełomowe postępy w zakresie opracowania szczepionek mRNA, domowych testów diagnostycznych i leków przeciwwirusowych nabierają tempa. Nadszedł czas, aby przenieść tę rozmowę do przestrzeni publicznej. Po prostu nie możemy dłużej czekać.

Obietnica zawarta w tej książce jest prosta i konkretna: jeśli dzisiaj pogłębimy nasze rozumienie biologii syntetycznej i wypracujemy strategię jej wykorzystania, będziemy o krok od rozwiązania pilnych i długofalowych wyzwań egzystencjalnych związanych ze zmianami klimatycznymi, globalnym brakiem bezpieczeństwa żywnościowego i potencjalną długowiecznością człowieka. Możemy już dziś przygotować się do pokonania

kolejnych epidemii za pomocą odpowiednio zmodyfikowanych wirusów. Jeśli będziemy czekać z podjęciem działań, o przyszłości biologii syntetycznej mogą zdecydować spory o własność intelektualną i bezpieczeństwo narodowe, a także przedłużające się procesy sądowe i wojny handlowe. Musimy zrobić wszystko, aby postęp w dziedzinie genetyki pomógł ludzkości, zamiast nieodwracalnie jej zaszkodzić.

Kod naszej przyszłości powstaje dzisiaj. Rozpoznanie tego kodu i odszyfrowanie jego znaczenia będzie początkiem nowej historii ludzkości.

**NAPISALIŚMY KSIĄŻKĘ O ŻYCIU:** o tym, jak powstaje, jak jest zakodowane i jakie narzędzia wkrótce pozwolą nam kontrolować nasze genetyczne przeznaczenie. Jest ona również o prawie do podejmowania decyzji dotyczących życia – życia, które dla nowego pokolenia będzie zdefiniowane w kategoriach naukowych, ale także etycznych, moralnych i religijnych. Komu przyznamy uprawnienia do programowania komórek, tworzenia nowych form życia, a nawet wskrzeszania dawno wymarłych organizmów? Konieczność udzielenia odpowiedzi na te pytania zmusi ludzkość do stawienia czoła wielu napięciom gospodarczym, geopolitycznym i społecznym.

- Ci, którym przyznamy prawo do modyfikowania żywych organizmów, będą mogli sprawować kontrolę nad dostępem do żywności, leków i surowców niezbędnych do naszego przetrwania.
- Nasze przyszłe zdrowie i dobrobyt będą zależeć, przynajmniej częściowo, od firm, które inwestują w prawa do informacji genetycznej oraz procesów modyfikacji DNA, a co za tym idzie, sprawują nad nimi kontrolę.
- Edycja genomu i synteza DNA to podstawowe technologie biologii syntetycznej, a światowy rynek tych narzędzi prze-

żywa intensywny rozkwit. Pojawiają się jednak spory co do tego, czy zarówno takie narzędzia, jak i nasze surowe dane genetyczne powinny być dostępne dla każdego, czy też powinny być przechowywane w zastrzeżonych bazach danych i licencjonowane tym, których stać na wykupienie dostępu.

- Startupy finansowane przez fundusze venture capital nie są w stanie zwrócić inwestycji z samych tylko badań, dlatego często stają przed koniecznością opracowania zbywalnego produktu w rozsądnych ramach czasowych. Podczas gdy firmy finansowane ze środków prywatnych mogą pozwolić sobie na swobodę w kwestii innowacji, badania biotechnologiczne finansowane ze środków publicznych podlegają tradycyjnym praktykom i charakteryzują się powolnym postępem.
- O ile nie mamy do czynienia z pilną koniecznością, taką jak zwycięstwo w wyścigu kosmicznym czy opracowanie skutecznej szczepionki w obliczu pandemii, system dotacji rządowych faworyzuje kompetencje i konserwatyzm; nie zachęca do szybkości, innowacji czy progresywnego podejścia.
- Grupy stanowiące i egzekwujące prawo sprawują niemal nieograniczoną władzę nad naszą przyszłością. Obecnie nie ma zgody co do akceptowalnych okoliczności, w których powinno się modyfikować organizmy ludzkie, zwierzęce lub roślinne.
- Nie ma też zgody co do tego, w jaki sposób należy podejmować decyzje, które mogłyby przynieść nam korzyści na skalę globalną. W Stanach Zjednoczonych trwają już prace nad zupełnie nowymi, nieistniejącymi wcześniej formami życia, z których część powstała w wyniku przekształcenia kodu komputerowego w żywą tkankę.
- Prezydent Chin Xi Jinping ogłosił, że Chiny „muszą energicznie rozwijać naukę i technikę oraz dążyć do stania się głównym światowym ośrodkiem naukowym i wzbici się

na wyżyny innowacyjności”, ze szczególnym naciskiem na tworzenie życia od podstaw<sup>5</sup>. Strategia Chin obejmuje stworzenie obszernej bazy danych genomowych oraz agresywne ramy czasowe dla komercjalizacji modyfikowanych układów żywych. Przywódcy kraju dążą do gigantycznego awansu w łańcuchu wartości z pozycji „warsztatu świata” do rangi globalnego lidera nowoczesnych gałęzi przemysłu, takich jak biotechnologia i sztuczna inteligencja<sup>6</sup>.

- Stany Zjednoczone i Chiny mogą być współzależne i wzajemnie polegać na swoich gospodarkach dla obopólnych korzyści, ale dążenie Chin do uzyskania statusu dominującego supermocarstwa technicznego, naukowego i gospodarczego od dawna powoduje napięcia między tymi dwoma krajami. Konieczne jest opracowanie skoordynowanego, wykonalnego planu działania, ponieważ charakter obecnych napięć geopolitycznych różni się od specyfiki naszych dawnych konfliktów.
- Możliwość edycji i tworzenia życia ma poważne implikacje społeczne, dlatego musimy zadbać o równowagę między zaufaniem publicznym a szybkością postępu biotechnologicznego. Będziemy musieli pogodzić nasze pragnienie prywatności z postępem, jaki niosą ze sobą olbrzymie bazy naszych danych genetycznych.
- Musimy sprawić, aby dostęp do tej przełomowej technologii był powszechny i sprawiedliwy. Podziały są jednak nieuniknione, ponieważ nie wszyscy będą ufać nauce i nie wszyscy będą mieć dostęp do najnowszych narzędzi. Z tego względu będziemy musieli przygotować się na poważne wyzwania natury społecznej, w tym zmierzyć się z problemem nierówności genetycznej. Rozwarstwienie, o którym mowa, będzie po części dotyczyło ludzi z ulepszonymi genomami – którzy mogą mieć szczególne zdolności lub którym zostały nadane specjalne przywileje – oraz ludzi, których DNA nigdy nie zostało zmodyfikowane.



Ta książka dotyczy również ciebie i twojego życia oraz decyzji, które będziesz musiał podjąć. Stoimy w obliczu radykalnych zmian – na krawędzi przepaści – i każdy z nas musi odegrać aktywną rolę w tworzeniu własnej przyszłości, już dziś podejmując świadome decyzje na podstawie rzetelnych informacji. Będziesz musiał dokonać wyborów o rozległych konsekwencjach, na przykład czy zsekwencionować własny genom i co zrobić z tymi danymi. Albo, jeśli planujesz zostać rodzicem, czy chcesz zamrozić jajeczka, skorzystać z technik wspomaganego rozrodu, takich jak zapłodnienie *in vitro* (IVF), i na podstawie wyników badań genetycznych wybrać najsilniejszy z powstałych zarodków. Są to decyzje, które nam samym są doskonale znane. W rzeczywistości to właśnie one zmusiły nas do napisania tej książki.

Aby zobaczyć, jaką przyszłość może kiedyś wykreować projekt genesis, należy najpierw przyjrzeć się przeszłości. W pierwszej części naszej książki opiszemy genezę biologii syntetycznej oraz historyczne etapy pracy naukowców rozszyfrowujących życie – i ostatecznie manipulujących jego właściwościami – z zamiarem stworzenia organizmów syntetycznych, których rodzicami są komputery. W drugiej części przedstawimy nowy wymiar biogospodarki, stworzony przez projekt genesis i obejmujący nieprzebrane zasoby fantastycznych leków, żywności, powłok przemysłowych, tkanin, a nawet piwa i wina – jak również potencjalne rozwiązania biotechnologiczne palących problemów, takich jak rozprzestrzenianie się plastiku w oceanach, nasilanie się ekstremalnych zjawisk pogodowych czy też stale aktualne ryzyko pojawienia się groźnych wirusów i kolejnych pandemii. Zajmiemy się również zagrożeniami, jakie stwarza biologia syntetyczna, od ataków cyberbiologicznych po nieuniknioną przepaść genetyczną, która oddzieli ludzi zamożnych, swobodnie korzystających z dobrodziejstw inżynierii genetycznej, od tych, których nie będzie na to stać. W trzeciej części przyjrzymy się różnym modelom przyszłości. W formie kreatywnych, hipotetycznych scenariuszy pokażemy sposoby, w jakie projekt genesis może zmienić świat.

Część I

# POCZĄTEK

## Rozdział 1

# Złym genom mówimy nie

## *Narodziny projektu genesis*

Dni wyraźnie się skróciły, a chłodniejsze noce wskazywały nieuchronne nadejście jesieni w Duxbury w stanie Massachusetts, uroczym nadmorskim miasteczku na południe od Bostonu. Bill McBain był utalentowanym uczniem o rozległych zainteresowaniach obejmujących fotografię, matematykę i dziennikarstwo, ale pod innymi względami niczym się nie wyróżniał: pierwszego dnia ósmej klasy nie dało się nie zauważyć, że Bill wystrzelił w górę, podobnie jak jego koledzy i koleżanki. Był teraz wyższy o dziesięć centymetrów. Jednak – w przeciwieństwie do innych dzieci – stracił również na wadze. Podczas gdy jego rówieśnicy zaczynali nabierać nastoletnich kształtów i młodzieńczej muskulatury, Bill był chudy jak patyk – sama skóra i kości.

Codziennie kładł się wcześniej, a rano i tak budził się wyczerpany. Zaczął częściej pić wodę – w ogromnych ilościach – ale zdawało się, że nigdy nie jest w stanie ugasić pragnienia. Był rok 1999 i przezroczyste plastikowe butelki Nalgene nagle stały się szalenie popularne wśród młodzieży szkolnej. Dla Billa Nalgene nie było modnym dodatkiem do jego szkolnego ekwipunku, lecz koniecznością: między lekcjami napełniał butelkę wodą i opróżniał

ją w mgnieniu oka. Pewnego razu, wpatrując się w zaznaczoną na butelce podziałkę, Bill – który kochał matematykę – pograżył się w obliczeniach. Oszacował, że wypija od 15 do 18 litrów wody dziennie.

Kiedy w lutym przyjaciółka rodziców Billa odwiedziła ich w domu, z niepokojem obserwowała, jak chłopiec nieustannie sięga po swoją butelkę. Była pielęgniarką, więc od razu dostrzegła znaki ostrzegawcze i udała się dyskretnie do łazienki, aby potwierdzić swoje przypuszczenia: rzeczywiście, deska sedesowa była lepka w dotyku, a kiedy kobieta nachyliła się, poczuła charakterystyczną słodkawą i mdlącą woń. Poprosiła rodziców Billa, aby następnego ranka zabrali syna do kliniki na badanie krwi.

Po drodze rodzina zatrzymała się na szybkie śniadanie. Bill zamówił bajgla z cukrem cynamonowym i duży czerwony napój Gatorade. Nie był to najlepszy posiłek przed badaniem poziomu glukozy w surowicy, ale Bill o tym nie wiedział. W klinice lekarz nakłuł palec chłopca małą igłą i wycisnął kroplę krwi na pasek testowy umieszczony w glukometrze. W ciągu kilku sekund urządzenie zapiszczało, a na ekranie błysnął komunikat „wysoki”. Oznaczało to, że poziom cukru we krwi Billa wzrósł powyżej 500 miligramów na decylitr (mg/dl). Dla porównania, poziom cukru we krwi badany na czczo u osoby z prawidłowo funkcjonującą trzustką zwykle mieści się w przedziale 70–99 mg/dl lub nieco poniżej jednej tysięcznej grama na jedną dziesiątą litra. Innymi słowy, jest ledwo zauważalny, ponieważ organizm zdrowej osoby szybko rozkłada cukier i zamienia go w energię, więc w krwio-biegu nie pozostaje go zbyt wiele. Jeśli zdrowa osoba wykona to samo badanie bezpośrednio po posiłku, wynik pozostanie podwyższony przez kilka godzin – organizm przetwarza wtedy pokarm – ale nie będzie przekraczał poziomu 140 mg/dl.

Lekarz pobrał więcej krwi i wysłał próbkę do laboratorium w celu przeprowadzenia szczegółowych analiz. Wyniki wprost odebrały mu mowę. Kiedy znalazł się z powrotem w swoim gabinecie z Billem i jego rodzicami, usiadł i spoglądał to na wyniki

w teczce leżącej na biurku, to na chłopca. Poziom cukru we krwi Billa był szokująco wysoki – 1380 mg/dl, a stężenia sodu, magnezu i cynku tak dalekie od normy, że zmieniło się pH krwi młodego pacjenta. Był o krok od zapadnięcia w śpiączkę cukrzycową, a być może nawet bliski śmierci: taka krew może zabić.

Bill i jego rodzice musieli przejść przyspieszony kurs w zakresie mechanizmów cukrzycy typu 1 i sposobów jej leczenia. Zdrowa trzustka nieustannie wydziela pewne ilości insuliny, hormonu potrzebnego naszym komórkom do wytwarzania energii. Kiedy jesz, twoja trzustka wytwarza dodatkową, większą porcję insuliny, aby spożyty cukier mógł zostać sprawnie zmetabolizowany. Ale trzustka Billa nagle przestała produkować insulinę. Cukrzyca typu 1 zwykle pojawia się w okresie dojrzewania, a Bill miał wszystkie klasyczne objawy: zmęczenie, nadmierne pragnienie, lepko-słodkawy mocz i ciągłą potrzebę korzystania z toalety. Nieodparta potrzeba picia wody była naturalną próbą samoleczenia się ciała: woda miała wypłukiwać niezmetabolizowany cukier z krwi. W końcu jednak w organizmie chłopca doszłoby do zagrażającej życiu reakcji łańcuchowej. Jego ciało zaczęłoby jako źródło energii potrzebnej do przeżycia wykorzystywać tłuszcz, uwalniając przy tym toksyczne związki chemiczne zwane ketonami. Ciała ketonowe, które są bardzo kwaśne, utknęłyby w krwiobiegu Billa, a kiedy ich stężenie osiągnęłoby zbyt wysoki poziom, doszłoby do powikłania w postaci kwasicy ketonowej, zwanej również śpiączką cukrzycową. Gdyby Bill nie otrzymał w tej sytuacji natychmiastowej pomocy, śmierć nadeszłaby bardzo szybko.

Martwiąc się, że w jakiś sposób przyczynili się do choroby syna, rodzice Billa chcieli zrozumieć, co spowodowało jego stan. Zapewnili lekarza, że pospieszne śniadanie składające się ze słodkiego bajgla i Gatorade nie było typowe; rodzina zwykle jadła zdrowe posiłki i była aktywna fizycznie. „To tylko złe geny” – odparł lekarz. Dodał, że naukowcy nie wiedzą dokładnie, dlaczego organizm niektórych osób staje się oporny na insulinę ani dlaczego u niektórych nastolatków – takich jak Bill – trzustka nagle

przestaje prawidłowo funkcjonować. Ale była też iskierka nadziei: schemat leczenia polegający na manualnym wykonywaniu zadań, które ciało pacjenta powinno wykonywać automatycznie. Bill musiał zacząć wstrzykiwać sobie lek o nazwie Humulin Regular, syntetyczną ludzką insulinę o szybkim działaniu, podawaną zwykle przed posiłkiem, oraz Humulin NPH, lek długodziałający, który miał zapewnić chłopcu stałą podaż insuliny w nocy<sup>1</sup>.

## Odkrycie insuliny

Objawy kliniczne cukrzycy typu 1 – częste oddawanie moczu, splątanie, drażliwość, trudności z koncentracją, a czasem śmierć – po raz pierwszy odnotowano ponad 3000 lat temu w Egipcie. Około 1550 roku p.n.e. w ramach leczenia częstomoczu zalecano picie „miarki wody z ptasiego stawu z dodatkiem czarnego bzu, włókien asitu, świeżego mleka, lekkiego piwa, kwiatów ogórka i zielonych daktyli”. Egipscy lekarze już wtedy podejrzewali, że istnieje związek między tym, co ludzie jedzą, a objawami, które dziś są kojarzone z cukrzycą.

Minęło jednak 1500 lat, zanim Areteusz, kapadocki lekarz posługujący się greką, opisał tajemniczą chorobę, która „roztapia ciało i kończyny w moczu”, nazywając ją *diabetes* od starogreckiego słowa oznaczającego „przeciekanie”. Mniej więcej w tym samym czasie podobnych odkryć dokonywali lekarze w Chinach i Azji Południowej<sup>2</sup>.

W roku 1674 Thomas Willis, lekarz z Uniwersytetu Oksfordzkiego, zaczął prowadzić niezależne badania, stosując procedurę, która niewątpliwie może wzbudzać obrzydzenie. (Jeśli akurat coś jesz, możesz pominąć resztę tego akapitu). Prosił bowiem pacjentów z objawami cukrzycy o oddanie moczu do niewielkiej szklanki, po czym wąchał go i pił. Badał w ten sposób, czy mocz pacjenta jest nienaturalnie słodki, prawie tak, jak elektroniczny glukometr oceniał stężenie cukru we krwi Billa<sup>3</sup>.

## Następna granica, którą przekroczyliśmy dzięki technologii, znajduje się wewnątrz naszych ciał

Biologia syntetyczna to stosunkowo nowa, interdyscyplinarna dziedzina nauki, która łączy w sobie projektowanie inżynierskie, komputery i biologię. Wykorzystuje komputery do modyfikowania lub pisania DNA od podstaw, dzięki czemu w ciągu najbliższej dekady będziemy mogli z łatwością programować żywą komórkę i stworzyć nowy, lepszy kod genetyczny. Czy tego chcemy, czy nie, nadchodzi epoka biologii syntetycznej.

### Jak biologia syntetyczna zmieni nasze życie i zdrowie

Amy Webb i Andrew Hessel skupiają się nie tylko na zagrożeniach i dylematach moralnych wynikających z projektowania życia, ale także na ogromnych możliwościach, jakie mamy w zasięgu ręki: od pokonywania chorób dzięki personalizowanym lekom, po otrzymywanie mięsa bez zabijania zwierząt. Odkrycia biotechnologiczne mogą pomóc rozwiązać najbardziej palące globalne problemy, w tym rozprzestrzenianie się plastiku w oceanach, nasilenie ekstremalnych zjawisk pogodowych, głód na świecie czy ryzyko pojawienia się nowych groźnych wirusów i kolejnych pandemii.

### Przyszłość budujemy codziennie, dokonując wyborów

Biologia syntetyczna umożliwi wielką transformację ludzkości – transformację, która już się rozpoczęła. Wkrótce życie nie będzie tylko dziełem przypadku, lecz wynikiem projektowania, selekcji i wyboru. Będzie dotyczyć każdego z nas oraz decyzji, które będziemy musieli podjąć. Czy zsekwencjonować swoje DNA? Czy jeść mięso hodowane w bioreaktorach? Czy stworzyć zarodek z własnych komórek, np. skóry? Czy zaszczepić swoje dziecko preparatem mRNA? Stoimy w obliczu rewolucyjnych zmian i warto już dziś uzupełnić wiedzę oraz przeformułować nasz sposób myślenia tak, by odpowiadał coraz szybciej zmieniającym się realiom.

Patronat:

**personel**  
& zarządzanie

**THINKTANK**

Książka dostępna również jako e-book.  
[www.poltext.pl/przeswity](http://www.poltext.pl/przeswity)

ISBN 978-83-8175-403-3



9 788381 754033 >

P17010101  
Cena 79,90 zł