ŚWIAT NAUKI
POLSKA EDYCJA
swiatnauki.pl • projektpulsar.pl

SCIENTIFIC AMERICAN

Sierpień 2026 nr 8 (420)
Cena 18 zł 99 gr (w tym 8% VAT)

Wyprawa na Tytana

Trup w muzealnej szafie

Najdziwniejszy kwiat świata



ŚMIERĆ W LUSTRZE

Czy syntetyczne patogeny zagrożą życiu na Ziemi?

RAPORT
Kryzys amerykańskiej nauki

ŚWIAT NAUKI 08/2026
ISSN 0867-6380
INDEKS 378194
9 770867 638609 08>

Pulsar – serwis popularnonaukowy POLITYKI

POPULARYZATOR NAUKI 2024 i 2025

projektpulsar.pl

Wszystko, co warto wiedzieć o nauce:

- **naukowe newsy** – najważniejsze odkrycia, najnowsze wyniki badań
- artykuły naukowe z bieżących wydań **„Polityki”**
- aktualne wydania **„Wiedzy i Życia”** – pisma, które od ponad 100 lat przybliża zdobycze nauki i techniki
- aktualne wydania **„Świata Nauki”** – polskiej edycji renomowanego pisma „Scientific American”
- bogate **archiwum tekstów** najlepszych dziennikarzy naukowych oraz ekspertów i badaczy w swoich specjalizacjach

...i jeszcze więcej:

- recenzje najgorętszych książek popularnonaukowych
- cotygodniowy newsletter Pulsara
- podkasty **„Pulsar nadaje”** – już ponad 170 rozmów z najciekawszymi polskimi naukowcami



PAWEŁ SIKORSKI:
Wirusy celowo zakładają czapki



DOROTA ROSIŃSKA, MAREK SZCZEPAŃCZYK:
Chcemy sięgnąć początków Wszechświata

KATARZYNA SZNAJD-WERON:
O ruchach ciał społecznych



Zaprenumeruj nas:
projektpulsar.pl

eprasa.pl 2eb30cef3b

SIERPIEŃ 2026
NUMER 8 (420)

ŚWIAT NAUKI
POLSKA EDYCJA
SCIENTIFIC AMERICAN



BIOLOGIA

24 ŚMIERĆ W LUSTRZE
Naukowcy są blisko stworzenia przerażająco podobnej do nas nowej formy życia – która może zniszczyć naszą planetę. Jak temu zapobiec?
VAUGHN S. COOPER

KONSERWACJA ZABYTKÓW

52 TRUP W MUZEALNEJ SZAFIE
Ekstremofilne pleśnie panoszą się w muzeach i zagrażają kolekcjom. Ich rozprzestrzenianiu sprzyja zmiana klimatu i strach muzealników przed utratą reputacji.
ELIZABETH ANNE BROWN

EWOLUCJA

64 NIEZWYKŁY BOTANICZNY SPEKTAKL
Wyniki badań dają wskazówki, dlaczego trupi kwiat jest tak wyjątkowy.
JACOB S. SUISSA

RAPORT

STAN NAUKI W USA 2026

30 GNIEW I SZOK
Wieloletnia umowa społeczna między nauką a społeczeństwem została zerwana.
ADAM ROGERS

38 POWRÓT DO PRZESZŁOŚCI
Młodzi amerykańscy naukowcy przeżywają teraz trudny okres. Historia podpowiada, jak może wyglądać przyszłość.
DEBORAH BLUM

45 ODMIEŃCY
Badacze mają problem ze swoim wizerunkiem.
DAVA SOBEL

46 WIELKA UCIECZKA
Dziesiątki krajów próbują przekonać rozczarowanych amerykańskich naukowców, by przenieśli się do nich na stałe – i wielu młodych badaczy to rozważa.
SARAH SCOLES

Ty Stange

eprasa.pl 2eb30cef3b

ŚWIAT NAUKI
POLSKA EDYCJA
SCIENTIFIC AMERICAN

SIERPIEŃ 2026
NUMER 8 (420)

6 SKANER
Skrzydlaci najeźdźcy ◆ Słoneczny orszak ◆ W górę wodospadu ◆ Dużo gładsze wybrzeża ◆ Nie lekceważmy IQ ◆ Czerwona Planeta zmienia odcień ◆ Interesowne koty ◆ Złowieszcze zorze ◆ Zmysły roślin

18 WSZECHŚWIAT
Wyprawa na Tytana
PHIL PLAIT

20 Q&A
Roboty już potrafią poskładać pranie
DENI ELLIS BÉCHARD

22 MILITARIA
Niech się stanie broń
SARAH SCOLES

72 MATEMATKA
Jak powstała teoria prawdopodobieństwa
JACK MURTAGH

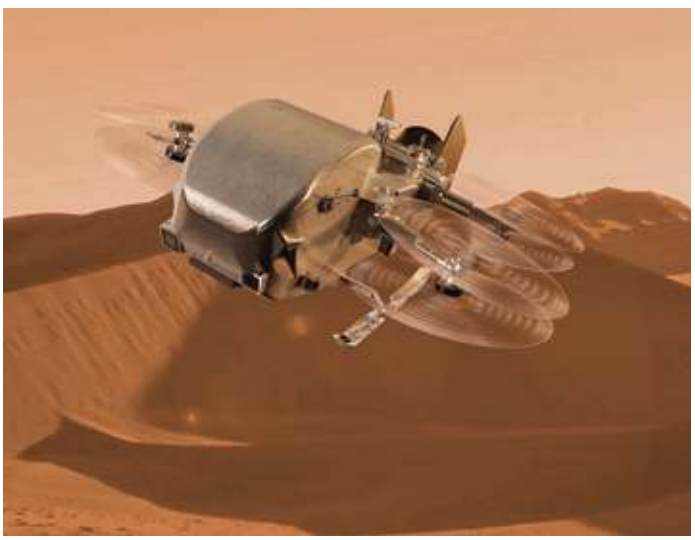
74 UMYSŁ GIĘTKI
Trwałość pierwszości
MAREK PENSZKO

78 FAKTOGRAF
Wolność akademicka w odwrocie
JEN CHRISTIANSEN

80 Z ARCHIWUM „SCIENTIFIC AMERICAN”
Genetyczna manipulacja ◆ Wymówka dla golfistów ◆ Troska o ropę ◆ Czy Chińczycy są lepsi? ◆ Tylko jeden pierwiastek ◆ Podglądanie chrząszczy



6 Neal McNeil/Getty Images



18 NASA/Johns Hopkins APL/Steve Gribben



27 Ilustracja Richard Mia

OKŁADKA



Co by się stało, gdyby syntetyczne bakterie lustrzane zdobyły choćby niewielki przyczółek w środowisku naturalnym? Przypadkowe uwolnienie takich organizmów z laboratorium mogłoby mieć nieodwracalne konsekwencje.

Ilustracja Alex Boersma

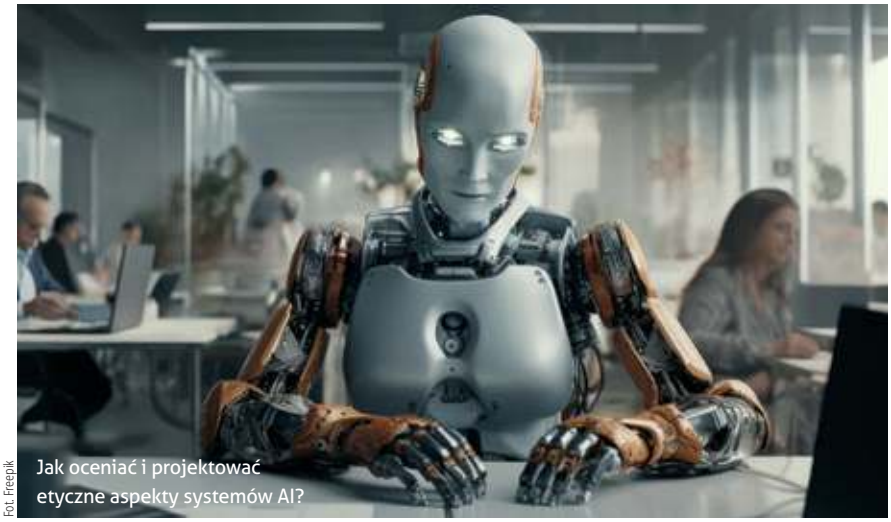
Polska wersja okładki Jolanta Kotas

eprasa.pl 2eb30cef3b

Projekt Moralytics

– czyli AI jako moralny arbiter

Polscy badacze uczą modele językowe rozpoznawania moralnego nacechowania wypowiedzi – i okazuje się, że AI radzi sobie z tym lepiej niż przeciętny człowiek.



Fot. Freepik

Jak oceniać i projektować etyczne aspekty systemów AI?

Przy ocenie danej sytuacji część z nas odwołuje się do empatii, a część do poczucia sprawiedliwości. A co, gdyby istniał bezstronny arbiter? Nad takim rozwiązaniem, w ramach projektu Moralytics, pracują dr Maciej Skórski z Instytutu Informatyki Wydziału Matematyki, Informatyki i Mechaniki Uniwersytetu Warszawskiego i dr Alina Landowska z Akademii Leona Koźmińskiego.

Celem jest wyposażenie sztucznej inteligencji w cyfrowy „kompas moralny", zdolny do precyzyjnego rozpoznawania wartości w ludzkich wypowiedziach.

Słowa, słowa, słowa

Badacze sięgnęli po koncepcję Jonathana Haidta, który porównał moralność do wrodzonej gramatyki umysłu. Według badacza oceny moralne można scharakteryzować za pomocą pięciu kategorii: troski, sprawiedliwości, lojalności, autorytetu oraz świętości.

Człowiek rodzi się z gotową matrycą psychologiczną. Ta pozwala mu intuicyjnie odróżniać dobro od zła, natomiast społeczeństwo uczy konkretnego, lokalnego „dialektu" moralnego. W tej samej sytuacji, w zależności od naszej wrażliwości moralnej, będziemy reagować różnie. Możemy powiedzieć „to niesprawiedliwe" lub „to okrutne". W pierwszym przypadku odwołamy się do poczucia sprawiedliwości, w drugim – do empatii.

– *Gdy analizujemy wypowiedzi silnie nacechowane emocjonalnie, na przykład dotyczące interwencji policji wobec aktywistów, poszczególne kategorie, takie jak empatia i poczucie sprawiedliwości, bardzo często się nakładają. Naszym celem jest precyzyjna parametryzacja tych komunikatów i sprowadzenie ich do pięciu mierzalnych wymiarów zdefiniowanych przez Haidta. Pozwala to na obiektywną, matematyczną analizę dyskursu, który dla ludzkich sędziów bywa zbyt chaotyczny* – mówi dr Maciej Skórski.

Badacze wykorzystali zbiór danych składający się z autentycznych wpisów internautów, i artykułów z głównych amerykańskich serwisów. Wypowiedzi te dotyczyły m.in. protestów Black Lives Matter, akcji #MeToo, kampanii prezydenckiej w USA w roku 2016, a także zwykłych życiowych etycznych dylematów (zdrada małżeńska, relacje na linii pracodawca–pracownik itp.).

Następnie naukowcy sprawdzili, jak z moralnym przyporządkowaniem tych wypowiedzi do kategorii Haidta poradziły sobie duże modele językowe. Takie zadanie wcześniej wykonała grupa ok. 700 osób. Za wspólny punkt odniesienia przyjęto konsensus wyznaczony algorytmami bayesowskimi, wskazujący najbardziej prawdopodobne wartości przy założeniu błędów i odchyleń oceniających (zarówno AI, jak i ludzi).

Okazało się, że modele językowe poradziły sobie nad wyraz dobrze, jeśli chodzi o precyzję wskazań. Celność ich ocen pokrywała się z wynikami 25% najlepszych ludzkich arbitrów. Średnia precyzja człowieka wynosiła 67-76% trafności wskazań, zaś sztucznej inteligencji 62-95%.

Co jednak istotne, modele językowe okazały się dużo lepsze w unikaniu tzw. *false negatives*, czyli błędnej oceny, że dana wypowiedź nie ma żadnego nacechowania moralnego. Maszyny pomyliły się w 19,4% przypadków, z kolei prawie 53% osób uznało, że oceniany tekst jest neutralny.

Dlaczego i po co?

– *Tematy takie jak ruchy społeczne czy kampanie polityczne wyzwalają w ludziach silne uprzedzenia i różne reakcje. Człowiek musi włożyć ogromny wysiłek, również emocjonalny, aby zachować pełen obiektywizm podczas oceny takich tekstów. Modele LLM są wolne od emocji, dlatego przetwarzają tekst czysto algorytmicznie, dzięki czemu rzadziej pomijają ukryte w strukturze języka sformułowania wartościujące* – tłumaczy dr Skórski, podkreślając, że językowe niuanse i zmiany zachodzące w emocjonalnym zabarwieniu poszczególnych słów na przestrzeni wieków stanowią na tę chwilę znaczne wyzwanie. Warto jednak je podjąć. Potencjalne zastosowania rozwiązań, nad którymi pracują polscy badacze, są liczne. Odnajdą się one też na rynku komercyjnym. Firmom, które odwołują się w swojej strategii komunikacyjnej np. do dbałości o środowisko lub do konserwatywnych wartości, będzie można zaoferować narzędzie ułatwiające dobranie odpowiedniego tonu przekazu.

Z drugiej strony „moralnie wrażliwe" AI mogłoby się okazać nieocenionym narzędziem w analizie dyskursu oraz badaniach opinii publicznej. Niewykluczone też, że z czasem każdy z nas doczeka się spersonalizowanego asystenta moralnego – modelu językowego dopasowanego do osobistych preferencji moralnych... Jest na co czekać.

UNIWERSYTET WARSZAWSKI | SERWIS NAUKOWY

Artykuł jest częścią cyklu poświęconego badaniom realizowanym na Uniwersytecie Warszawskim.

eprasa.pl 2eb30cef3b

ŚWIAT NAUKI POLSKA EDYCJA SCIENTIFIC AMERICAN

www.projektpulsar.pl

Prenumerata
www.sklep.polityka.pl/sn
e-mail: prenumerata@swiatnauki.pl
tel. 22 336 75 60

Redaktor naczelny
Elżbieta Wieteska
e-mail: e.wieteska@swiatnauki.pl
tel. 605 435 405

Kontakt z redakcją
redakcja@swiatnauki.pl

Korekta
Mariola Będkowska

Redakcja techniczna, skład i łamanie
Jolanta Kotas
e-mail: j.kotas@swiatnauki.pl

Wydawca
POLITYKA Sp. z o.o. SKA
ul. Słupecka 6, 02-309 Warszawa
tel. 22 451 61 33/34
www.polityka.pl; e-mail: polityka@polityka.pl

Prezes zarządu
Jerzy Baczyński

Dyrektor wydawniczy
Piotr Zmelonek
tel. 22 451 61 33/34

Biuro reklamy, kampanii i projektów specjalnych
Izabela Kowalczyk-Dudek, Dyrektor
Tel. 22 451 61 45, e-mail: reklama@polityka.pl

Dział Dystrybucji
Marcin Paśnicki, kierownik
e-mail: dystrybucja@polityka.pl

Kontakt w sprawie bezpieczeństwa produktu
gpsr@polityka.pl

Druk P/mint

Copyright © POLITYKA Sp. z o.o. SKA 2026

Wszelkie prawa zastrzeżone (łącznie z tłumaczeniem na języki obce). Żaden fragment niniejszego wydania nie może być wykorzystany w jakiejkolwiek formie – fotokopii, mikrofilmu czy innych reprodukcji – ani przekładany na język mechaniczny bez pisemnej zgody wydawcy. SCIENTIFIC AMERICAN jest zastrzeżoną nazwą handlową należącą do Scientific American, Inc. w Nowym Jorku i używaną przez firmę Polityka Sp. z o.o. SKA na podstawie umowy licencyjnej.

SCIENTIFIC AMERICAN

Editor In Chief **David M. Ewalt**
Managing Editor **Jeanna Bryner**
Copy Director **Maria-Christina Keller**
Creative Director **Michael Mrak**
Chief Features Editor **Seth Fletcher**
Chief News Editor **Dean Visser**
Chief Opinion Editor **Megha Satyanarayana**

President **Kimberly Lau**
Publisher and Vice President **Jeremy A. Abbate**
Vice President, Product and Technology **Dan Benjamin**
Vice President, Commercial **Andrew Douglas**
Vice President, Content Services **Stephen Pinock**

Scientific American, 1 New York Plaza, Suite 4600, New York, NY 10004-1562

Drodzy Czytelnicy,

odkrycia naukowe mogą być dla ludzkości dobrodziejstwem, ale i zagrożeniem, służyć ratowaniu życia lub jego niszczeniu i w dużej mierze zależy to od intencji tych, którzy je wykorzystują. Zdarza się jednak, że intencje są dobre, ale pewne zagrożenia nie są jeszcze znane albo coś wymyka się spod kontroli (historia zna wiele takich sytuacji). Tego ostatniego obawiają się naukowcy w przypadku syntetycznych komórek lustrzanych, a w szczególności lustrzanych bakterii.
Na razie to jeszcze odległa przyszłość, ale biotechnologia niezwykle dynamicznie się rozwija. Uwolnienie do środowiska „odwróconych" patogenów mogłoby oznaczać dla ludzkości zagładę, badacze wolą więc dmuchać na zimne i postulują wprowadzenie odpowiednich zabezpieczeń i restrykcji (*s. 24*).

Taka postawa naukowców jest tym istotniejsza, że coraz częściej do wyznaczania tematów badań roszczą sobie prawo politycy, kierujący się partykularnymi interesami lub po prostu będący ignorantami – a czasem i jedno, i drugie. Głównie tej kwestii dotyczy raport o obecnym stanie nauki w USA (*s. 38*), dodatkowo ciekawy, ponieważ jego autorami są Amerykanie – mamy więc niejako spojrzenie od środka. Politycy wywierają nacisk na instytucje naukowe przez odmawianie finansowania badań – „głodzenie" projektów. Cierpią na tym przede wszystkim „niepraktyczne" badania podstawowe i te mające jakikolwiek związek z niesprawiedliwością społeczną. Ale też, ponieważ poziom federalnego finansowania generalnie się obniżył, zmniejszyły się szanse młodych ludzi, dopiero rozpoczynających swoją naukową przygodę. Dodatkowo amerykańskie społeczeństwo coraz bardziej nie ufa nauce. To wszystko sprawia, że badacze zaczynają z USA wyjeżdżać i przenosić się na przykład do Europy.

Zmieniamy temat na ciut lżejszy, choć niezupełnie. Okazuje się, że muzealnym zbiorom na całym świecie zagrażają pleśnie, które, dość nietypowo, rozwijają się w suchym środowisku (*s. 52*). Mimo że nie wynika to z zaniedbań muzealników, traktują oni rzecz jako wstydliwą, co komplikuje instytucjonalną współpracę i czyni walkę z paskudnym grzybowym przeciwnikiem jeszcze trudniejszą.

Na koniec polecam artykuł o jednej z najbardziej zadziwiających roślin świata – dziwidle (*s. 64*). Jak ewolucja doprowadziła do powstania takiego tworu? Kwitnienie dziwidła (bardzo rzadkie) można od czasu do czasu podziwiać również w Polsce – w czerwcu tego roku kwitło we Wrocławiu. Doświadczenie niezwykłe, zapach obrzydliwy, widok piękny.

Miłej lektury!

Elżbieta Wieteska

Zapraszamy na nasz portal popularnonaukowy **pulsar** (**www.projektpulsar.pl**). Znajdą w nim Państwo dużą porcję naukowych aktualności (w tym tłumaczenia tekstów ze strony internetowej „Scientific American"), pogłębionych artykułów, ciekawych rozmów z naukowcami, podcastów, a także bieżące i archiwalne wydania „Świata Nauki" oraz „Wiedzy i Życia".

TŁUMACZE, AUTORZY I STALI WSPÓŁPRACOWNICY

dr Michał Czerny
dr n. med. Ewa Grabowska
Andrzej Hołdys
mgr Marek Krośniak
Biblioteka Jagiellońska
Marek Penszko
dr Marcin Ryszkiewicz

Za treść ogłoszeń redakcja ponosi odpowiedzialność w granicach wskazanych w ust. 2 art. 42 ustawy Prawo prasowe.
Informujemy, że przesłanie listu do redakcji jest równoznaczne z udzieleniem zgody na jego publikację w czasopiśmie wraz z podaniem imienia i nazwiska jego autora, chyba że autor zastrzegł wyraźnie anonimową publikację.
Sprzedaż aktualnych i archiwalnych numerów czasopisma po cenie innej niż wydrukowana na okładce jest działaniem na szkodę wydawcy i skutkuje odpowiedzialnością sądową.

eprasa.pl 2eb30cef3b

PRENUMERATA „ŚWIATA NAUKI”

ŚWIAT NAUKI SCIENTIFIC AMERICAN

Prenumeruj druk



KUP TERAZ

Prenumerata roczna
189 zł

Prenumerata półroczna
99 zł

Polska edycja renomowanego amerykańskiego pisma „Scientific American” z bezpłatną dostawą do wybranego przez Ciebie InPost Paczkomat 24/7 lub pocztą wprost pod Twoje drzwi.

Prenumeruj druk i serwis Pulsar



KUP TERAZ

Prenumerata roczna
279 zł

Prenumerata półroczna
159 zł

Oprócz wydania drukowanego otrzymujesz wydanie cyfrowe „Świata Nauki” i „Wiedzy i Życia” w ramach dostępu do codziennego serwisu naukowego Pulsar.

Prenumeruj w pakiecie z „Wiedzą i Życiem”



KUP TERAZ

Prenumerata roczna
299 zł

Prenumerata półroczna
169 zł

Dwa pisma popularnonaukowe w klasycznej papierowej odsłonie. Co miesiąc 160 stron potężnej dawki wiedzy ze świata nauki.

Darmowa dostawa
co miesiąc pod wskazany adres

Gwarancja
stałej ceny

MASZ PYTANIA?

+48 22 336 75 60
(pon.-pt. w godz. 8:00–17:00)

prenumerata@swiatnauki.pl

sklep.polityka.pl

Zapraszamy na wygodne zakupy!
Dla siebie i bliskich. Kupuj dla szkoły, firmy, instytucji.

eprasa.pl 2eb30cef3b

SKANER



EKOLOGIA

Groźne kropeczki

Upodobanie latarników plamistych do miast może być sekretem ich sukcesu jako gatunku inwazyjnego

MIASTA ZE SWEJ NATURY SĄ siedliskami sprzyjającymi gatunkom inwazyjnym: ciągły przepływ ludzi i towarów sprawia, że niezliczone nowe rośliny i zwierzęta co chwila mierzą się z ryzykiem, jakie niesie dobór naturalny. Większość przybyszów znika albo tworzy jedynie niewielkie populacje, ale od czasu do czasu jakiś gatunek naciera z ogromnym impetem i zaczyna sprawiać problemy.

Być może żaden jednak nie wkroczył na scenę równie widowiskowo jak kropkowany *Lycorma delicatula* – pluskwiak równoskrzydły (Hemiptera) z rodziny Fulgoridae (spotted lanternfly, latarnik plamisty), który w ciągu ostatniej dekady opanował miasta środkowego wybrzeża Atlantyku, pojawiając się tam w ogromnych ilościach. Większe zagrożenie gospodarcze stanowią na obszarach wiejskich – szczególnie dlatego, że poważnie uszkadzają winorośl. [Żerowanie szkodnika stwierdzono do tej pory na około 70 gatunkach roślin, głównie zdrewniałych. Latarnik plamisty zagraża m.in drzewom owocowym. W Unii Europejskiej *Lycorma delicatula* podlega obowiązkowi zwalczania – przyp. red.] Jednak nowe badania pokazują, że prawdopodobnie nie jest przypadkiem, iż równie dobrze radzą sobie w środowisku miejskim.

Dla Kristin Winchell, ekolog ewolucyjnej z New York University, pojawienie się tych pluskwiaków w Nowym Jorku w lipcu 2020 roku było szczęśliwym zbiegiem okoliczności. Chciała przetestować hipotezę zwaną antropogenicznie indukowaną adaptacją do inwazji (anthropogenically induced adaptation to invade): ideę mówiącą, że krajobrazy przekształcone przez ludzi na całym świecie – a miasta są najbardziej ekstremalnymi przykładami takich zmian – są pod względem ekologicznym bardziej podobne do siebie nawzajem niż do naturalnych ekosystemów. W związku z tym gatunki przystosowane do lokalnych obszarów miejskich mogą łatwiej dokonywać inwazji w odległych miastach.

Latarniki wydawały się prawdopodobnym przykładem takiego zjawiska. W Stanach Zjednoczonych po raz pierwszy wykryto je w 2014 roku, około godziny jazdy samochodem od centrum Filadelfii, a dziś ich ekspansja rozszerza coraz bardziej na sieć miast rozciągających się od Greensboro w Karolinie Północnej aż po Boston na północy i Detroit na zachodzie; pojedyncze obserwacje pochodzą nawet z tak odległych miejsc, jak Chicago, Cincinnati, Nashville i Atlanta.

Winchell wraz ze współpracownikami zebrała pstre latarniki z całego obszaru objętego inwazją, a także z miejskich i wiejskich lokalizacji w ich rodzimym Szanghaju, po czym przeanalizowała geny tych owadów. Potwierdziła, że amerykańska populacja tych owadów wywodzi się z jednego wprowadzenia gatunku – tak jak wcześniej podejrzewali naukowcy – co poskutkowało powstaniem charakterystycznego „wąskiego gardła" w różnorodności genetycznej. Szczegóły opisano w czasopiśmie „Proceedings of the Royal Society B".

Jeszcze bardziej interesujące było to, że naukowcy wykryli ślady dwóch wcześniejszych wąskich gardeł w populacji, która później rozprzestrzeniła się w Stanach Zjednoczonych – jednego sprzed około dekady, prawdopodobnie wywołanego pierwotną inwazją latarnika w Korei Południowej, oraz drugiego sprzed około 170 lat. To starsze wąskie gardło zbiegło się w czasie z urbanizacją Szanghaju.

Co więcej, badacze znaleźli kluczowe geny związane z toksynami u współczesnych latarników z Szanghaju, zebranych na terenach miejskich, ale nie u tych pochodzących z naturalnych lasów. Geny te mogły pomóc owadom zadomowić się w środowiskach miejskich na długo przed tym, zanim jakiekolwiek osobniki dotarły do Stanów Zjednoczonych.

„Fakt, że trafiły one do największego zwartego obszaru metropolitalnego

Neal McNeil/Getty Images

eprasa.pl 2eb30cef3b



To, że latarniki plamiste pokochały życie w miastach, to nie przypadek.

Gary Hershorn/Getty Images

eprasa.pl 2eb30cef3b

w USA, prawdopodobnie miał ogromne znaczenie dla ich szybkiego rozprzestrzenienia – mówi Winchell. – Jeśli wsiądziesz do pociągu w Baltimore i pojedziesz nim do Bostonu, po drodze znajdziesz bardzo wiele miejsc, w których możesz wysiąść i nadal będziesz w mieście. Daje to tym owadom znacznie więcej możliwości rozprzestrzeniania się w siedliskach, do których są przystosowane".

Inne badania wykazały, że w Stanach Zjednoczonych miejskie latarniki plamiste osiągają większe rozmiary niż te żyjące na obszarach wiejskich. Oznacza to, że mogą pokonywać większe odległości dzięki większym zapasom energii, mieć więcej potomstwa albo lepiej znosić wysokie temperatury – co świadczy, że ich ewolucja nadal szybko postępuje.

Historia latarników plamistych jest ostrzeżeniem, że biolodzy powinni zwracać uwagę na to, co dzieje się w miastach i innych miejscach silnie przekształconych przez człowieka, zanim rozpocznie się inwazja, mówi Julie Urban, biolog ewolucyjna z Pennsylvania State University, która nie brała udziału w analizie.

Urban specjalizuje się w grupie pluskwiaków, do której należą latarniki plamiste, i jest jedną z niewielu osób w USA, które badały te owady, zanim pojawiły się one w Stanach. Ponad 12 tys. opisanych gatunków skoczków i pokrewnych pluskwiaków na całym świecie cechują zdumiewające biologiczne osobliwości: u niektórych wyrasta z tyłu ciała kępka przypominających ogon woskowych wypustek; inne mają głowy ukształtowane jak orzech nerkowca albo jak długi nos ryjówki zakończony guziczkiem. (Najdziwniejszą cechą tych owadów może być to, że samice potrafią jakimś sposobem przekształcać swoją wewnętrzną anatomię tak, aby przekazać swój mikrobiom jajom, mówi Urban).

W naturze skoczki i pokrewne pluskwiaki są zazwyczaj trudne do znalezienia: Urban mówi, że nawet w miejscach, gdzie występują licznie, można zwykle znaleźć zaledwie parę osobników kilku gatunków. Trudno sobie to teraz wyobrazić w miastach, w których latarniki naprawdę rozwinęły skrzydła, a skupiska dorosłych owadów są niemożliwe do przeoczenia. Urban od ponad dekady obserwuje, jak te owady błyskawicznie zdobywają rozgłos. „To było bardzo dziwne doświadczenie, ale myślę, że właśnie dlatego czuję się w obowiązku, żeby pomagać – mówi. – To pierwsza obserwowana przeze mnie inwazja".

Mieszkańcy najbardziej dotkniętych przez latarniki plamiste miast nie mogą jednak powiedzieć tego samego. Weźmy choćby Nowy Jork, który dopiero od kilku lat zmaga się z obecnością tych owadów. Dziesięć lat wcześniej w Wielkim Jabłku pojawił się inny gatunek inwazyjny.

Mrówka, która początkowo otrzymała przydomek „ManhattAnt", zanim ostatecznie została zidentyfikowana jako europejski gatunek *Lasius emarginatus*, obecnie odpowiada za trzy na cztery kolonie mrówek w mieście, mówi Ellen van Wilgenburg, ekolog behawioralna z Fordham University.

ManhattAnt porusza się szybko, dobrze się wspina i toleruje gorące miejskie ulice, a wszystkie te cechy pozwoliły jej wyprzeć rodzime miejskie mrówki – przy czym większość mieszkańców miasta nawet tego nie zauważyła. „Nie wzbudzają żadnego zainteresowania, bo mrówki nikogo nie obchodzą" – mówi van Wilgenburg. Nawet naukowcy nie nadążają za tym zjawiskiem: istnieje zaledwie kilka publikacji badających ten gatunek, w porównaniu z dziesiątkami artykułów poświęconych latarnikom.

Zdaniem Winchell status celebrytów, jaki zdobyły latarniki, może więc okazać się dobrodziejstwem dla nauki o gatunkach inwazyjnych, szczególnie w miastach. „Myślę, że mogą stać się modelowym systemem pozwalającym naprawdę zrozumieć, jak dochodzi do inwazji, jak gatunki stają się endemiczne oraz jak wchodzą w interakcje z rodzimymi środowiskami" – mówi. *Meghan Bartels*

ASTRONOMIA

Gwiezdny karawan

Słońce przemierzało Drogę Mleczną wraz z tysiącami innych gwiazd

NASZE SŁOŃCE NARODZIŁO SIĘ 4,6 mld lat temu w pobliżu zatłoczonego centrum Drogi Mlecznej, a następnie przebyło około 10 tys. lat świetlnych, docierając do spokojnych peryferii, które zajmuje obecnie. Dwie niedawno opublikowane prace na łamach „Astronomy & Astrophysics" dowodzą jednak, że Słońce nie odbyło tej podróży samotnie.

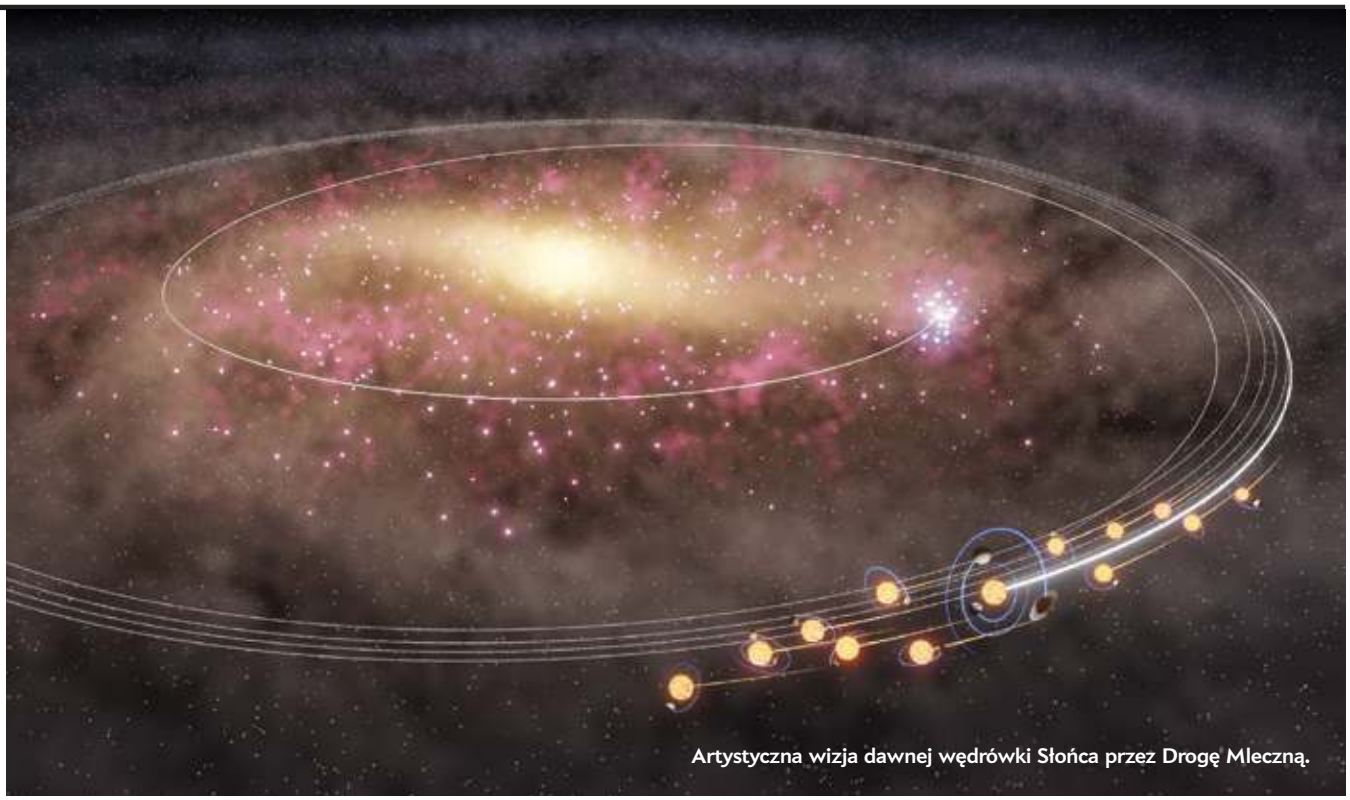
„Ślady wędrówki można odnaleźć w składzie chemicznym Słońca – mówi astronom Daisuke Taniguchi z Tokyo Metropolitan University, współautor obu badań. – Astronomowie wiedzą, że miejsce narodzin Słońca znajdowało się bliżej jądra Galaktyki niż jego obecna pozycja." W gęsto upakowanych wewnętrznych obszarach Drogi Mlecznej gwiazdy powstawały szybciej, a ciężkie pierwiastki gromadziły się znacznie wcześniej niż na jej obrzeżach. Gwiazda o wieku i składzie chemicznym takim, jak Słońce, nie mogłaby więc uformować się tam, gdzie znajduje się obecnie. Aby jednak dotrzeć do obecnego położenia, musiała pokonać wyjątkowo trudną przeszkodę.

Obserwacje Drogi Mlecznej ujawniły istnienie olbrzymiej, obracającej się struktury przypominającej poprzeczkę, złożonej z gazu, pyłu i milionów gwiazd, przecinającej centralną część naszej Galaktyki. Struktura ta wywołuje charakterystyczne zjawisko grawitacyjne zwane barierą korotacji, która utrudnia gwiazdom z wewnętrznych rejonów przemieszczanie się ku zewnętrznym obszarom Galaktyki. Symulacje komputerowe wskazują, że zaledwie około 1% gwiazd narodzonych w przypuszczalnym miejscu powstania Słońca mogłoby w ciągu 4,6 mld lat pokonać tę barierę i dotrzeć do naszego obecnego galaktycznego sąsiedztwa. Jednak Taniguchi i jego współpracownicy odkryli, że udało się to tysiącom tzw. bliźniaków Słońca – gwiazd o masie i zawartości ciężkich pierwiastków bardzo podobnych do naszej gwiazdy.

Aby sporządzić katalog tych gwiezdnych migrantów, badacze wykorzystali dane z europejskiego satelity Gaia, obserwatorium Europejskiej Agencji Kosmicznej śledzącego położenie, ruch i widmo światła ponad dwóch miliardów gwiazd. W promieniu około tysiąca lat świetlnych od Ziemi zidentyfikowali 6594 bliźniaki Słońca.

Kiedy naukowcy przeanalizowali rozkład wieku tych gwiazd, zauważyli dwa wyraźne maksima. Pierwsze stanowiła

eprasa.pl 2eb30cef3b



Artystyczna wizja dawnej wędrówki Słońca przez Drogę Mleczną.

NAOJ

wąska grupa gwiazd liczących około 2 mld lat, które najprawdopodobniej powstały lokalnie. Drugie było znacznie szersze i obejmowało liczną populację gwiazd mających od 4 do 6 mld lat – w tym także nasze Słońce.

„To liczna populacja gwiazd, które przemieściły się z miejsca swoich narodzin do obecnej lokalizacji" – uważa Taniguchi.

Alice C. Quillen, fizyczka i astronom z University of Rochester, która nie uczestniczyła w badaniach, zwraca jednak uwagę, że szerokie maksimum odpowiadające bliźniakom Słońca może być artefaktem wynikającym z metody doboru próby, a więc jedynie statystyczną iluzją. „Próba jest ograniczona odległością i w większości obejmuje gwiazdy, które zdążyły dotrzeć do okolic Układu Słonecznego" – mówi Quillen. Jej zdaniem może to faworyzować starsze gwiazdy poruszające się po bardziej wydłużonych orbitach. Młodsze gwiazdy, krążące po orbitach bliższych kołowym, nie miałyby jeszcze czasu, aby znaleźć się w naszym sąsiedztwie.

Taniguchi odpowiada jednak, że jego zespół uwzględnił możliwość takiego błędu i nie stwierdził istotnego wpływu wieku na rozkład kształtów orbit wśród bliźniaków Słońca. proponują inne wyjaśnienie – bariera korotacji nie zatrzymała migracji Słońca i towarzyszących mu gwiazd, ponieważ w czasie ich wędrówki nie była jeszcze w pełni ukształtowana. Co więcej, sugeruje Taniguchi, formująca się galaktyczna poprzeczka mogła wręcz przyspieszyć migrację, zamiast ją hamować. Słońce i tysiące jego bliźniaków mogły zostać wypchnięte ku zewnętrznym obszarom Drogi Mlecznej przez połączone oddziaływanie grawitacyjne rodzącej się poprzeczki, spiralnych ramion Galaktyki, a najprawdopodobniej także bliskich przejść niedalekiej galaktyki SagDEG (karłowatej galaktyki eliptycznej w Strzelcu, Sagittarius Dwarf Elliptical Galaxy).

Rosemary Wyse, astrofizyczka z Johns Hopkins University, która również nie brała udziału w badaniach, uważa argumentację autorów za przekonującą. Dodaje jednak, że – jak sami badacze przyznają – dokładny przebieg wydarzeń i ich skala czasowa nadal pozostają niepewne.

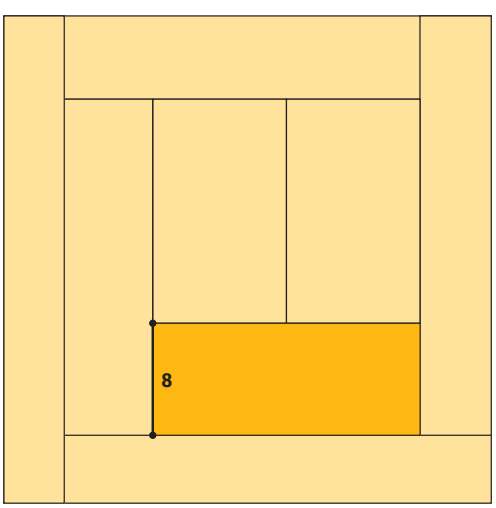
„Dziedzina badań nad dynamiką galaktyk sama jest bardzo dynamiczna" – podsumowuje Wyse. *Jacek Krywko*

ZAGADKA MATEMATYCZNA

Długość wyzwaniem

KWADRAT PODZIELONO na osiem prostokątów o jednakowych polach równych liczbom całkowitym. Szerokość prostokąta oznaczonego na rysunku wynosi 8. Jaka jest długość boku kwadratu?

Rozwiązanie zagadki matematycznej na stronie 76.



Spektrum der Wissenschaft

eprasa.pl 2eb30cef3b





Piętnastometrowy wodospad Luvilombo Falls to wyzwanie dla maleńkich rybich wspinaczy z gatunku *Parakneria thysi.*

BIOLOGIA

Maleńcy wspinacze

Ryba wielkości makaronu ziti wędruje w górę wysokiego wodospadu

ŚWIAT WIWATOWAŁ, gdy Alex Honnold wspiął się bez zabezpieczeń na 508-metrowy wieżowiec w Tajpej. Zbierz się teraz, kapryśna publiczności, aby oklaskiwać nowego mistrza wspinaczki bez asekuracji: rybę z gatunku *Parakneria thysi,* wielkości mniej więcej makaronu ziti, która potrafi pokonać wodospad ponad 15-metrowej wysokości.

Podczas wielkich powodzi tysiące tych maleńkich ryb gromadzą się przy wodospadzie Luvilombo w górnej części dorzecza Konga, aby podjąć osobliwą pionową migrację, opisaną po raz pierwszy na łamach czasopisma „Scientific Reports".

O zachodzie słońca ryby przesuwają się do strefy rozpryskującej się wody – wilgotnych obszarów po obu stronach głównego nurtu wodospadu – i przyciskają płetwy płasko do pionowej ściany skalnej. Płetwy pokrywają struktury, które główny autor badania, Kiwele Mutambala Pacifique doktorant na Uniwersytecie w Lubumbashi w Demokratycznej Republice Konga, nazywa *petit crochet* (po francusku „małe haczyki"). Te mikroskopijne, jednokomórkowe struktury zapewniają rybie przyczepność, wyjaśnia.

Następnie, dzięki ruchom ogona, „ryba jakby pływała, ale w pionie – mówi. – To przekracza wyobraźnię".

Jak tak mała ryba może pokonać pionową odległość, która w proporcji do jej rozmiarów jest o 50% większa niż wysokość wieżowca zdobytego przez Honnolda? W tym przypadku – robiąc bardzo wiele przerw. Rybki przemieszczają się ku górze krótkimi zrywami, przeplatanymi krótkimi odpoczynkami trwającymi mniej niż minutę oraz dłuższymi przerwami, około godzinnymi, kiedy tylko dotrą do półki skalnej, na której mogą oprzeć swoją rybią głowę. Cała podróż zajmuje około 10 godzin i „większość tego czasu to w rzeczywistości odpoczynek", mówi Emmanuel Vreven, ichtiolog z Królewskiego Muzeum Afryki Środkowej w Belgii i współautor nowej publikacji. „Niektóre ryby spadają podczas wspinaczki i muszą zaczynać od początku".

Jasne jest, że rybki są niezwykle zmotywowane do wspinania się; naukowcy nie wiedzą jednak dokładnie, dlaczego. Nie mają pewności, czy ta podróż pomaga rybom unikać drapieżników u podnóża wodospadu, czy też służy poszukiwaniu partnera albo pożywienia w górnym biegu rzeki.

To „wspaniałe" obserwować rybę wykorzystującą takie „zwiększacze tarcia", jak te haczyki, do przywierania i wspinania się – mówi Adam Summers, biolog z University of Washington, badający niezwykłe przystosowania ryb, który nie brał udziału w badaniu. Inne gatunki, takie jak jego wieloletni ulubieńcy – ryby z rodziny taszowatych (Cyclopteridae) – wykorzystują przyssawki do przyczepiania się do skał. (Co ciekawe, w kwietniowym numerze „Scientific American" z 1913 roku znalazł się artykuł o południowoamerykańskim sumie, który w podobny sposób wykorzystywał przyssawki). Sztuczka oparta na tarciu działa jednak najprawdopodobniej tylko dlatego, że *Parakneria thysi* są tak małe. Autorzy badania zauważyli bowiem, że większe osobniki zostają w tyle przy wodospadzie Luvilombo.

Badacze mają nadzieję, że niezwykłe zdolności tych ryb przyczynią się do rozwoju ekoturystyki związanej z afrykańską fauną. Turyści wybierający się na safari zbyt często skupiają się wyłącznie na „Wielkiej Piątce" – lwach, lampartach, nosorożcach, słoniach i bawołach. „Ale również wśród małych ryb można zobaczyć rzeczy zdumiewające" – mówi Vreven.

Elizabeth Anne Brown

Kiwele Mutambala Pacifique

eprasa.pl 2eb30cef3b

MATEMATYKA

Fraktalna geografia

Naukowcy skatalogowali „fraktalność” 130 tys. wysp

W 1967 ROKU MATEMATYK Benoit Mandelbrot zauważył, że długości linii brzegowej Wielkiej Brytanii nie da się jednoznacznie zmierzyć – jej obwód staje się coraz dłuższy, im dokładniej próbujemy go wyznaczyć. Termin „fraktal” Mandelbrot ukuł jednak dopiero po ośmiu latach od tego spostrzeżenia. Fraktal to kształt zawierający mniejsze części podobne do większej całości, które ujawniają się podczas powiększania obrazu, tworząc nieskończony i nieskończenie złożony wzór powtórzeń. Okazuje się, że tzw. paradoks linii brzegowej, który zaobserwował Mandelbrot, jest jednym z wielu znanych przykładów fraktali występujących w geografii Ziemi. Jednak niedawne badania wykazały, że linie brzegowe mogą być w rzeczywistości znacznie mniej fraktalne, niż dotychczas sądzono.

W pracy opublikowanej w serwisie preprintów arXiv.org i zaakceptowanej do publikacji w czasopiśmie „Geophysical Research Letters” autorzy połączyli dane geograficzne dotyczące ponad 130 tys. wysp na Ziemi. Analiza wykazała, że choć lądy rzeczywiście zachowują się pod pewnymi względami jak fraktale, stopień tego podobieństwa – ich wymiar fraktalny – zależy od tego, którą cechę geometryczną wyspy rozpatrujemy. Jak ustalili badacze, linie brzegowe zajmują pod tym względem ostatnie miejsce (za takimi cechami, jak na przykład wysokość terenu). Według Matthew Oline’a, matematyka z University of Chicago i głównego autora badania, odkrycie to odbiega od obecnych modeli fraktalnych opisujących powierzchnię Ziemi.

Wymiar fraktalny jakiegoś kształtu określa, jak bardzo ten kształt można powiększać, zachowując powtarzalność wzoru fraktalnego. Linia brzegowa wyspy o niskim wymiarze fraktalnym może wyglądać niemal całkowicie gładko, podczas gdy linia brzegowa o wysokim wymiarze fraktalnym pozostaje wyraźnie postrzępiona i złożona nawet przy coraz większych powiększeniach. Pojęcie to odnosi się również do innych cech geometrycznych wysp, takich jak rozkład ich rozmiarów, wysokość czy objętość. Na przykład małe wyspy występują znacznie częściej niż duże – ten wzorzec złożoności sprawia, że także rozkład wielkości ziemskich wysp ma charakter fraktalny. W typowych modelach powierzchni Ziemi zakłada się, że wszystkie cechy skalują się zgodnie z tym samym wymiarem fraktalnym.

Oline odkrył jednak, że niektóre właściwości wysp zachowują szczegółowość fraktalną przy znacznie większych powiększeniach niż inne. Jak podkreśla, sam wynik nie jest szczególnie zaskakujący, ponieważ istniejące modele fraktalne są raczej „modelami zabawkowymi” niż dokładnym odwzorowaniem rzeczywistej Ziemi. Nieoczekiwana okazała się natomiast ogromna różnica pomiędzy wymiarami fraktalnymi poszczególnych cech geometrycznych – zwłaszcza zaskakująco gładkich linii brzegowych. „Paradoks linii brzegowej jest tym, o którym ludzie słyszeli najczęściej, ale w rzeczywistości linie brzegowe są najgładszą cechą, jaką tutaj obserwujemy” – mówi Oline. Wynik ten jest zgodny z przypuszczeniem, że procesy takie, jak sedymentacja i erozja, redukują złożoność linii brzegowej bardziej niż na przykład szczytów górskich.

Andreas Baas, geomorfolog z King’s College London, który nie uczestniczył w badaniu, również był zaskoczony tym, jak gładkie okazały się linie brzegowe w porównaniu z wcześniejszymi szacunkami. Jego zdaniem zastosowana przez autorów metoda obliczania wymiarów fraktalnych była „bardzo rygorystyczna”, jednak ostrożniej podchodzi on do interpretowania znaczenia zaobserwowanych różnic. Jak twierdzi, hipoteza zaproponowana przez autorów otwiera „nowe kierunki badań”, które mogą pomóc wypełnić istniejące luki pomiędzy badaniami dotyczącymi linii brzegowych a modelami opisującymi powierzchnię Ziemi. „Interesujące byłoby połączenie tych modeli, aby sprawdzić, czy potrafią odtworzyć obserwowane zależności fraktalne” – mówi.

Alex Music



jk78/Getty Images

Skomplikowane linie brzegowe są w rzeczywistości mniej „fraktalne”, niż myślano.

eprasa.pl 2eb30cef3b

GEOLOGIA

Wczesne ruchy płyt

Naukowcy znaleźli najstarszy dotąd znany bezpośredni dowód aktywności tektonicznej

RUCHY PŁYT TEKTONICZNYCH KSZTAŁTUJĄ nasz świat, wpływając na skład atmosfery Ziemi, ochronne pole magnetyczne planety, a być może nawet na rozwój życia. Teraz badacze przedstawili przekonujące dowody, że jakaś forma tektoniki płyt mogła rozpocząć się już 3,48 mld lat temu – tak wynika z badań opublikowanych w „Science".

Wykorzystując ślady magnetyczne zachowane w pradawnych fragmentach skorupy ziemskiej, naukowcy odkryli, że część obszaru dzisiejszej Australii Zachodniej przesuwała się w kierunku magnetycznego bieguna północnego przez kilka milionów lat, podczas gdy część dzisiejszej Afryki Południowej pozostawała nieruchoma. Jest to najwcześniejszy udokumentowany przypadek względnego ruchu płyt tektonicznych, starszy o ponad pół miliarda lat od poprzednich dowodów. Odkrycie to ma znaczenie dla zrozumienia początków życia na Ziemi oraz tego, jak rozpoczęła się aktywność tektoniczna naszej planety. (Autor tego tekstu uczestniczył w zeszłorocznym sezonie terenowym zespołu badawczego.)

Współczesna Ziemia przypomina układankę złożoną z gigantycznych fragmentów skorupy, które przemieszczają się po powierzchni planety, zderzając się ze sobą niczym ogromne samochodziki zderzaki (bumper cars). W wyniku tych kolizji wypiętrzają się pasma górskie, a na obrzeżach płyt materiał skalny ponownie się topi i wraca do postaci magmy.

Cała ta aktywność, nazywana tektoniką płyt, wydaje się zjawiskiem unikalnym w naszym Układzie Słonecznym. Uważa się, że sąsiednie planety skaliste mają jednolitą, ciągłą i sztywną skorupę. Nikt jednak nie wie dokładnie, kiedy ani w jaki sposób tektonika płyt rozpoczęła się na naszym globie. „To jedno z najbardziej fundamentalnych pytań nauk o Ziemi" – mówi współautor badania Roger Fu, paleomagnetyk z Harvard University. Geolodzy wykorzystują różne narzędzia do badania stanu ziemskiej skorupy na przestrzeni dziejów, ale złotym standardem są dowody względnego ruchu – sytuacji, w której jeden fragment skorupy oddala się od drugiego lub do niego zbliża. Kluczem do takich badań jest ziemskie pole magnetyczne, generowane przez ruchy zachodzące w jądrze planety.

Jak każdy magnes, Ziemia ma magnetyczny biegun północny i południowy, które w przybliżeniu pokrywają się z biegunami geograficznymi. Bieguny te zamieniają się miejscami w nieregularnych odstępach czasu; ostatnie takie odwrócenie nastąpiło około 780 tys. lat temu. (Obecnie magnetyczna północ Ziemi znajduje się technicznie na półkuli południowej). Kierunek i nachylenie linii pola magnetycznego rozciągających się między biegunami zostają utrwalone w stopionej skale podczas jej krzepnięcia blisko powierzchni planety. Dzięki temu dostarczają wskazówek dotyczących położenia dawnych skał.

Aby odnaleźć takie ślady, zespół przeanalizował próbki skalne pochodzące z odległych regionów Australii Zachodniej i Afryki Południowej. Regiony te zawierają jedne z najstarszych kratonów na Ziemi – stabilnych fragmentów skorupy, które przetrwały miliardy lat procesów zgniatania, topienia i deformacji i stanowią podstawowe elementy budujące kontynenty. Magnetyczny zapis zachowany w warstwach skalnych pokazuje, że fragment kratonu w Australii się przemieszczał, podczas gdy część kratonu w Afryce Południowej pozostawała nieruchoma. Taki ruch jest ekscytujący, ponieważ „świadczy o istnieniu granicy płyt między tymi dwoma kratonami", mówi Michael Brown, emerytowany geolog



PSYCHOLOGIA

Zakłócające wysokie IQ

Kwestionariusze mające na celu pomiar poziomu depresji mogą się nie sprawdzać w przypadku osób wybitnie inteligentnych

PSYCHOLOGOWIE ODKRYLI, że dwa powszechnie stosowane kwestionariusze służące do oceny depresji nie nadają się do porównywania osób o różnym poziomie inteligencji – a problem ten może dotyczyć również innych cech i zaburzeń.

W niedawnym badaniu opublikowanym w czasopiśmie „Intelligence" Stanisław K. Czerwiński z Uniwersytetu Gdańskiego wraz ze współpracownikami analizował zależność między inteligencją a zdrowiem psychicznym. Naukowcy postawili hipotezę, że związek między inteligencją a lepszym zdrowiem psychicznym jest początkowo dodatni, gdy zbliżamy się do wysokich wartości IQ, lecz na samym szczycie skali staje się ujemny.

Badacze przeanalizowali dane z dwóch amerykańskich badań ankietowych, które śledziły losy tysięcy osób przez dziesięciolecia. Do oszacowania IQ wykorzystano w nich test uzdolnień mierzący zdolności matematyczne i językowe. W każdym badaniu zastosowano inną, dobrze ugruntowaną skalę zdrowia

Ilustracja Chiara Morra

eprasa.pl 2eb30cef3b

z University of Maryland, który nie uczestniczył w badaniu. Wielu naukowców zgadza się, że wyniki tego badania prawdopodobnie wyznaczają najdalszy punkt w przeszłości, do którego jesteśmy w stanie sięgnąć w przypadku takich obserwacji, ponieważ z pierwszego miliarda lat historii Ziemi zachowało się bardzo niewiele nienaruszonych skał. „To tak, jakby mieć 1000-elementowy puzzle, ale dysponować tylko 35 elementami" – mówi Brown. Jak dodaje, sam względny ruch nie mówi dokładnie, co działo się w tamtym okresie, ale pozwala nałożyć nowe ograniczenia na modele matematyczne wykorzystywane do odtwarzania dziejów młodej Ziemi.

Oprócz dowodów względnego ruchu tektonicznego Fu i jego współpracownicy znaleźli również ślady najstarszego znanego odwrócenia biegunów magnetycznych Ziemi, które nastąpiło około 3,46 mld lat temu. Łącznie wyniki badania „pokazują, że Ziemia zachowywała się bardzo podobnie jak to, co obserwujemy obecnie", twierdzi Jun Korenaga, geofizyk z Yale University, który nie brał udziału w projekcie.

Badany przez zespół kraton Australii Zachodniej zawiera najstarsze potwierdzone struktury pozostawione przez organizmy jednokomórkowe, datowane na około 3,48 mld lat temu. Znajomość szerokości geograficznej, na której znajdowały się te skały w tamtym czasie, może pomóc badaczom lepiej zrozumieć warunki środowiskowe, w których rozwijało się wczesne życie. Z kolei ustalenie, jaki rodzaj tektoniki działał w tamtym okresie, może pomóc określić, jak powstała współczesna tektonika płyt. Jeżeli uda się ustalić, jak wyglądały najwcześniejsze procesy tektoniczne na Ziemi, naukowcy będą mogli rozpocząć poszukiwania podobnych zjawisk także na innych planetach.

„Na jakiej planecie po raz pierwszy pojawiło się życie?" – zastanawia się Fu. Jak dodaje, odpowiedź na to pytanie „ma znaczenie dla oceny, jak powszechne może być życie we Wszechświecie".

Marissa Grunes



Alec Brenner/Harvard University/Yale University

Odsłonięcie lawy poduszkowej sprzed 3,5 mld lat.

psychicznego zawierającą pytania dotyczące takich kwestii, jak nastrój, sen czy apetyt.

Dane ujawniły zależność, której oczekiwali badacze: najwyższe poziomy inteligencji wydawały się wiązać z pogorszeniem zdrowia psychicznego. Potem jednak naukowcy natrafili na problem. Aby upewnić się, że wyniki są wiarygodne, przeprowadzili testy statystyczne sprawdzające, czy stosowane miary zdrowia psychicznego działają w ten sam sposób u osób o różnym poziomie inteligencji. Między innymi obliczali, czy odpowiedzi na poszczególne pytania odzwierciedlają depresję w takim samym stopniu u wszystkich badanych. Obie skale nie przeszły tego testu, co oznacza, że nie można ich używać do porównywania osób o różnym poziomie inteligencji – a wnioski takie, jak te przedstawione w badaniu, nie mogą być uznane za wiarygodne.

Odkrycie podważa wcześniejsze badania wykorzystujące te narzędzia bez uwzględnienia inteligencji i sugeruje, że przesiewowe badania depresji przeprowadzane w gabinetach lekarskich mogą być obarczone błędami.

„Wyobraźmy sobie, że mierzymy wzrost, ale nasza linijka jest zrobiona z masy plastycznej Silly Putty, więc jej długość praktyczne bez przerwy się zmienia – mówi Nicole Beaulieu Perez, pielęgniarka psychiatryczna z New York University, która nie brała udziału w badaniu, a zajmuje się nierównościami w opiece psychiatrycznej oraz oceną depresji. – Skąd mamy więc wiedzieć, jak wysocy są mierzeni ludzie?"

Badanie nie pokazuje, co dokładnie powoduje ten efekt, ale Czerwiński nie jest nim zaskoczony. „Kwestionariusze wymagają dużej dozy interpretacji zarówno pytań, jak i odpowiedzi – mówi. – Osoby bardzo inteligentne mogą inaczej myśleć o zdrowiu psychicznym, a być może także inaczej doświadczać objawów."

Aby lepiej oceniać depresję w grupach ludzi o zróżnicowanej inteligencji lub porównywać grupy, które mogą różnić się pod względem inteligencji, badacze będą potrzebowali lepszych narzędzi. Naukowcy twierdzą, że nowe podejścia mogłyby obejmować cyfrowe monitorowanie snu i innych aktywności albo „pobieranie próbek doświadczeń" (experience sampling), w którym uczestnicy badań są pytani o swoje samopoczucie w losowych momentach, zamiast dokonywać interpretacji swoich odczuć po fakcie.

W odrębnym badaniu Perez wykazała niedawno, że dowody potwierdzające, iż skale depresji zachowują swoją trafność w odniesieniu do innych cech, takich jak płeć czy kultura, są niewystarczające. „Depresja jest jednym z najczęściej mierzonych konstruktów w nauce, a mimo to mamy problem z jej pomiarem" – mówi.

Badanie objęło jedynie dwie skale zdrowia psychicznego, ale zdaniem Czerwińskiego problem jest prawdopodobnie znacznie bardziej rozpowszechniony tam, gdzie stosuje się skale depresji. Naukowcy testują obecnie metody oceny innych zmiennych psychologicznych. Jak mówi Czerwiński, podobne wyniki uzyskali już w przypadku samotności, a obecnie analizują także narzędzia do pomiaru cech osobowości."

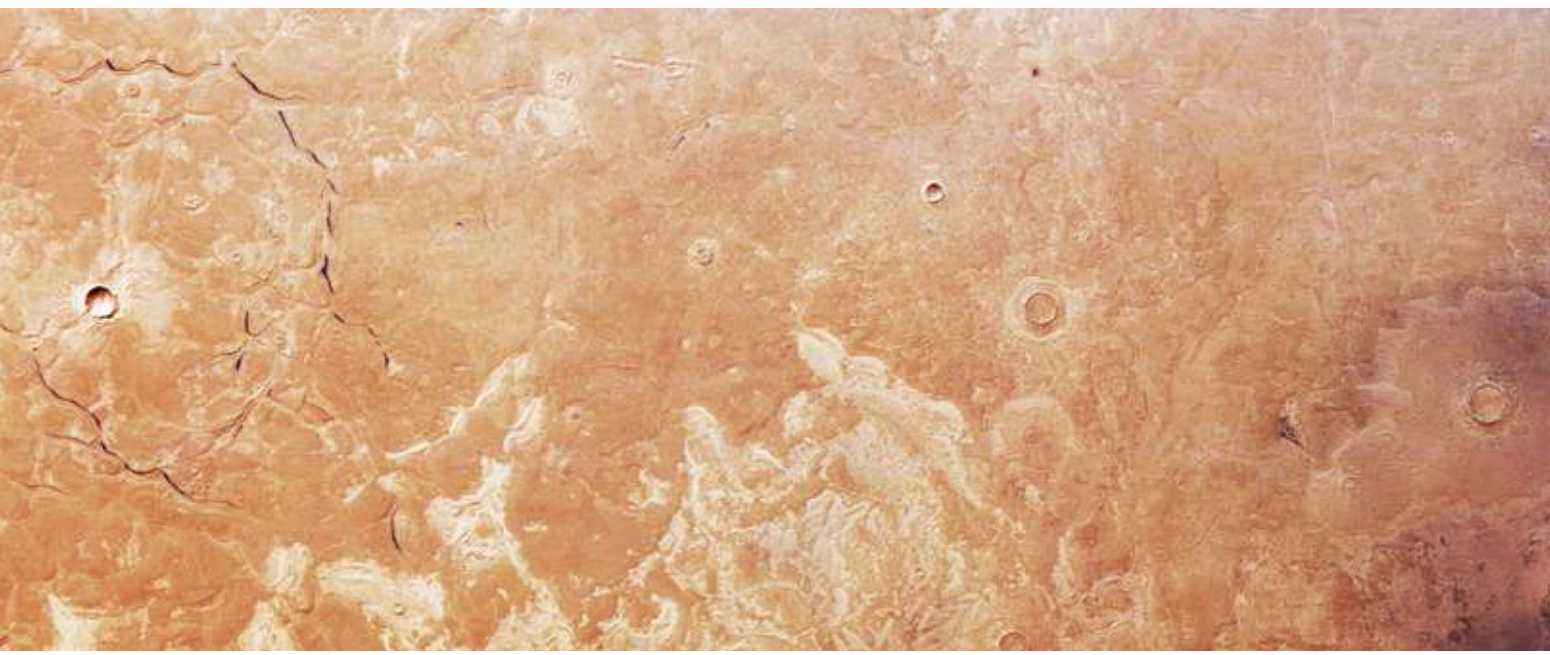
Simon Makin

eprasa.pl 2eb30cef3b

NAUKA W OBRAZACH

Ciemniejący Mars

Po Czerwonej Planecie szybko rozprzestrzeniają się tajemnicze mroczne fale



POPIÓŁ WULKANICZNY pełznie po powierzchni Marsa z zaskakującą prędkością.

Misja Mars Express Europejskiej Agencji Kosmicznej opublikowała niezwykłą fotografię wykonaną z orbity (*poniżej*), ukazującą zaskakujące zmiany w basenie Utopia Planitia na Marsie, który uważa się za miejsce, gdzie niegdyś dawno temu znajdowało się morze. Zdjęcie, wykonane przez kamerę stereoskopową o wysokiej rozdzielczości sondy Mars Express, przedstawia dwa sąsiadujące ze sobą krajobrazy – jasny i ciemny. Pierwszy z nich jest utworzony przez współczesny piasek marsjański rdzawego koloru, natomiast drugi zabarwiony jest przez minerały wulkaniczne pochodzące z dalekiej przeszłości planety.

Porównanie tego obszaru z ujęciami tego samego fragmentu zarejestrowanymi przez należące do NASA orbitery Viking w 1976 roku ujawnia uderzające

ETOLOGIA

Nie liczmy na Mruczka

Koty, w przeciwieństwie do małych dzieci i psów, pomogą ci tylko wtedy, gdy będą w tym widzieć swój interes

WEDŁUG POPKULTURY, jeśli utkniesz na dnie studni, Lassie sprowadzi ratunek. Ale jeśli twoim towarzyszem będzie Garfield, lepiej żebyś miał w kieszeni lasagne. Badania wskazują, że tego rodzaju stereotypy nie są całkowicie bezpodstawne.

Naukowcy porównali zachowanie 19 dzieci w wieku od 16 do 24 miesięcy, 38 niewyszkolonych psów domowych oraz 22 kotów. Zadali proste pytanie: kto spontanicznie zareaguje, gdy dorosły będzie potrzebował pomocy? W eksperymencie dobrze znana badanemu opiekunka lub opiekun – rodzic dziecka albo właściciel zwierzęcia – najpierw posługiwali się gąbką, po czym się odwracali. Następnie eksperymentator, na oczach badanego, chował gąbkę. Przeprowadzono trzy próby o stopniowo malejącym poziomie trudności. W pierwszej gąbka była poza zasięgiem badanych i przykryta, w drugiej pozostawała widoczna, ale nadal niedostępna, a w trzeciej można było po nią swobodnie sięgnąć. W każdej próbie człowiek udawał, że jej szuka, powtarzając: „Nie mogę jej znaleźć. Co mam zrobić?", nigdy jednak nie zwracając się bezpośrednio do dziecka ani zwierzęcia.

„Badanie dotyczyło szerszego problemu zachowań prospołecznych – dlaczego niektóre gatunki pomagają innym, a inne nie – wyjaśnia współautorka pracy Melitta Csepregi, etolożka porównawcza badająca zachowanie zwierząt na Uniwersytecie im. Loránda Eötvösa (ELTE) na Węgrzech. – Aby lepiej to zrozumieć, porównaliśmy psy, koty i małe dzieci – trzy grupy żyjące obecnie blisko siebie, ale bardzo różniące się pod względem historii ewolucyjnej."

Jak opisano w czasopiśmie „Animal Behaviour", wszystkie trzy grupy poświęcały sytuacji podobną uwagę. Jednak dzieci i psy znacznie częściej wykazywały zachowania świadczące o próbie udzielenia pomocy: podchodziły do przedmiotu, wskazywały jego położenie albo przynosiły szukającemu. W ostatniej próbie ponad połowa psów i niemal połowa dzieci wskazała miejsce, gdzie znajdowała się gąbka, a niektóre dodatkowo ją przyniosły. Koty natomiast ani razu do niej nie podeszły i tylko sporadycznie wskazywały jej położenie.

Biolog poznawczy Ludwig Huber z Universität Wien, który nie uczestniczył w badaniu, uważa, że „autorzy dołożyli

eprasa.pl 2eb30cef3b

rozprzestrzenianie się tego ciemnego zabarwienia. Zmiany wyglądu Marsa zachodzą zazwyczaj w skali milionów, a nie dziesiątek lat, tymczasem nie po raz pierwszy obserwatorzy zaobserwowali przemieszczanie się na powierzchni Marsa osobliwych ciemnych fal.

Zdaniem planetologów, przyczyną obecnego poszerzania się obszarów ciemnej barwy mogą być silne wiatry występujące na tej planecie. Czy to poprzez roznoszenie po powierzchni osadów popiołu wulkanicznego z pradawnych erupcji, czy też poprzez zgarnianie pokrywających ją osadów i tym samym odsłanianie ukrytej skały magmowej, wichry zdołały zatrzeć granicę między yin a yang od czasu wykonania ostatniego zdjęcia.

Nowe zdjęcie uchwyciło również zacienione szczeliny i wgłębienia, które świadczą o tym, że pod powierzchnią planety wciąż kryją się duże ilości lodu wodnego, a także liczne kratery uderzeniowe otoczone szczątkami z czasów ich własnego eksplozywnego powstania.

Wystrzelona w 2003 roku sonda Mars Express ponad 20 lat później nadal dostarcza obrazów sąsiada Ziemi, a każde nowe zdjęcie stanowi kolejną wskazówkę przybliżającą nas do wyjaśnienia utrzymującej się do dziś zagadki dawnej, bardziej przypominającej ziemską, przeszłości Czerwonej Planety. *Joseph Howlett*

ESA/DLR/FU Berlin (Mars)





Yana Iskayeva/Getty Images

znacznych starań, aby wykluczyć alternatywne wyjaśnienia [motywacji psów], takie jak uwaga, kontakt wzrokowy, zainteresowanie przedmiotem czy przyzwyczajenie się do sytuacji". Wszystko wskazywało na to, że psy rzeczywiście próbowały pomóc.

Pozostało jednak jedno pytanie: czy koty nie pomagały dlatego, że nie rozumiały sytuacji, czy też dlatego, że brakowało im motywacji?

Aby to sprawdzić, badacze dodali jeszcze jedną próbę, w której zamiast gąbki ukrywano jedzenie albo ulubioną zabawkę zwierzęcia. Wówczas koty podchodziły do przedmiotu i wskazywały jego położenie równie często, jak psy i dzieci.

„To znakomite badanie dostarcza twardych danych pokazujących, że koty nie są złośliwe, lecz funkcjonują zgodnie z odmiennym systemem ukształtowanym przez ewolucję" – mówi etolożka Elisabetta Palagi z Università di Pisa we Włoszech, która również nie brała udziału w tych badaniach. Jak wyjaśnia, psy i małe dzieci są ewolucyjnie „zaprogramowane" tak, by traktować cudzy problem jak własny. Koty natomiast zachowały swoją niezależność: dobrze rozumieją sytuację, ale nie czują potrzeby interweniowania, chyba że same mogą odnieść z tego bezpośrednią korzyść. „To prawdziwi, niezwykle skuteczni specjaliści królestwa zwierząt." *Anirban Mukhopadhyay*

eprasa.pl 2eb30cef3b

POGODA KOSMICZNA

Poetycka zorza

Średniowieczni poeci dostarczają cennych opisów zjawisk występujących na Słońcu

PRZEZ TRZY KOLEJNE NOCE zimą 1204 roku na nocnym niebie nad Kioto na północnym i północno-wschodnim horyzoncie falowały czerwone i białe pasma. Obserwację tę częściowo odnotował japoński szlachcic i poeta Fujiwara Sadaie w swym dzienniku zatytułowanym *Meigetsuki* (Zapiski o jasnym księżycu).

„Była to zorza polarna, a trwające trzy dni zorze są niezwykle rzadkie" – mówi Hiroko Miyahara, fizyczka z japońskiego Instytutu Nauki i Techniki na Okinawie. Aby poznać przebieg zdarzeń na Słońcu, które wywołały te zorze, Miyahara i jej współpracownicy poszukiwali charakterystycznych skoków składu izotopowego utrwalonych w słojach drzew z XIII wieku, czerpiąc wskazówki do swoich poszukiwań z literatury średniowiecznej. Wyniki ich badań opublikowano w czasopiśmie „Proceedings of the Japan Academy, Series B".

Podczas aktywnej fazy cyklu słonecznego na Słońcu dochodzi do wyrzutów masy koronalnej oraz wybuchów cząstek o energii sięgającej nawet 10 mld elektronowoltów. Gdy te strumienie o wysokiej energii uderzają w naszą atmosferę, wchodzą w interakcje z cząsteczkami powietrza, powodując barwne efekty świetlne, które nazywamy zorzą polarną. Inne reakcje chemiczne prowadzą do powstania rzadkich izotopów atomów, w tym węgla-14. Drzewa pochłaniają następnie ten promieniotwórczy izotop, utrwalając chemiczny „znacznik czasu" szalejącej na Słońcu burzy w swoich rocznych słojach. Ekstremalnie silne burze słoneczne w przeszłości uwidaczniają się jako ogromne skoki stężenia węgla-14 w słojach drzew, natomiast zdarzenia na mniejszą skalę są znacznie trudniejsze i bardziej czasochłonne do wykrycia, jeśli nie wiadomo, gdzie ich szukać.

Przeglądając wzmianki o zorzy polarnej w tekstach pochodzących z Azji i Europy, Miyahara i jej współpracownicy skupili się na latach 1196–1211. Ku ich zaskoczeniu, długotrwałe zorze polarne z 1204 roku nie pozostawiły odpowiadającego im skoku stężenia węgla-14. Zespół odkrył natomiast gwałtowny skok stężenia tego izotopu zaledwie kilka lat wcześniej, między rokiem 1200 a 1201, który odpowiadał opisom zorzy polarnej i plam słonecznych zawartym w tekstach chińskich i koreańskich. Naukowcy obliczyli, że skok ten został spowodowany zjawiskiem 14 razy potężniejszym aniżeli burza słoneczna z 23 lutego 1956 roku, która pozostaje najsilniejszą tego rodzaju burzą odnotowaną w epoce nowożytnej. „Gdyby coś takiego zdarzyło się dzisiaj, przysporzyłoby nam mnóstwa kłopotów" – mówi Miyahara – burze słoneczne o dużym natężeniu mogą wpływać na satelity, systemy łączności i sieć energetyczną.

Zdaniem Charlotte Pearson, dendrochronolożki – badaczki słojów drzew – z University of Arizona, która nie brała udziału w tych badaniach, praca ta „jest szczególnie cenna, ponieważ otrzymujemy dwa zestawy danych w cenie jednego – zyskujemy informacje zarówno o zdarzeniach na Słońcu, jak i cyklach słonecznych z dokładnością co do roku".



Czerwona zorza polarna nad Engaru na Hokkaido w Japonii

Tomohiro M. Nakayama (CC BY-NC)

eprasa.pl 2eb30cef3b



Ręczna kopia dziennika *Meigetsuki* z okresu Edo. Pokazana strona zawiera wzmiankę o „czerwonym świetle na północy nieba”.

Zespół Miyahary odkrył, że cykle słoneczne w XIII wieku były krótsze i trwały od siedmiu do ośmiu lat, a nie 11 lat jak te, które obserwujemy obecnie. Badacze ustalili również, że zdarzenie z lat 1200–1201 miało miejsce w momencie maksimum jednego z tych krótszych cykli aktywności. Podczas gdy potężne burze w okresie maksimum słonecznego są zjawiskiem oczekiwanym, analiza literatury ujawniła opisy wielu niezwykle silnych burz, które wystąpiły około minimum cyklu. Podobnie jak w przypadku obserwacji z *Meigetsuki*, zdarzenia te nie pozostawiły śladów w słojach drzew.

„Oznacza to, że musimy zwracać uwagę na potencjalnie znaczące zdarzenia na Słońcu nie tylko w okresach wysokiej aktywności, lecz i wtedy, gdy jest ona niska – mówi Brian Thomas, astrofizyk z Washburn University w Topeca w stanie Kansas, który również nie uczestniczył w tych badaniach. – Jakkolwiek nie jest to całkowicie nowa koncepcja, niniejszy artykuł ją potwierdza”.

Miyahara, która zamierza poszukiwać szczegółów dotyczących burz występujących w okresie minimum cyklu w swoich przyszłych pracach opartych na źródłach historycznych, dodaje: „To jest coś nieoczekiwanego i będziemy dalej badać, co na Słońcu mogło to spowodować”. *Jacek Krywko*

National Archives of Japan (księga)

BIOLOGIA

Ryżowe ucho

Rośliny reagują na odgłosy padającego deszczu

NA LUDZI odgłosy deszczu mogą działać kojąco, ale dla roślin miarowe bębnienie kropli to raczej nieprzyjemny poranny budzik. Gdy krople spadają na glebę lub powierzchnię wody, powstające wibracje są pod ziemią znacznie silniejsze niż na jej powierzchni. Nowe badania świadczą, że rośliny potrafią wykorzystać ten „sygnał pobudki”.

Jak wykazano w badaniu opublikowanym w „Scientific Reports”, odgłos padającego deszczu sprawia, że nasiona ryżu kiełkują szybciej, niż zrobiłyby to w innych warunkach. Zdaniem autorów są to pierwsze bezpośrednie dowody na to, że rośliny odbierają dźwięki ze swojego otoczenia i na nie reagują. Jest też prawdopodobne, że w podobny sposób zachowują się nasiona wielu innych gatunków roślin.

„To dość nietypowe, zaskakujące zjawisko, które mogło zostać odkryte tylko dzięki współpracy naukowców zajmujących się akustyką i badaczy roślin – mówi główny autor pracy Nicholas C. Makris, inżynier mechanik z Massachusetts Institute of Technology (MIT), prowadzący badania nad akustyką i metodami detekcji.

Od dawna naukowców zastanawia, jak wiele bodźców rośliny potrafią odbierać z otaczającego je świata. Istnieją przesłanki sugerujące, że mogą one „myśleć”, „widzieć”, „słyszeć”, a nawet wydawać dźwięki, jednak tylko wyjątkowo udało się dotąd zaobserwować wyraźny związek przyczynowo-skutkowy pokazujący, że rośliny reagują na bodźce środowiskowe w czasie rzeczywistym.

W nowym badaniu naukowcy skupili się na relacji między dźwiękiem a kiełkowaniem. Za odbieranie bodźców zewnętrznych u roślin odpowiadają struktury komórkowe zwane statolitami. Są to ziarenka skrobi otoczone błoną, które przemieszczają się i opadają na dno komórek roślinnych, pomagając roślinom wykrywać zmiany położenia i orientacji. Dzięki nim kiełkujące nasiona „wiedzą”, w którym kierunku powinny rozwijać korzenie.



Makris oraz współautorka pracy Cadine Navarro, będąca wówczas doktorantką urbanistyki na MIT, wysunęli hipotezę, że odgłosy deszczu rozchodzące się pod wodą mogą wywoływać tak silne drgania, by poruszać statolity i w ten sposób pobudzać nasiona ryżu do kiełkowania.

Naukowcy wystawili około 8 tys. zanurzonych w wodzie nasion ryżu – czyli znajdujących się w preferowanych przez nie warunkach wzrostu – na działanie odgłosów deszczu.

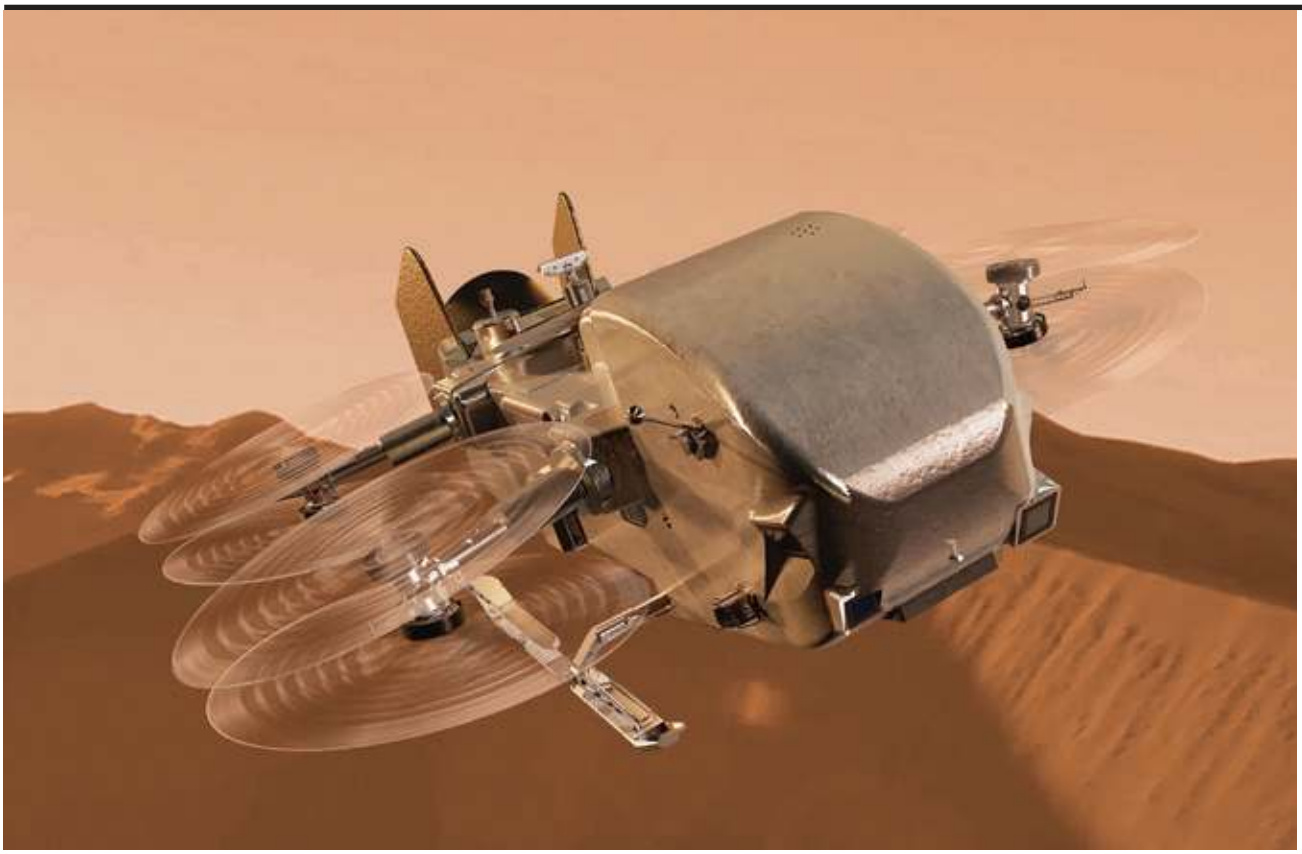
Okazało się, że pod wpływem tych dźwięków nasiona kiełkowały o 30–40% szybciej niż nasiona utrzymywane w ciszy, choć pod wszystkimi pozostałymi względami warunki były identyczne.

„Uważam, że ta praca stanowi naprawdę istotny krok naprzód w zrozumieniu, w jaki sposób rośliny reagują na energię akustyczną obecną w ich środowisku – mówi Heidi Appel, biolog z University of Houston, która nie brała udziału w badaniu. – To pierwsze badanie tego rodzaju, w którym wpływ drgań wywoływanych przez krople deszczu został zmierzony w tak staranny i realistyczny sposób.”

Badacze, w tym Appel oraz autorzy pracy, mają nadzieję, że wyniki te staną się dla kolejnych naukowców inspiracją do badania reakcji roślin na inne naturalne dźwięki. *K. R. Callaway*

Ilustracja Thomas Fuchs

eprasa.pl 2eb30cef3b



Wyprawa na Tytana

Kulisy misji na największy księżyc Saturna

PHIL PLAIT

W 2034 ROKU naukowcy NASA będą latać wokół Tytana. Oczywiście zdalnie – Tytan, największy księżyc Saturna, jest odległy ponad miliard kilometrów od Ziemi, a takiej podróży nie jest jeszcze w stanie odbyć żaden człowiek. Ponadto, ponieważ Tytan znajduje się tak daleko od Słońca, panuje na nim śmiertelny chłód. Jednakże nasze bezzałogowe statki mogą znieść ogromny ziąb i odbyć taką podróż, a tak się składa, że my, ludzie, osiągamy coraz większą biegłość w konstruowaniu przystosowanej do tego celu aparatury.

Nawet w porównaniu z najbardziej zaawansowanymi statkami kosmicznymi, które wysłano wcześniej do badania innych globów, misja Dragonfly (Ważka) jest niezwykle ambitna. Statek nie będzie ani lądownikiem, ani łazikiem – to helikopter, a dokładniej oktokopter, wyposażony w cztery pary wirujących śmigieł, które pozwolą mu poruszać się w mroźnej atmosferze gigantycznego księżyca. Zasilany i ogrzewany przez baterię jądrową, będzie badał Tytana w trakcie przewidzianej na trzy lata misji, analizując jego niezwykle zimną powierzchnię i atmosferę. Prowadzone będą nawet poszukiwania śladów życia pozaziemskiego – lub przynajmniej jego prekursorów.

Aby opisać Dragonfly, słowo „ambitny” może okazać się zbyt skromne.

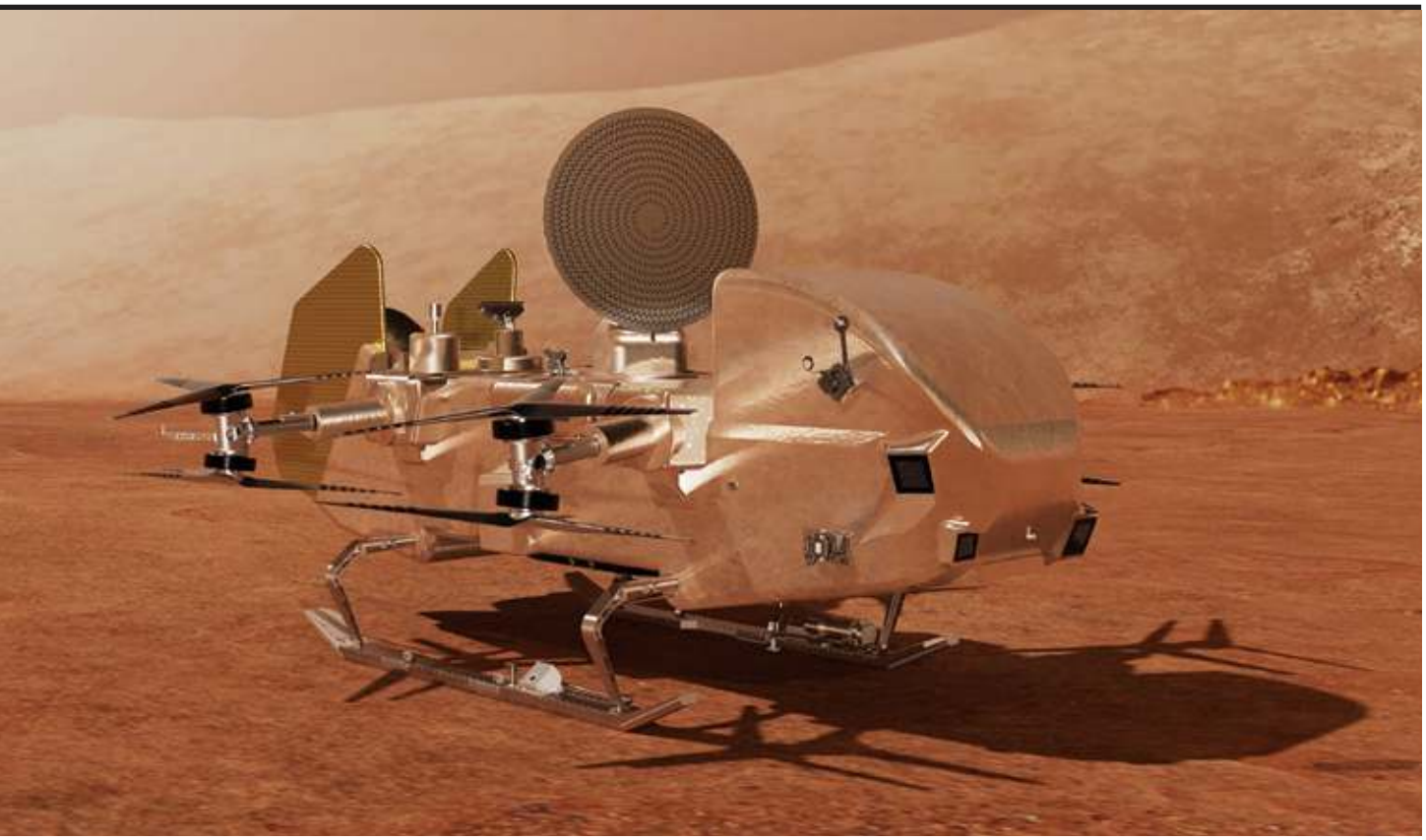
Phil Plait jest profesjonalnym astronomem i popularyzatorem nauki z Wirginii. Publikuje biuletyn „Bad Astronomy”. Można go śledzić na Beehiiv.

Tytan to świat, który zdecydowanie zasługuje na naszą uwagę. Ma średnicę około 5150 km, co czyni go drugim co do wielkości księżycem w Układzie Słonecznym (nieco większy jest tylko księżyc Jowisza – Ganimedes), i jest większy od Merkurego. Gdyby nie Saturn, moglibyśmy pokusić się o nazwanie Tytana samodzielną planetą. Jest to jedyny znany księżyc z gęstą atmosferą, a ciśnienie na jego powierzchni jest około 1,5 raza większe niż na Ziemi. Podobnie jak atmosfera ziemska, składa się ona głównie z azotu, choć zawiera niewielkie i istotnie różne od ziemskich ilości metanu i wodoru. To właśnie kriogeniczne zimno tego księżyca sprawia, że jest on naprawdę niezwykły: temperatura powierzchni Tytana wynosi około –180° C, więc jest tam nieco chłodniej niż na Ziemi – tak zimno, że woda ma tam tę samą twardość co ziemski granit.

A jednak, co wydaje się niewiarygodne, na powierzchni Tytana występuje ciecz. Nie jest to oczywiście woda; wysłana przez NASA sonda Cassini odkryła w pobliżu biegunów Tytana jeziora ciekłego metanu i etanu, z których niektóre są większe od Jeziora Górnego. Na Tytanie zachodzi cykl metanowy: ciekły metan wyparowuje z jezior, unosi się w kierunku otaczających je wyżyn, a następnie opada

NASA/Johns Hopkins APL/Steve Gribben (*po lewej i po prawej*)

eprasa.pl 2eb30cef3b



Artystyczna wizja sondy Dragonfly szybującej nad wydmami księżyca Saturna, Tytana (*z lewej*), oraz przygotowującej się do pobrania próbek i zbadania powierzchni miejsca lądowania (*z prawej*).

w postaci śniegu lub deszczu – który następnie topnieje i spływa rzekami z powrotem do jezior. Proces ten jest uderzająco podobny do cyklu wodnego, który ma tak kluczowe znaczenie dla życia na naszej ciepłej planecie.

Metan i etan to cząsteczki zawierające węgiel, co rodzi ważne pytanie: czy na Tytanie może istnieć życie? Co więcej, istnieją pewne przesłanki sugerujące obecność ciekłej wody głęboko pod powierzchnią, podobnie jak w przypadku wielu innych księżyców planet zewnętrznych. Być może są to jedynie małe, izolowane zbiorniki wody pośród ogromnego obszaru błota pośniegowego i lodu, ale możliwość istnienia życia nadal stanowi hipotezę wartą dalszego weryfikowania.

Prawie tak, jakby Tytan wzywał nas, abyśmy go badali. To bardzo kuszący cel dla planetologów. Jednakże, podobnie jak większość wartych realizacji przedsięwzięć, jest to trudne zadanie.

Kiedyś już jednak tam polecieliśmy – czyli da się to zrobić. Cudowna sonda Huygens, zbudowana przez Europejską Agencję Kosmiczną na potrzeby misji Cassini, wylądowała na Tytanie w 2005 roku; była wszelako dość nieduża i miała ograniczone możliwości oraz czas działania. Powtórzenie misji Huygens na większą skalę byłoby lepszym rozwiązaniem, ale nadal nieoptymalnym: podobnie jak na Ziemi, warunki na Tytanie zmieniają się gwałtownie od jednego miejsca do drugiego, więc byłaby wielka szkoda (a także przepadek efektów ciężkiej pracy), gdyby nie trafiło się na odpowiedni punkt. Łazik byłby jeszcze lepszym rozwiązaniem, ale teren na Tytanie jest zamglony, a wiele potencjalnych pułapek mogłoby łatwo unieruchomić każdy pojazd próbujący poruszać się po powierzchni.

Pozostaje więc tylko jedna opcja: latanie. Na pierwszy rzut oka może wydać się to absurdem: latanie nad odległym księżycem, oddalonym o ponad miliard kilometrów?

Ale to ma sens! Atmosfera jest na nim gęstsza niż na Ziemi, co zapewnia większą siłę nośną. Grawitacja na Tytanie wynosi zaledwie około 14% grawitacji naszej planety, co ułatwia oderwanie się od powierzchni. Dlaczego więc nie?

Znakomity zespół naukowców pracujący nad projektem Dragonfly wziął to wszystko pod uwagę. Dron nie jest mały: jego korpus ma około czterech metrów długości i jednego metra szerokości, jest węższy od rodzinnego sedana, ale mniej więcej tak samo długi. Jego masa wynosi 875 kg, więc na Ziemi waży prawie tonę, ale na Tytanie znacznie mniej. Jest wyposażony w cztery wirniki o szerokości 1,35 m, po jednym w każdym rogu, z których każdy ma dwie pionowo ułożone, przeciwbieżne łopaty, które zwiększają siłę nośną i zmniejszają moment obrotowy.

Na pokładzie znajduje się wiele instrumentów naukowych, w tym urządzenie do tworzenia map minerałów, spektrometr masowy służący do szczegółowej analizy składu chemicznego powierzchni (wraz z wiertłem do pobierania próbek), przyrząd do pomiarów meteorologicznych atmosfery oraz, oczywiście, kamera. Wszystkie te urządzenia będą zasilane przez Multi-Mission Radioisotope Thermoelectric Generator (wielozadaniowy radioizotopowy generator termoelektryczny), który przekształca ciepło rozpadu plutonu w energię elektryczną. Takie rozwiązanie jest powszechnie stosowane w misjach w przestrzeni kosmicznej; zasila ono na przykład łaziki Curiosity i Perseverance.

Dotarcie na miejsce to tylko połowa wyzwania. Start zaplanowano na lipiec

eprasa.pl 2eb30cef3b

2028 roku, a Dragonfly będzie przez sześć lat przemierzać pustą przestrzeń między dwoma światami. Gdy dotrze do Tytana, rozpocznie się prawdziwy dramat. Jego wejście w atmosferę i opadanie będą podobne do „siedmiu minut strachu", których doświadczyły łaziki marsjańskie. Dragonfly, chroniony przez osłonę termiczną, przedrze się przez atmosferę; osłona ta zostanie odrzucona po tym, jak statek kosmiczny zwolni wystarczająco, by można było otworzyć spadochrony. Gdy znajdzie się nieco ponad kilometr nad Tytanem, zacznie działać oktokopter, który osiądzie na powierzchni. Korzystając z radaru i lidaru, samodzielnie wybierze miejsce lądowania.

Miejsce docelowe, które nosi nazwę Shangri-La, to obszar wydm piaskowych położony w pobliżu równika na południowej półkuli Tytana. Piasek w Shangri-La nie składa się z krzemianów, jak ten na Ziemi; najprawdopodobniej są to płatki zamrożonych węglowodorów. Planowana jest seria lotów, m.in. do dużego, pobliskiego krateru uderzeniowego o nazwie Selk. W tym miejscu sonda mogłaby pobrać próbki materiału wydobytego spod powierzchni przez pradawny impakt, co dałoby naukowcom głębszy wgląd w gorąco dyskutowane pochodzenie i wewnętrzną strukturę tego księżyca.

Niestety, sonda Dragonfly nie zbliży się do jezior metanu, ale na tym zamarzniętym świecie i tak jest wiele różnych rzeczy, które warto obejrzeć. Ponieważ zachodzą tam intensywne procesy chemiczne z udziałem węgla, możliwe jest, że na Tytanie powstały przynajmniej prekursory życia. Gdyby jakaś forma życia zdołała się tam zakorzenić, różniłaby się ona znacznie od ziemskich, a gdyby nawet księżyc okazał się martwy, zyskalibyśmy większą pewność, że życie to coś więcej niż tylko kriogeniczna chemia organiczna.

Jako naukowiec jestem podekscytowany wszystkimi możliwościami misji i wierzę, że z czasem uda się je zrealizować, ale jako człowiek najbardziej pragnę zobaczyć zdjęcia, które zrobi Dragonfly. Tytan to cały świat – rozległy, różnorodny i dziwny – i chcę go zobaczyć na własne oczy, nawet nie bezpośrednio, ale dzięki kamerze napędzanego energią jądrową, ośmiopłatowego, ważącego tonę latającego laboratorium naukowego, które wyśle te informacje w przestrzeń Układu Słonecznego. ■



Roboty już potrafią poskładać pranie

Zajęcia domowe są coraz łatwiejsze dla robotycznych pomocników

DENI ELLIS BÉCHARD

W WRZEŚNIU UBIEGŁEGO ROKU robotyk Benjie Holson opublikował na platformie Substack wpis zatytułowany „Humanoid Olympic Games" („Humanoidalne Igrzyska Olimpijskie") – zestaw przeznaczonych dla humanoidalnych robotów testów o rosnącej trudności, których wykonanie badacz sam zaprezentował ubrany w srebrny kombinezon. Wyzwania, na przykład otwieranie drzwi gałką, zaczynały się od łatwych – przynajmniej dla człowieka – a kończyły na zasługujących na „złoty medal", takich jak zapinanie guzików w męskiej koszuli i wieszanie jej na wieszaku oraz używanie klucza do otwarcia drzwi.

Celem Holsona było pokazanie, że trudne zadania wcale nie są tymi najbardziej efektownymi. W wielu konkursach rywalizują roboty uprawiające sporty i tańczące, Holson argumentował natomiast, że te, których naprawdę potrzebujemy, potrafią zrobić pranie i przygotować posiłek.

Sądził, że miną lata, zanim rywalizujące ze sobą maszyny pokonają te wyzwania. Tymczasem zaledwie kilka miesięcy później robot stworzony przez firmę Physical Intelligence z San Francisco wykonał 11 z 15 zadań – zdobywając medale od brązowego do złotego – m.in. umył okna, posmarował chleb masłem orzechowym oraz użył woreczka na psie odchody.

„Scientific American" rozmawiał z Holsonem (który zdążył już opublikować nową listę jeszcze trudniejszych zadań) o tym, dlaczego systemy oparte wyłącznie na analizie obrazu – czyli wykorzystujące kamery – przewyższyły jego oczekiwania oraz jak blisko ludziom do zbudowania naprawdę użytecznej maszyny.

Poniżej zredagowany zapis wywiadu.

Deni Ellis Béchard jest starszym redaktorem „Scientific American", pisze o technice.

Ilustracja Shideh Ghandeharizadeh

eprasa.pl 2eb30cef3b

Zaprojektowałeś te testy tak, aby były trudne. Czy zaskoczyło Cię, jak szybko roboty jej przeszły?

To nastąpiło o wiele szybciej, niż się spodziewałem. Kiedy wybierałem zadania, próbowałem je skalibrować tak, aby niektóre z poziomu brązowego medalu zostały wykonane w ciągu pierwszego lub drugiego miesiąca, zadania na srebrny i złoty medal w ciągu kolejnych sześciu miesięcy, a najtrudniejsze jednego lub półtora roku.

To, że roboty wykonały praktycznie prawie wszystkie w ciągu pierwszych trzech miesięcy, jest czymś niesamowitym.

Co umożliwiło taki postęp?

Wyszedłem z założenia, że roboty potrafią obecnie wykonać czynności wyglądające imponująco, ale nie są wszechstronne – systemy są oparte wyłącznie na analizie obrazu, nie mają zmysłu dotyku, są wyposażone w proste manipulatory, nie są szczególnie precyzyjne. To ogranicza zakres zadań. Próbowałem więc wymyślić testy, które wymagałyby wyjścia poza ten obszar. Okazało się, że bardzo nie doceniłem tego, co jest możliwe dla robotów wykorzystujących wyłącznie widzenie i proste manipulatory.

Od firmy Physical Intelligence dowiedziałem się, że ich roboty nie mają żadnych czujników siły. Wykonują wszystkie zadania, opierając się wyłącznie na analizie obrazu. Sądziłem, że włożenie klucza do zamka albo rozsmarowanie masła orzechowego będzie wymagało informacji o sile nacisku. Ale najwyraźniej wystarczy po prostu dostarczyć robotowi więcej nagrań wideo pokazujących te czynności – i to zadziała.

Jak dokładnie trenuje się robota do takich działań bez programowania go linijka po linijce?

Wszystko opiera się na uczeniu przez demonstrację. Ktoś zdalnie steruje robotem podczas wykonywania zadania setki razy, na tej podstawie trenuje się model, a potem robot potrafi wykonać to zadanie samodzielnie.

Czy faktycznie duże modele językowe (LLM) są bezużyteczne w robotyce, jak się zwykle uważa?

Kiedyś myślałem, że użyteczność dużych modeli językowych w robotyce jest dość wątpliwa. Problem, który potrafiły rozwiązywać dwa lub trzy lata temu, dotyczył planowania na wysokim poziomie – na przykład: „Jeśli chcę zaparzyć herbatę, jakie są kolejne kroki?”.

Ustalenie kolejności działań jest łatwe. Podniesienie dzbanka i napełnienie go wodą – już naprawdę trudne.

Zaczęliśmy jednak tworzyć modele łączące obraz i działanie, wykorzystując tę samą architekturę transformera, która jest stosowana w dużych modelach językowych. Transformery można wykorzystywać do tekstu jako wejścia i tekstu jako wyjścia oraz do obrazów jako wejścia i tekstu jako wyjścia – ale również do obrazów jako wejścia i działań robota jako wyjścia.

Ciekawe jest to, że zaczynają one od modeli wstępnie wytrenowanych na tekście, obrazach i być może nagraniach wideo. Zanim jeszcze rozpocznie się trening konkretnego zadania, model sztucznej inteligencji już rozumie, czym jest dzbanek, czym jest woda i że można chcieć napełnić dzbanek wodą. Dlatego uczenie się konkretnego zadania nie musi zaczynać od: „Pozwólcie mi zrozumieć, czym jest geometria”. Może się zacząć od: „Rozumiem, przemieszczamy dzbanki”. I to, że to działa, jest niesamowite.

Jak wymyśliłeś zadania do „olimpiady”?

Częściowo było to stawianie wyzwania, częściowo próba przewidywania przyszłości. Próbowałem pomyśleć o kolejnych rzeczach, których obecnie nie potrafimy robić, ale które wkrótce da się wykonać.

Ludzie do takich czynności, jak znalezienie kluczy w kieszeni, wykorzystują dotyk. Jak roboty radzą sobie bez niego?

To bardzo dobre pytanie, na które wciąż nie znamy odpowiedzi.

Technika dotykowa jest znacznie droższa, wrażliwa i dużo mniej rozwinięta w stosunku do kamer. Nad kamerami pracujemy od bardzo dawna.

Najważniejsze pytanie brzmi: czy kamery wystarczą? Zarówno Physical Intelligence, jak i Sunday Robotics [której robot wykonał zadanie na poziomie brązowego medalu polegające na zwijaniu pasujących do siebie skarpet] postawiły na rozwiązanie polegające na umieszczeniu kamery na nadgarstku, bardzo blisko palców. Dzięki temu robot niejako „widzi” siły poprzez obserwowanie, jak coś się odkształca. Kiedy robot chwyta jakiś przedmiot, widzi, jak uginają się gumowe elementy palców, jak odkształca się chwytany przedmiot, i na tej podstawie wnioskuje o działających siłach. Podczas rozsmarowywania masła orzechowego na chlebie robot obserwuje, jak ugina się nóż, jak zgniata pieczywo, i następnie na tej podstawie ocenia siły. Działa to znacznie lepiej, niż się spodziewałem.

A co z bezpieczeństwem?

Energia potrzebna do utrzymania równowagi jest często bardzo duża. Jeśli robot upada, musi bardzo szybko przyspieszyć nogę, aby zdążyć wysunąć ją przed siebie. Taki system wprowadza do otoczenia bardzo dużo energii – i właśnie to stanowi zagrożenie.

Jestem wielkim zwolennikiem robotów typu centaur – czyli takich, które mają mobilną podstawę na kołach, ramiona i głowę. Pod względem bezpieczeństwa to znacznie łatwiejsza droga do szybkiego osiągnięcia celu. Jeśli humanoidalny robot straci zasilanie, to się przewróci. Ogólny plan wydaje się polegać na stworzeniu robota tak wartościowego, że jako społeczeństwo opracujemy dla niego nową klasę bezpieczeństwa – podobnie jak to się stało w przypadku rowerów i samochodów. Są niebezpieczne, ale tak cenne, że akceptujemy związane z nimi ryzyko.

Czy te wyniki wpłynęły na twoje prognozy?

Kiedyś uważałem, że roboty domowe pojawią się najwcześniej za 15 lat. Teraz sądzę, że najwcześniej za sześć. Wcześniej uważałem, że wykonanie użytecznego zadania w przestrzeni przeznaczonej dla ludzi – nawet w formie demonstracji – jest odległą perspektywą.

Robotycy wielokrotnie przekonali się, że od „działa w laboratorium i mam nagranie wideo” do „produkt nadaje się do sprzedaży” jest daleka droga. Waymo jeździło po drogach już w 2009 roku; ja nie mogłem skorzystać z przejazdu do 2024 roku. Osiągnięcie wystarczającej niezawodności zajmuje dużo czasu.

Jaki jest obecnie największy problem?

Niezawodność i bezpieczeństwo. To, co pokazuje Physical Intelligence, jest imponujące, ale jeśli postawisz robota przy innym stole, z innym oświetleniem i użyjesz innej skarpetki, maszyna może już nie zadziałać. Każdy kolejny krok w kierunku większej uniwersalności wydaje się wymagać dziesięciokrotnie większej ilości danych i z dni ich zbierania robią się tygodnie lub miesiące. ■

eprasa.pl 2eb30cef3b

Niech się stanie broń

Nowy program Departamentu Energii o dumnej nazwie Genesis Mission zapowiada przyspieszenie innowacji dzięki wykorzystaniu AI. Siedem z jego celów dotyczy broni jądrowej i bezpieczeństwa narodowego SARAH SCOLES

NA POCZĄTKU LUDZIE STWORZYLI KOMPUTERY. Niektórzy z nich powiedzieli: „Niech stanie się oprogramowanie", i było ono w większości dobre. Potem rzekli: „Niech oprogramowanie stanie się bardziej inteligentne", a tę inteligencję nazwali sztuczną. W listopadzie 2025 roku Biały Dom uruchomił program sztucznej inteligencji nazwany Genesis Mission.

Na mocy rozporządzenia wykonawczego prezydent Donald Trump powierzył Departamentowi Energii USA – który odpowiada za krajowy arsenał broni jądrowej – kierowanie „dedykowanym, skoordynowanym ogólnokrajowym wysiłkiem na rzecz zapoczątkowania nowej ery innowacji i odkryć napędzanych sztuczną inteligencją, zdolnych rozwiązywać najtrudniejsze problemy tego stulecia".

Mówiąc prościej, celem programu jest zbudowanie – we współpracy z uniwersytetami i prywatnymi przedsiębiorstwami – platformy AI przeznaczonej do prowadzenia badań w dziedzinach obejmujących zaawansowaną technikę, biotechnologię, energetykę jądrową, informatykę kwantową, surowce krytyczne i półprzewodniki.

Większość publicznych opisów programu Genesis podkreśla jego naukową misję – podobnie jak sam Departament Energii zwykle eksponuje badania nad supernowymi i modelowaniem chorób, a nie głowice nuklearne, którymi zarządza. Jednak 26 wyzwań ogłoszonych przez departament ukazuje bardziej militarną stronę przedsięwzięcia: siedem z nich dotyczy broni jądrowej i bezpieczeństwa narodowego.

To, że właśnie Departament Energii ma kierować dużym projektem wykorzystania AI w badaniach naukowych, jest całkowicie logiczne – uważa Bahrad Sokhansanj, pracownik naukowy Institute for Law and AI w Bostonie, wcześniej związany z Lawrence Livermore National Laboratory. Ze względu zarówno na prowadzone tam badania nad bronią jądrową, jak i istniejący program badań podstawowych, agencja dysponuje już odpowiednią infrastrukturą. „Mają laboratoria, mają komputery – mówi Sokhansanj. – Dysponują ogromnymi zasobami istotnymi dla przyszłości nauki i techniki." (Lawrence Livermore National Laboratory, Los Alamos National Laboratory oraz centrala Departamentu Energii nie odpowiedziały na prośby o komentarz).

Sarah Scoles jest dziennikarką i popularyzatorką nauki z Kolorado, współpracowniczką „Scientific American". Jej najnowsza książka to *Countdown: The Blinding Future of Nuclear Weapons* (Bold Type Books, 2024).



Ilustracja Richard Mia

eprasa.pl 2eb30cef3b

W rzeczywistości w laboratoriach Departamentu Energii znajdują się jedne z najpotężniejszych superkomputerów na świecie. Genesis – kontynuuje Sokhansanj – ma umożliwić skoncentrowanie tych zasobów na jednym strategicznym celu.

Mimo to głębsze włączenie sztucznej inteligencji do prac związanych z bronią jądrową może budzić niepokój. Herbert Lin, starszy pracownik naukowy Center for International Security and Cooperation na Stanford University, uważa jednak, że nie jest to żaden gigantyczny skok, lecz kolejny etap długiej ewolucji wykorzystania komputerów. „AI to po prostu kolejny sposób używania komputerów – mówi Lin. – A komputery można zastosować do wszystkiego. To oznacza, że sztuczną inteligencję również można zastosować do wszystkiego, co dotyczy uzbrojenia."

Kiedy ludzie słyszą „AI plus broń jądrowa", zauważa Lin, natychmiast wyobrażają sobie najbardziej filmowy scenariusz: autonomiczny system samodzielnie podejmujący decyzję o przeprowadzeniu ataku nuklearnego. Na szczęście nikt czegoś takiego naprawdę nie proponuje. Ani wojsko, ani Rada Bezpieczeństwa Narodowego, ani osoby odpowiedzialne za zakupy uzbrojenia nie chcą takiego rozwiązania. „Nawet prezydent, który słynie z wygłaszania bardzo dziwnych rzeczy, tego nie powiedział" – zauważa Lin.

Pomysł powierzenia AI decyzji o użyciu broni jądrowej znajduje się na jednym krańcu tego, co Lin określa mianem spektrum „od głupiego do nieszkodliwego". Na drugim końcu byłoby wykorzystanie narzędzia AI do poprawiania gramatyki w memorandum dotyczącym polityki nuklearnej.

„Pomiędzy tymi skrajnościami mieści się cały wachlarz zastosowań" – mówi. Plany programu Genesis dotyczące AI i broni jądrowej znajdują się gdzieś pomiędzy poprawianiem błędów językowych a kodami startowymi.

Kilka spośród tych wyzwań ma charakter defensywny i służy ochronie ludzi przed zagrożeniami nuklearnymi. Na przykład Genesis będzie wykorzystywał AI do łączenia danych z czujników, symulacji i źródeł wywiadowczych w celu wykrywania potencjalnych ataków jądrowych lub radiologicznych oraz reagowania na nie. Innym zadaniem jest przyspieszenie ekspertyz z zakresu kryminalistyki jądrowej, co ma pomóc analitykom scharakteryzować materiał promieniotwórczy odzyskany po incydencie lub znaleziony w broni oraz ustalić jego pochodzenie i odpowiedzialnych za jego wykorzystanie.

Genesis zajmie się również nierozprzestrzenianiem broni jądrowej, wykorzystując AI do analizowania „zdjęć satelitarnych, danych z czujników, informacji ze źródeł otwartych oraz danych rządowych" w celu wykrywania anomalii sugerujących, że niebezpieczne materiały promieniotwórcze mogą trafiać tam, gdzie nie powinny. Program obejmie także sprawy wewnętrzne – zadania związane z utrzymaniem i modernizacją amerykańskiego arsenału. Program nadzoru nad arsenałem jądrowym prowadzony przez Departament Energii ma na celu zrozumienie, jak zachowuje się starzejąca się broń jądrowa oraz jaki wpływ wywrze modernizacja na jej bezpieczeństwo i skuteczność.

Aby w tym pomóc, Genesis wykorzysta AI do przeszukiwania archiwów Departamentu Energii zawierających dawne dane: wyniki utajnionych eksperymentów i prób związanych z bronią jądrową, a także jawnych badań nuklearnych, które nierzadko wciąż istnieją jedynie w postaci odręcznych notatek, papierowych dokumentów lub fotografii na kliszach. „Bez wątpienia kryją się tam interesujące informacje, których jeszcze nie odnaleziono" – mówi Lin. System będzie również gromadził i przetwarzał nowe dane.

Przynajmniej na razie nie będą one pochodziły z próbnych eksplozji broni jądrowej. Departament Energii bada jednak zachowanie uzbrojenia w takich ośrodkach, jak Dual-Axis Radiographic Hydrodynamic Test Facility w Los Alamos, gdzie gigantyczne urządzenia rentgenowskie wykonują szybkie sekwencje zdjęć przedstawiających implozję atrap. Jednym z zadań programu Genesis ma być opracowanie zautomatyzowanego systemu pełniącego rolę administratora: będzie on pomagał planować eksperymenty, kierować nimi w czasie rzeczywistym oraz prowadzić bieżącą diagnostykę.

W obiektach o wysokim stopniu zagrożenia, gdzie odbywa się modernizacja i produkcja broni jądrowej, Genesis będzie wykorzystywał AI również do planowania bezpieczeństwa podczas działań, które dokumenty programowe określają jako „usprawnianie produkcji" i „ograniczanie biurokracji" (i nie chodzi tu o tę biurokrację, która istnieje z ważnych powodów). Bliżej bardziej niepokojącego końca spektrum Lina znajduje się wyzwanie mające usprawnić współpracę między zespołami projektującymi broń jądrową a tymi, które odpowiadają za jej produkcję, tak aby zmodernizowane systemy mogły szybciej trafiać do realizacji.

To właśnie te siedem projektów bezpośrednio dotyczy bezpieczeństwa nuklearnego. Jednak pozostałe spośród 26 wyzwań również są znacznie bliżej związane z bezpieczeństwem narodowym, niż mogłoby się początkowo wydawać, twierdzi Sokhansanj. Stany Zjednoczone chcą wygrać wyścig w dziedzinie sztucznej inteligencji, a jednocześnie dążą do samowystarczalności w takich obszarach, jak surowce krytyczne czy nowoczesna produkcja, aby ograniczyć zależność od innych państw. Od zakończenia II wojny światowej przywództwo naukowe stanowi jedną z form amerykańskiej „miękkiej siły". Jednak w świecie Departamentu Energii nawet to, co wydaje się miękką siłą, ma zwykle konsekwencje związane z twardą siłą militarną.

Jak zauważa Sokhansanj, znaczna część badań naukowych, które Departament Energii chce przyspieszyć, ma charakter podwójnego zastosowania. „Jeśli pracuje się nad akceleratorami cząstek albo nad zaawansowanymi fabrykami, wszystko to znajdzie również inne zastosowania." Akcelerator cząstek może na przykład pomóc zrozumieć zachowanie cząstek znajdujących się wewnątrz broni.

„Z tego względu – mówi Sokhansanj – Genesis rodzi pytania dotyczące sposobu zarządzania takim programem." Jeżeli Departament Energii przyspieszy rozwój nauki, rezultaty nie będą wyłącznie imponujące – mogą okazać się także niebezpieczne. Dotyczy to choćby badań z zakresu biologii syntetycznej, które mogłyby ujawnić drogę do konstruowania broni biologicznej. Sokhansanj sugeruje, aby część zasobów programu Genesis przeznaczyć na finansowanie środków przeciwdziałania zagrożeniom oraz cyberbezpieczeństwa, tak aby naukowe tajemnice i przełomowe odkrycia nie zostały wykradzione przez hakerów i upublicznione.

Lin formułuje podobne ostrzeżenie dotyczące nakładania się na siebie sztucznej inteligencji i zagadnień nuklearnych – zwłaszcza w sytuacjach związanych z oceną rzeczywistych lub potencjalnych ataków. „Wielu ludzi uważa, że AI jest wyrocznią, która potrafi powiedzieć, jaka jest prawda – mówi. – A tak nie jest." ■

eprasa.pl 2eb30cef3b



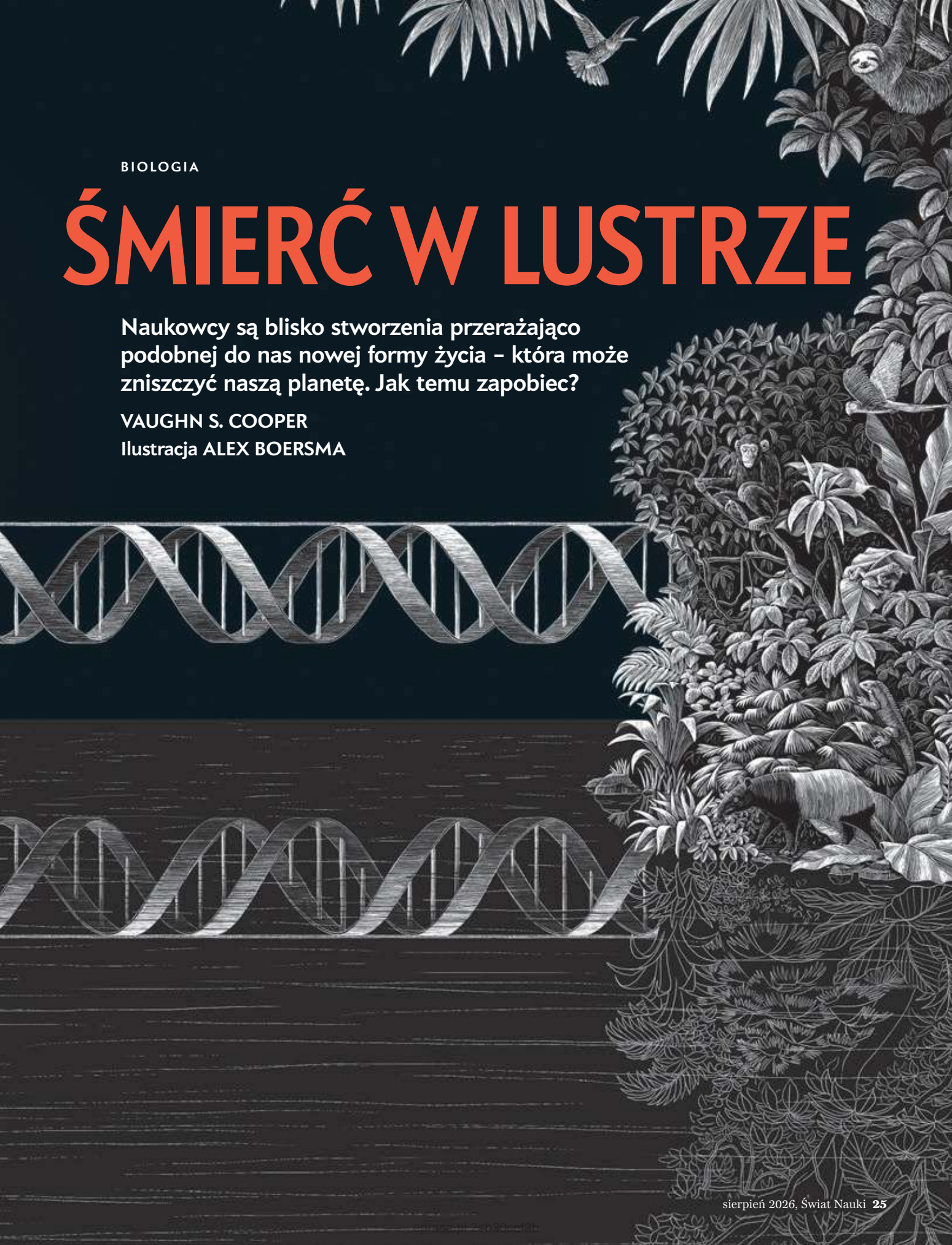
eprasa.pl 2eb30cef3b

BIOLOGIA

ŚMIERĆ W LUSTRZE

Naukowcy są blisko stworzenia przerażająco podobnej do nas nowej formy życia – która może zniszczyć naszą planetę. Jak temu zapobiec?

VAUGHN S. COOPER
Ilustracja ALEX BOERSMA



Wyobraźmy sobie, że jest rok 2036 i naukowcy pracują nad nową klasą leków. Te preparaty są lustrzanymi odpowiednikami cząsteczek, których organizm używa do zwalczania chorób. Ich wielką zaletą jest to, że takie odwrócone związki utrzymują się w organizmie dłużej, ponieważ enzymy odpowiedzialne za ich rozkład nie rozpoznają ich i nie potrafią unieszkodliwić. Jednocześnie związki te pozostają skuteczne przeciwko atakującym drobnoustrojom. Badania kliniczne są obiecujące, a zespół chce zwiększyć skalę produkcji.

Naukowcy zwracają się w tym celu ku zmodyfikowanym „lustrzanym" bakteriom – pojedynczym komórkom zbudowanym z odwróconych cząsteczek. Fabryki bakteryjne nie są pomysłem z kosmosu. Już dziś na przykład firmy farmaceutyczne wykorzystują bakterie do produkcji syntetycznej insuliny dla diabetyków. Zaintrygowani możliwością wykorzystania komórek lustrzanych w podobny sposób, badacze eksperymentują na odwróconej wersji powszechnej bakterii *Escherichia coli*.

Niestety, jedna z badaczek, mająca drobne skaleczenie na kciuku spowodowane suchą skórą, zapomina założyć rękawiczki i dotyka powierzchni skażonej zaledwie kilkoma takimi komórkami. Bakterie dostają się do jej krwi. Komórki odpornościowe, które zwykle eliminują intruzów, nie rozpoznają lustrzanych białek nowatorskich bakterii i nie reagują. Lustrzane drobnoustroje namnażają się i rozprzestrzeniają w organizmie. Przeciwciała obronne się nie pojawiają. Badaczka zostaje w domu, po kilku dniach jej stan gwałtownie się pogarsza. Chora trafia do szpitala, gdzie dostaje duże dawki antybiotyków, które jednak nie są w stanie zrekompensować poważnej niewydolności układu odpornościowego. Trzy dni później umiera.

Jednak zanim trafiła do szpitala, zdążyła rozprzestrzenić bakterie w swoim domu. Jej kot przenosi część z nich do ogrodu, gdzie rozwijają się w glebie. Robaki i owady ulegają zakażeniu i rozprzestrzeniają lustrzane drobnoustroje w całej okolicy. Jej dzieci zanoszą bakterie do szkoły. Coraz więcej osób zaczyna chorować i umierać. Pojawiają się nowe ogniska, bo ludzie i zwierzęta się przemieszczają. Rozpoczyna się proces wykładniczego i nieodwracalnego wzrostu liczby bakterii – które szybko mogą opanować cały świat.

Brzmi to jak scenariusz filmu science fiction. Ale nie jest nierealne. Naukowcy poczynili szybkie postępy w zakresie metod, które w nadchodzących dekadach mogą umożliwić tworzenie organizmów lustrzanych. Już teraz biochemicy potrafią wytwarzać coraz bardziej złożone cząsteczki lustrzane, w tym enzymy budujące lustrzane RNA. W niedalekiej przyszłości podobne enzymy mogą tworzyć odwrócone DNA. Jednocześnie biolodzy syntetyczni coraz bardziej zbliżają się do zbudowania od podstaw zwykłych komórek bakteryjnych. Jeśli postęp w tych dwóch dziedzinach się zbiegnie, możliwe stanie się skonstruowanie bakterii lustrzanych.

Jakiś czas temu wraz z 37 naukowcami opublikowałem na łamach czasopisma „Science" ostrzeżenie przed tą potencjalną katastrofą, domagając się wstrzymania tych badań. Ale jak zatrzymać lub kontrolować prace, które mogą być prowadzone w dziesiątkach laboratoriów w wielu krajach na całym świecie? To jest historia tego wyzwania – oraz naszego planu, by zapobiec przerażającej perspektywie.

Vaughn S. Cooper jest biologiem ewolucyjnym i mikrobiologiem, profesorem na University of Pittsburgh School of Medicine. Kieruje the Center for Evolutionary Biology and Medicine.

Pierwsza oznaka nadchodzącej katastrofy pojawiła się w 1848 roku, kiedy młody Louis Pasteur stanął na mównicy Francuskiej Akademii Nauk w Paryżu i ogłosił niezwykłe odkrycie. Pasteur przyglądał się uważnie kryształom kwasu występującego w winie. Związki te mogły przyjmować jedną z dwóch form, które – mimo że były chemicznie identyczne, zbudowane z tych samych elementów i wiązań – miały przeciwne konfiguracje. Unieś dłonie, wewnętrzną stroną do góry. Ich elementy są równoważne (cztery palce, kciuk, śródręcze itd.), ale różnie skierowane.

Okazuje się, że niemal wszystkie podstawowe cząsteczki życia mogą wykazywać tę intrygującą dwoistość – tzn. mogą istnieć w obu wersjach, jakby jedna była lustrzanym odbiciem drugiej [te lustrzane odbicia to tzw enancjomery – przyp. red.]. Właściwość ta nazywa się chiralnością. [Pozostałe cząsteczki określa się jako achiralne.] Większość dużych cząsteczek biologicznych jest chiralna, podobnie jak nasze dłonie. Niezależnie od tego, jak obracasz i skręcasz cząsteczki będące swoimi chiralnymi odpowiednikami, nie da się ich całkowicie na siebie nałożyć. Ale gdyby duża grupa ludzi ułożyła swoje identycznie lewe dłonie jedna na drugiej, w tej samej orientacji, pokryłyby się. Grupy

eprasa.pl 2eb30cef3b

cząsteczek chiralnych określa się zazwyczaj jako „lewoskrętne" lub „prawoskrętne", w zależności od wspólnej orientacji. Całe życie na Ziemi – wszystko, co wywodzi się od naszego ostatniego wspólnego przodka sprzed 4 mld lat – buduje swoje klasy cząsteczek tylko z jednej z tych dwóch możliwych form. Na przykład 19 z 20 aminokwasów tworzących białka jest lewoskrętnych, podczas gdy DNA i RNA skręcają się w prawo.

Nie ma jednak powodu, dla którego lustrzane wersje tych cegiełek nie mogłyby istnieć – i rzeczywiście wiele z nich występuje w naturze. Chociaż niemal wszystkie aminokwasy są lewoskrętne, prawoskrętne aminokwasy D-alanina, D-metionina i D-leucyna (prefiks D pochodzi od łacińskiego *dextro*, oznaczającego prawy) pojawiają się w ścianach komórkowych bakterii. Niektóre inne są tworzone w laboratoriach: prawoskrętne wersje krótkich łańcuchów aminokwasów są syntetyzowane jako potencjalne nowe leki. Jak już wspomniano, ich nietypowa orientacja sprawia, że są odporne na enzymy, które w przeciwnym razie przyłączyłyby się do nich i je zniszczyły. Astrobiolodzy od dawna uważają, że życie mogło równie dobrze rozwinąć się w przeciwnej konfiguracji – i co ciekawe, zarówno lewo-, jak i prawoskrętne aminokwasy znaleziono na planetoidzie Bennu w mniej więcej równych ilościach. Naukowcy stworzyli już kilka elementów lustrzanych.

W 1993 roku badacze z Johns Hopkins University ogłosili, że udało im się wytworzyć prawoskrętną wersję zazwyczaj lewoskrętnego białka rubredoksyny. W kolejnych dekadach kontynuowano tego typu prace. W 2022 roku inni badacze ogłosili, że zbudowali fragmenty enzymu o lustrzanej strukturze, który wytwarzał odwróconą cząsteczkę RNA. RNA jest podstawową matrycą dla większości białek i odgrywa kluczową rolę w wielu innych procesach niezbędnych dla życia. To osiągnięcie inżynieryjne przybliżyło nas znacznie do tworzenia lustrzanych komponentów i składania ich w funkcjonalną komórkę bakteryjną o odwróconej strukturze.

Byłaby to jednak śmiercionośna forma życia. Takie drobnoustroje mogłyby stanowić największe biologiczne zagrożenie, jakie kiedykolwiek poznaliśmy. Mogłyby przetrwać i rozwijać się, wykorzystując różnorodne naturalnie występujące w środowisku substancje odżywcze. Jednocześnie prawdopodobnie byłyby odporne na wiele drapieżników – wirusy i pierwotniaki – które w naturalnym świecie utrzymują populacje bakterii w ryzach. Tacy drapieżnicy, wyselekcjonowani przez miliony lat ewolucji do rozpoznawania określonego kształtu białek, nie wykrywaliby przeciwnej konfiguracji. Z tego samego powodu komórki lustrzane mogłyby omijać wiele mechanizmów układu odpornościowego, wywołując infekcje, które z dużym prawdopodobieństwem byłyby śmiertelne dla ludzi, zwierząt i roślin. Mogłyby szybko rozprzestrzeniać się i ewoluować w środowisku, nabywając mutacji pozwalających im wykorzystywać nowe źródła pożywienia – co czyniłoby je jeszcze bardziej niebezpiecznymi. A ich eliminacja mogłaby być niemożliwa, przez co stałyby się stałym źródłem infekcji, z którym nie poradziłby sobie żaden człowiek, roślina ani zwierzę.

Kiedy po raz pierwszy usłyszałem o tym pomyśle, około dwóch lat temu, uznałem go za science fiction. Zakładałem, że początkowo stworzone organizmy lustrzane byłyby zbyt wrażliwe, by przetrwać i się rozmnażać. Najbliższe temu, co dziś nazywamy syntetycznym życiem, są struktury bardzo delikatne: istniejące w probówkach, nieprzystosowane do naturalnych ekosystemów i presji środowiskowej. Wydawało się oczywiste, że lustrzane wersje takich form życia byłyby jeszcze wrażliwsze. Na przykład: czym miałyby się odżywiać? Większość cząsteczek stanowiących pożywienie dla organizmów na Ziemi jest również chiralna – czy więc bakterie lustrzane nie potrzebowałyby podobnie zorientowanych składników odżywczych, a w ich braku nie umierałyby z głodu po wydostaniu się na wolność?

Kiedy wraz z kilkoma współpracownikami zaczęliśmy się temu przyglądać, okazało się, że byliśmy w dużym błędzie. Istnieje bowiem wiele substancji odżywczych, które bakterie lustrzane mogłyby trawić – w tym wiele w pełni symetrycznych, achiralnych związków. Eksperymenty wykazały, że populacje niektórych naturalnych bakterii, takich jak *E. coli*, mogą się rozwijać, wykorzystując wyłącznie achiralne składniki odżywcze – a bakterie lustrzane mogłyby robić to samo.

Nie musiałyby też być tak kruche jak silnie zmodyfikowane, niemal syntetyczne komórki, którymi dysponujemy obecnie – takie jak te stworzone przez zespół mojego współpracownika Johna Glassa z J. Craig Venter Institute, zawierające minimalną liczbę genów, czy organizmy „przekodowane" przez grupę George Church na Harvard University, z niewielkimi zmianami w DNA. Są one wynikiem tysięcy działań inżynieryjnych, które czynią je znacznie delikatniejszymi od bakterii naturalnie występujących w środowisku. W przeciwieństwie do nich bakterie lustrzane mogłyby być pod każdym względem – poza jednym – identyczne z odpornymi bakteriami naturalnymi, co podważa nasze intuicje dotyczące przystosowania się sztucznego życia poza laboratorium.

Co by się stało, gdyby bakterie lustrzane zdobyły choćby niewielki przyczółek w środowisku naturalnym? Rezultat mógłby przypominać wyniki badań mojego mentora, biologa ewolucyjnego Richarda Lenskiego z Michigan State University. Prowadził on eksperymenty, w których kilkanaście hodowli naturalnie chiralnych bakterii *E. coli* otrzymywało każdego ran-

Takie drobnoustroje mogłyby stanowić największe biologiczne zagrożenie, jakie kiedykolwiek poznaliśmy.

ka świeżą porcję glukozy. Odkrył, że nawet genetycznie identyczne drobnoustroje szybko ewoluują i różnicują się, tworząc odrębne społeczności.

Moje własne badania nad bakteriami chorobotwórczymi pokazują, że trwała i znacząca dywersyfikacja może wymagać zaledwie setek ich pokoleń. Bakterie lustrzane mogłyby ewoluować w ten sam sposób. Nie byłoby to jednorazowe zdarzenie: powstałoby drugie drzewo życia, podążające własnymi ścieżkami ewolucji w różnorodnych ekosystemach i zajmujące dostępne nisze. Przypadkowe uwolnienie takich organizmów mogłoby przekroczyć próg nieodwracalności.

Ludzie znaleźliby się po niewłaściwej stronie tej granicy. Zwykle biliony bakterii żyjących w naszych jelitach stanowią pierwszą linię obrony przed patogenami o „normalnej" chiralności: niektóre z nich produkują substancje antybakteryjne, które bezpośrednio hamują lub zabijają patogeny, a inne pomagają uruchamiać reakcje odpornościowe, takie jak wytwarzanie peptydów przeciwdrobnoustrojowych czy przeciwciał. Jednak gdybyś

eprasa.pl 2eb30cef3b

połknął bakterie lustrzane, wiele z tych mechanizmów obronnych prawdopodobnie by zawiodło.

Mikrobiom jelitowy najpewniej nie byłby w stanie rozpoznać odwróconych cząsteczek bakterii lustrzanych, więc nie uruchomiłby produkcji związków antybakteryjnych – a nawet gdyby to zrobił, substancje te niemal na pewno nie mogłyby się z nimi związać, tak jak lewa rękawiczka nie pasuje na prawą dłoń. Co gorsza, porażka tych wczesnych mechanizmów obronnych oznacza, że organizm prawdopodobnie nie uruchomiłby dalszych reakcji odpornościowych potrzebnych do skutecznego zwalczania infekcji.

Nasze układy odpornościowe wykształciły złożone, wielowarstwowe reakcje przeciwko bakteriom, rozpoznając charakterystyczne sygnatury molekularne (tzw. wzorce molekularne związane z patogenami) i inicjując odpowiedzi mające ograniczyć ich inwazję. Organizm najprawdopodobniej nie rozpoznałby intruzów o odwróconej strukturze cząsteczkowej. A nawet gdyby je wykrył, nie byłby w stanie użyć pełnego arsenału obronnego, ponieważ wiele jego elementów również opiera się na oddziaływaniach chiralnych.

Na przykład kluczową rolę we wczesnej odpowiedzi immunologicznej odgrywają komórki takie, jak neutrofile i makrofagi, które „pożerają” bakterie i trawią je, atakując ich chiralne cząsteczki za pomocą chiralnych enzymów. Ich enzymy trawienne nie byłyby w stanie rozbić wiązań chemicznych komórek lustrzanych, ponieważ ewoluowały do rozpoznawania i niszczenia ich przeciwieństw. Prawdopodobne jest więc, że makrofagi i inne komórki odpornościowe byłyby mniej skuteczne w eliminowaniu bakterii lustrzanych.

To tylko jeden z problemów. Układ odpornościowy ma również adaptacyjny system wyspecjalizowanych komórek i przeciwciał, które rozpoznają i niszczą patogeny, a także „zapamiętują” ich cechy, by szybciej reagować przy ponownym zakażeniu.

Ten system pamięci immunologicznej również opiera się na cząsteczkach chiralnych. Nie możemy bezpośrednio zbadać, jak wyglądałaby infekcja bakteriami lustrzanymi, ale wskazówek dostarczają choroby osób z genetycznymi defektami układu odpornościowego. Jedną z takich grup stanowią pacjenci z dysfunkcyjną formą receptora MHC-II. Normalnie receptor ten wychwytuje fragmenty patogenów i prezentuje je limfocytom T, ale u tych pacjentów działa nieprawidłowo. Podobnie białka lustrzane nie mogłyby zostać rozłożone na takie fragmenty, więc MHC-II nie byłby w stanie ich zaprezentować. Infekcja lustrzana mogłaby więc przypominać zakażenie u osoby z niedoborem MHC-II.

To porównanie nie napawa optymizmem. Takie osoby często umierają w dzieciństwie, pokonane przez infekcje wywołane przez powszechnie występujące bakterie i wirusy. A jest to przykład zaburzenia tylko jednego elementu układu odpornościowego. Bakterie lustrzane prawdopodobnie omijałyby jednocześnie kilka jego mechanizmów.

Gdy zagrożenie związane z komórkami lustrzanymi stawało się coraz bardziej oczywiste, zespół naukowców z różnych dziedzin rozpoczął pracę nad rozwiązaniem problemu.

Obawa wynika z tego, że uwolnione od presji układu odpornościowego i konkurencji naturalnego mikrobiomu na naszej skórze i w jelitach, bakterie lustrzane mogłyby namnażać się szybciej, niż byłyby usuwane, a następnie, przemieszczając się wraz z krwią, rozprzestrzeniać się po całym organizmie. Wnętrze ludzkiego ciała zawiera wystarczającą ilość achiralnych składników odżywczych, by umożliwić ich wzrost. Bakteria lustrzana zaprojektowana tak, by wykorzystywać pokarm o naturalnej chiralności, radziłaby sobie jeszcze lepiej. Wówczas organizm stałby się czymś w rodzaju szalki Petriego – jak ciało po śmierci – pozbawiony ochrony żywych komórek odpornościowych. Jak dokładnie wyglądałaby taka nietypowa infekcja, nie jest jasne, ale spodziewanym rezultatem byłby stan zapalny przypominający sepsę i śmierć.

Co zdumiewające, sytuacja może być jeszcze gorsza. Świat przyrody jest pełen bakterii – milion komórek w gramie wody morskiej, miliard w gramie gleby. Nie dominują one jednak planety, ponieważ mają swoich drapieżników, którzy w dużej mierze polegają na procesach chiralnych. Wirusy zwane bakteriofagami wnikają do bakterii, przyłączając się do ich białek powierzchniowych w sposób przypominający dopasowanie klucza do zamka. Fagi zabijają bakterie, ograniczając ich liczebność. Jeśli jednak nie ma zgodności między fagiem a białkiem powierzchniowym, wirus nie może wniknąć do komórki. Nawet gdyby jakimś cudem dostał się do bakterii lustrzanej, jego mechanizmy replikacji i materiał genetyczny nie działałyby w takim środowisku. Bakteriofag pozostałby uwięziony, odizolowany i niezdolny do rozmnażania się.

Ameby i inne mikroorganizmy drapieżne z kolei tropią bakterie, pochłaniają je i trawią w całości. Napotkałyby jednak te same problemy co makrofagi w ludzkim układzie odpornościowym: trudniej byłoby im wykrywać odwrócone cząsteczki, a nawet jeśli udałoby się je pochłonąć, miałyby poważne trudności z ich strawieniem i wykorzystaniem jako źródła składników odżywczych. Nawet na większą skalę – u roślin i zwierząt – odporność opiera się konsekwentnie na interakcjach chiralnych. W rezultacie wiele gatunków mogłoby nie być w stanie obronić się przed bakteriami lustrzanymi.

Mogłyby też wystąpić ogromne konsekwencje środowiskowe. Sinice to proste organizmy, które czerpią energię bezpośrednio ze światła słonecznego i dwutlenku węgla i często nie wymagają chiralnych składników odżywczych. To samo dotyczyłoby ich lustrzanych odpowiedników, gdyby powstały. Ponieważ jednak byłyby prawdopodobnie odporne na wirusy, presja ograniczająca ich liczebność byłaby znacznie mniejsza. W miarę wzrostu populacji konkurowałyby z innymi bakteriami o ograniczone zasoby oceaniczne, takie jak żelazo czy fosfor, co mogłoby znacząco zmniejszyć liczebność bakterii o naturalnej chiralności. To z kolei pozbawiłoby organizmy takie, jak kryl morski, podstawowego źródła pożywienia. A załamanie populacji kryla mogłoby doprowadzić do wyginięcia wielu większych gatunków, takich jak wieloryby.

JAK TEMU ZAPOBIEC? W ciągu ostatnich kilku lat, gdy stawało się coraz bardziej widoczne, że zmierzamy do powstania zagrożenia, zespół ponad 150 naukowców z różnych dziedzin z całego świata zebrał się, by wspólnie zastanowić

eprasa.pl 2eb30cef3b

się, co zrobić. Spotkaliśmy się w Paryżu w czerwcu ubiegłego roku, aby opracować plan działania.

Wśród badaczy obecnych w Paryżu panowała zgoda: organizmy lustrzane nigdy nie powinny zostać stworzone. Potrzebne będą przepisy prawne, które to zagwarantują, a także wyraźne „czerwone linie" wyznaczające najbardziej niebezpieczne techniki mogące umożliwić ich syntezę. Do czasu wprowadzenia takich ograniczeń instytucje finansujące badania mogłyby deklarować, że nie będą wspierać prac zmierzających do stworzenia komórek lustrzanych – podobnie jak już zobowiązały się nie finansować badań nad klonowaniem ludzi.

Początkowo byłem zdezorientowany i sceptyczny wobec tego zagrożenia, później stałem się poważnie zaniepokojony. Dziś jednak czuję się raczej zmobilizowany i pełen energii, bo widzę szansę zapobieżenia katastrofie – ponieważ zawczasu dostrzegliśmy zagrożenie.

Tak, naukowcy stworzyli już niewielkie cząsteczki chiralne. Jednak zbudowanie kompletnej, funkcjonalnej komórki lustrzanej wymagałoby ogromnego wysiłku: syntezy coraz dłuższych biomolekuł, stworzenia od podstaw „szkieletu" komórki bakteryjnej oraz wszystkich elementów życia komórkowego, takich jak rybosomy. Następnie wszystko to musiałoby zostać złożone w działającą, żywą komórkę. Pomimo dziesięcioleci pracy od początku lat 90. nikomu nie udało się stworzyć od zera nawet w pełni standardowej komórki. Szacujemy, że stworzenie zupełnie nowej formy życia, takiej jak drobnoustrój lustrzany, wymagałoby wysiłku i zasobów porównywalnych z wielkimi projektami naukowymi, takimi jak Human Genome Project, który kosztował miliardy dolarów. Budowa bakterii lustrzanych przypomina w pewnym sensie wznoszenie drapacza chmur dwa razy wyższego niż najwyższe obecnie istniejące konstrukcje: technicznie wiemy, co należałoby zrobić, ale byłoby to przedsięwzięcie niezwykle złożone. Ten fakt daje nam wyjątkową okazję, by zająć się ryzykiem na długo przed jego urzeczywistnieniem.

Działanie już teraz jest naszym największym atutem. Nie ma wielu przykładów sytuacji, w których naukowcy zidentyfikowali zagrożenia związane z rozwojem techniki, zanim zdążyły się one ujawnić. Chlorofluorowęglowce wycofano z użycia dopiero po tym, jak przyczyniły się do powstania dziury ozonowej. Talidomid przestano przepisywać kobietom w ciąży dopiero wtedy, gdy tysiące dzieci urodziły się z wadami wrodzonymi. Tym razem jednak problem został dostrzeżony.

Oprócz moratorium na badania nad komórkami lustrzanymi możemy opracować silne mechanizmy nadzoru z udziałem instytucji międzynarodowych, które będą identyfikować i kontrolować składniki chemiczne wykorzystywane do tworzenia cząsteczek i komórek lustrzanych. Takie instytucje mogłyby wykrywać, czy dane laboratorium lub państwo gromadzi nietypowo duże ilości tych związków – podobnie jak dziś alarmuje się, gdy jakiś kraj magazynuje komponenty broni chemicznej lub jądrowej.

Nie chcemy jednak całkowicie hamować badań w tej dziedzinie. Część prac z zakresu biologii syntetycznej może pomóc w projektowaniu i produkcji nowych leków przynoszących korzyści całemu światu. Na przykład rozsądnym rozwiązaniem mogłoby być dopuszczenie badań nad niektórymi małymi cząsteczkami lustrzanymi, przy jednoczesnym zakazie gromadzenia większych cząsteczek tego typu. Te większe łatwiej wykorzystać do budowy kompletnej komórki lustrzanej.

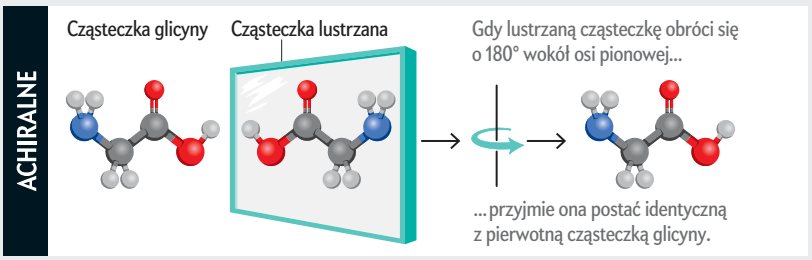
Nie ustalimy od razu, gdzie dokładnie przebiega granica ani jak rozwiązać wszystkie te problemy. Nie da się podjąć ostatecznych decyzji w tak ważnej sprawie podczas jednej konferencji. Potrzeba znacznie więcej wysiłku, aby opracować najlepsze metody zarządzania, które pozwolą uniknąć zagrożeń. Jestem jednak bardzo podbudowany tym, jak szybko duża grupa naukowców i ekspertów ds. bezpieczeństwa biologicznego – ponad 300 osób uczestniczyło w spotkaniu w Paryżu osobiście lub zdalnie – dostrzegła skalę problemu i zgodziła się co do pilnej potrzeby znalezienia rozwiązania.

Ryzyko związane z tą technologią jest ogromne, ale łatwo wskazać ludzi, którzy ciężko pracują, by je wyeliminować. Wystarczy spojrzeć w lustro. ■

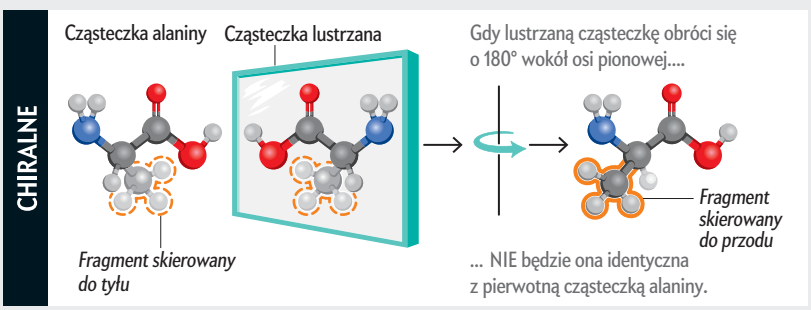
Molekularne przeciwieństwa

Bakterie lustrzane – które, gdyby zostały stworzone, mogłyby przejąć kontrolę nad planetą – byłyby zbudowane z cząsteczek stanowiących odwrócone struktury swoich naturalnych odpowiedników. Takie molekularne „lustra" nazywa się cząsteczkami chiralnymi. Oba typy mogą mieć te same składniki i pełnić podobne funkcje, ale różnią się konfiguracją przestrzenną.

Niektóre cząsteczki są rzeczywiście symetryczne i nazywane achiralnymi. One oraz ich odbicia lustrzane mogą wyglądać inaczej, ale zawsze można je obrócić tak, by się pokryły.



Cząsteczek chiralnych nie da się natomiast obrócić tak, aby całkowicie się pokrywały. W trzech wymiarach na przykład jeden element cząsteczki może być skierowany w stronę obserwatora, podczas gdy jego lustrzany odpowiednik będzie skierowany w przeciwną stronę.



Z ARCHIWUM

Creating "Mirror" Life Could Be Disastrous, Scientists Warn. Simon Makin; Scientific American.com, 14 grudnia 2024. ScientificAmerican.com/archive

ŹRÓDŁO: Technical Report on Mirror Bacteria: Feasibility and Risks. Katarzyna P. Adamala i in.; grudzień 2024 (*główne odniesienie dla grafiki*)

Grafika Brown Bird Design

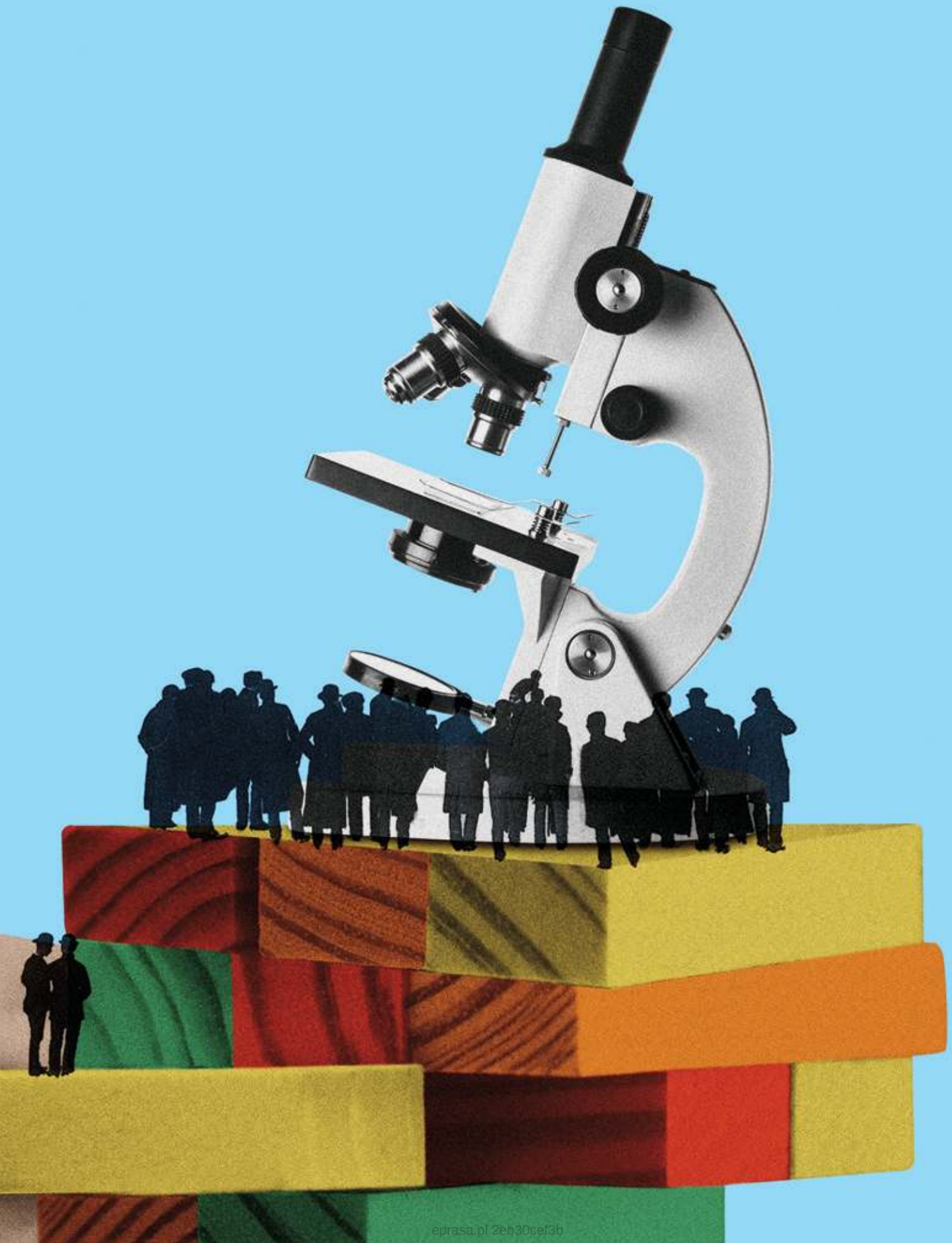
eprasa.pl 2eb30cef3b

Gniew i szok

Wieloletnia umowa społeczna między nauką a społeczeństwem została zerwana

ADAM ROGERS
Ilustracje MARI FOUZ





eprasa.pl 2eb30cef3b

W ubiegłym roku Christopher Reynolds zaczął się obawiać, że projekt jego kosmicznego teleskopu nie ma szans na realizację.

Misja zaczęła nabierać kształtów dziewięć lat wcześniej: miał to być wart miliard dolarów teleskop orbitalny, który spoglądałby wstecz, ku wczesnemu Wszechświatowi, aby badać m.in. pierwsze czarne dziury i powstawanie galaktyk. Osiem zespołów badawczych przedstawiło NASA swoje koncepcje; Reynolds, astronom z University of Maryland, należał do grupy, która chciała wykorzystać innowacyjne zwierciadła rentgenowskie wykonane z monokrystalicznego krzemu. Pomysł wydawał się tak obiecujący, że w październiku 2024 roku zespół Reynoldsa otrzymał od agencji grant w wysokości 5 mln dolarów na jego dopracowanie. Projekt nazwano Advanced X-ray Imaging Satellite, czyli AXIS. Naukowcy nawiązali współpracę z konstruktorami statków kosmicznych z NASA Goddard Space Flight Center.

„Wydawało się, że wszystko idzie całkiem dobrze – mówi Reynolds. – A potem uderzył w nas programowy chaos".

W czerwcu ubiegłego roku zwolennicy cięć budżetowych z Departamentu Efektywności Rządu (DOGE) skłonili NASA do wprowadzenia rozbudowanego programu odpraw, płatnych urlopów i wcześniejszych emerytur. W ciągu kolejnych kilku tygodni z propozycji skorzystało niemal 4 tys. pracowników NASA – około jedna piąta całej załogi. Zespół AXIS stracił 20 osób. Inżynier odpowiedzialny za projekt grzałek utrzymujących stałą temperaturę zwierciadła rentgenowskiego – odszedł. Główny kierownik projektu – odszedł. William Zhang, astrofizyk, który opracował technikę budowy zwierciadeł teleskopu – odszedł. „Dosłownie zostaliśmy z ich prezentacjami w PowerPoincie i próbowaliśmy zrozumieć, co zrobili oraz na jakim etapie znajdowały się poszczególne elementy projektu" – mówi Reynolds.

Mniej więcej w tym samym czasie opublikowano projekt budżetu prezydenta Donalda Trumpa, przewidujący wielkie cięcia finansowania nauki. W Stanach Zjednoczonych prywatny kapitał finansuje ogromną część badań rozwojowych, filantropi dokładają pewną część środków, ale około 40% całego finansowania podstawowych, pionierskich badań pochodzi od rządu federalnego. Program, z którego miał być finansowany AXIS, został całkowicie wyzerowany.

W tamtym momencie Reynolds uznał, że to jedynie propozycja – Kongres wciąż musiał uchwalić ostateczny budżet. „W każdym normalnym roku właśnie tak by się to potoczyło – mówi. – Ale kierownictwo ośrodka bardzo szybko zaczęło dostosowywać swoje priorytety do projektu budżetu prezydenta".

Centrum Goddarda przeniosło inżynierów do projektów, które miały otrzymać finansowanie, jeśli Kongres zatwierdzi budżet w zaproponowanej formie. Zespół Reynoldsa stracił inżynierów systemowych, co z kolei opóźniło przekazanie projektu AXIS analitykom kosztów i specjalistom od harmonogramów w Goddard „Pierwszy kosztorys otrzymaliśmy dopiero w połowie września 2025 roku – mówi Reynolds. – Przekraczał budżet o 10%".

Zaczął gorączkowo szukać elementów, które można by usunąć z projektu. Ale potem, w październiku, rząd federalny został sparaliżowany przez zawieszenie finansowania działalności administracji. „Całe centrum po prostu stanęło – mówi. – Wszystko się zatrzymało".

Kiedy w połowie listopada administracja wznowiła działalność, zespół Reynoldsa miał zaledwie dwa tygodnie, aby zmieścić się w budżecie. Nie udało się. Przedstawiony plan okazał się zbyt kosztowny i wymagał zbyt wiele czasu. „Naszą ostatnią nadzieją było to, że centrala NASA zrozumie, co się wydarzyło, i okaże nam pewną wyrozumiałość" – mówi Reynolds. NASA tego nie zrobiła. Po niemal 10 latach pracy projekt AXIS przestał istnieć.

Dziś Reynolds mówi, że zasadniczo sobie poradził. Jest profesorem ze stałym etatem i prowadzi inne projekty badawcze. „To przyszłe miejsca pracy zostały utracone – mówi. – A stawką jest przywództwo Stanów Zjednoczonych w całej dziedzinie badań". Najtrudniej jednak pogodzić się z tym, w jaki sposób do tego doszło.

Adam Rogers jest dziennikarzem zajmującym się tematyką nauki, techniki i kultury. Był redaktorem w magazynie „Wired" oraz starszym korespondentem „Business Insider". Mieszka w rejonie Zatoki San Francisco.

eprasa.pl 2eb30cef3b

„Cięcia DOGE przeszły przez amerykańskie granty badawcze jak walec drogowy – mówi Reynolds. – Ale to było znacznie bardziej podstępne. Naszego projektu nigdy oficjalnie nie anulowano. Po prostu go zagłodzono”.

Niezliczeni naukowcy w całym kraju przechodzą obecnie przez podobne doświadczenia. Tysiące federalnych grantów zostało zamrożonych lub anulowanych, a około 2600 nadal pozostaje w zawieszeniu – chodzi o środki o wartości około 1,4 mld dolarów. National Science Foundation oraz National Institutes of Health (NIH) przyznają obecnie zaledwie trzy czwarte zwykłej liczby grantów. Mniej osób rozpoczyna studia doktoranckie. Blisko 95 tys. naukowców odeszło z pracy w administracji federalnej. NIH publikowały dawniej nawet 850 „Notices of Funding Opportunity” – ogłoszeń o konkursach na określone rodzaje badań – rocznie. W 2025 roku agencja opublikowała ich 120. Do połowy marca 2026 roku NIH ogłosiły zaledwie 14 takich konkursów.

To, co się obecnie dzieje, jest niczym innym jak pokoleniową zmianą sposobu organizowania amerykańskiego systemu nauki. Co więcej, nauka wydaje się dziś czymś innym. Zmienił się jej cel, jej charakter. A także społeczny status ludzi, którzy się nią zajmują. I sami naukowcy nie rozumieją, dlaczego.

DOMINUJĄCYMI EMOCJAMI w środowisku naukowym są obecnie gniew i szok. Badanie przeprowadzone przez portal naukowy STAT wykazało, że ponad połowa badaczy finansowanych przez NIH – instytucję, która jeszcze niedawno niezawodnie rozdysponowywała około 40 mld dolarów rocznie – doświadczyła zakłóceń finansowania: całkowitego zamrożenia środków, opóźnień w ich wypłacie albo zmniejszenia wysokości grantów. Aż 81% naukowców zatrudnionych na stanowiskach prowadzących do uzyskania stałego etatu profesorskiego (tenure track) stwierdziło, że obawia się, iż problemy z finansowaniem mogą obniżyć ich produktywność tak, że zagrożą ich szansom na uzyskanie stałego zatrudnienia.

Oczywiście ostatecznym celem nauki powinny być odkrycia naukowe, a nie granty czy etaty. Ubieganie się o niezwykle konkurencyjne granty z ograniczonych pul środków od zawsze było sposobem finansowania badań – procesem dalekim od doskonałości, ale lepszych opcji nie było. Arbitralne anulowanie grantów i opóźnianie wypłat środków są jednak czymś bezprecedensowym. A uzasadnianie takich decyzji względami politycznymi – na przykład zakazywanie finansowania projektów zawierających sformułowania odnoszące się do różnorodności, równości i włączenia społecznego/integracji (Diversity, Equity, Inclusion) – do tej pory było czymś niewyobrażalnym.

Kiedy Jenna Norton, kierowniczka programu w National Institute of Diabetes and Digestive and Kidney Diseases (NIDDK), 12 lat temu rozpoczęła pracę w NIH, chciała zwiększyć zakres badań nad społecznymi uwarunkowaniami zdrowia. Strukturalny rasizm w praktykach udzielania kredytów hipotecznych sprawiał, że osoby niebiałe były pozbawiane możliwości nabywania domów i budowania majątku przekazywanego z pokolenia na pokolenie, co zmuszało je do mieszkania w dzielnicach położonych bliżej źródeł toksycznych zanieczyszczeń, takich jak fabryki i autostrady, pozbawionych chodników i podstawowej infrastruktury. „To trudny obszar badań do ilościowego opisania, ale nauka osiągnęła już etap, na którym możemy zacząć zadawać takie pytania” – mówi Norton. Obecnie temat ten jest zakazany w amerykańskich konkursach grantowych.

„Cała ta linia badań została odcięta i ocenzurowana, ponieważ niektórych ludzi obrażają słowa »strukturalny rasizm«”.

Osoby odpowiedzialne za polityczne nadzorowanie NIH rozesłały wykazy słów, których nie wolno było używać ani we wnioskach grantowych, ani w już finansowanych projektach. Kierownikom programów w NIH i NSF polecono zwracać się do badaczy prowadzących takie projekty z pytaniem, czy chcieliby zmienić język opisu badań, czy też wolą zaryzykować utratę finansowania. Niektórzy naukowcy, których grantami zarządzała Norton w NIDDK, sami dzwonili do niej z informacją, że chcą zawczasu zmienić sformułowania we wnioskach – jeszcze zanim zostaną za nie ukarani. Norton tak często protestowała przeciwko tym praktykom, że skierowano ją na przymusowy urlop (administrative leave), choć później przywrócono ją do pracy.

Oczywiście, nie wszystkie utracone projekty naukowe miały oczywisty wymiar polityczny. Jak mówi Reynolds, kierujący projektem AXIS: „To, czy przy przesunięciu ku czerwieni równym 10 istnieją czarne dziury, czy nie, nie jest kwestią partyjną”.

Dla większości badaczy tego rodzaju przeszkody są całkowicie nowym doświadczeniem. Już wcześniej rozpoczęcie kariery naukowej było niezwykle trudne – studenci przez wiele lat wykonywali wymagającą intelektualnie i wyczerpującą pracę akademicką, znacznie dłużej niż większość ludzi pozostaje w systemie edukacji, i otrzymywali przy tym niewielkie wynagrodzenie. Ludzie wybierający tę drogę kierują się zazwyczaj poczuciem misji: chcą pomagać innym, dowiedzieć się czegoś nowego o Wszechświecie albo coś nowego wynaleźć. Jeśli zastanawiają się nad politycznymi konsekwencjami swojej pracy, to dlatego, że są one nieodłączną częścią prowadzonych badań. „Nie chodzi tylko o to, że ludzie mają poczucie, iż ich kariera jest zagrożona – mówi jeden z wieloletnich badaczy zdrowia publicznego. – Oni mają poczucie, że atakowani są osobiście”.

POWIĄZANIA Z DEI NIE SĄ JEDYNYMI TEMATAMI wychwytywanymi przez nowe polityczne filtry. Po raz pierwszy beneficjenci grantów nie mogą obecnie zlecać części prac współpracownikom realizującym projekty za granicą. „To oczywiście stanowi problem, gdy bada się groźne choroby, takie jak gorączka Lassa czy Ebola, ponieważ one nie występują w tym kraju” – mówi Kristian Andersen, biolog ewolucyjny z Scripps Research w La Jolla w Kalifornii. – Na tym opiera się cała moja naukowa kariera. Właśnie dlatego przyjechałem do Stanów Zjednoczonych”.

JAK MOŻNA KRÓTKO OPISAĆ OBECNĄ KONDYCJĘ AMERYKAŃSKIEJ NAUKI?

To rozwój niezwykły – i coraz szybszy. Zbieżność postępów biologii, genomiki, nauki o danych i techniki napędza nową erę odkryć, które jeszcze dekadę temu wydawałyby się niewyobrażalne. Wyjątkowy amerykański ekosystem – w którym środowisko akademickie, administracja publiczna i przemysł (zarówno biotechnologiczny, jak i sektor zaawansowanych technik) rzeczywiście ze sobą współpracują – pozostaje czymś, co niewiele krajów zdołało dotąd odtworzyć.

Chris Boshoff, prezes ds. badań i rozwoju (R&D), Pfizer

Getty Images (zdjęcia na ilustracjach na stronach 30-31 i 34-35)

eprasa.pl 2eb30cef3b



Przez większość lat, gdy Andersen ogłaszał nabór na stanowisko badacza po doktoracie w swoim laboratorium, otrzymywał nawet 200 zgłoszeń, z czego około jedna trzecia pochodziła od kandydatów z Europy. W tym roku wpłynęło 100 zgłoszeń – z Europy ani jedno. Zazwyczaj jego laboratorium składało co roku dwa lub trzy wnioski o tzw. granty dla centrów badawczych (center grants). W minionym roku nie ogłoszono ani jednego konkursu w dziedzinie wirusologii, immunologii ani immunologii wirusowej, w którym można byłoby złożyć wniosek. Co więc dalej? Andersen, który jest Duńczykiem, mówi: „Dla ludzi takich, jak ja, najlepszym rozwiązaniem będzie prawdopodobnie wyjazd i prowadzenie badań naukowych gdzie indziej”. I nie jest jedyną osobą, która rozważa tę opcję. Spośród około 1650 naukowców, którzy odpowiedzieli na ankietę czasopisma „Nature”, 75% zadeklarowało, że bierze pod uwagę taką możliwość.

eprasa.pl 2eb30cef3b



„Najbardziej pełni pasji i najbardziej kreatywni naukowcy kierują się intuicją, emocjami, ciekawością – mówi Gregory Feist, psycholog z San José State University, badający środowisko naukowców. – Do czasu Trumpa potrafili nie zaprzątać sobie głowy kwestiami politycznymi". Ich praca, jeśli nawet nie przekraczała podziałów politycznych, to przynajmniej była czymś ważnym dla wszystkich, niezależnie od czyichś poglądów politycznych.

Teraz postrzegają to inaczej. „Największym zaskoczeniem w ostatnim roku było dla mnie to, jak szybko wszystko może się zmienić" – mówi klimatolog pracujący w NASA. Ten szok wywołany łatwością, z jaką rząd może przepisać na nowo zasady funkcjonowania całego systemu, powracał w wielu rozmowach. „Czy pański grant zostanie zamrożony? Czy zostanie anulowany? Czy zostanie przywrócony? Czy jego wypłata zostanie opóźniona, ponieważ musi pan zmienić sformułowania we wniosku? – pyta Scott Delaney, były epidemiolog z Harvard University i współzałożyciel organizacji monitorującej Grant Witness – Rzeczywistość jest taka, że z powodu tego, co się wydarzyło i nadal dzieje, wzajemne zaufanie badaczy i rządu federalnego zostało całkowicie zniszczone".

Bez tego zaufania cały system może się rozpaść. „Laboratoria będą zamykane. Młodzi naukowcy wyjadą do innych krajów albo całkowicie zrezygnują z kariery naukowej – mówi Carole LaBonne, biolog rozwoju z Northwestern University. – To porozumienie, które istniało od czasów II wojny światowej i uczyniło Stany Zjednoczone odnoszącym sukcesy, zamożnym państwem, jest właśnie demontowane".

CO DOPROWADZIŁO DO ROZPADU tego porozumienia? Kilku badaczy wskazuje reakcję na pandemię COVID jako moment przełomowy.

Na początku wytyczne dotyczące zdrowia publicznego były chaotyczne w kwestiach noszenia masek, zamykania szkół i stosowania leków u pacjentów. Jednocześnie w ciągu niespełna roku opracowano skuteczną szczepionkę – sukces wcześniej niespotykany. Ostatecznie jednak w ciągu pierwszych dwóch lat pandemii zmarło około miliona ludzi.

To doświadczenie podważyło zaufanie do nauki i naukowców. Nadal pozostaje ono wysokie – od lat około 77% ludzi deklaruje, że darzy naukę dużym zaufaniem. Jednak przed pandemią odsetek ten był o około 10 punktów procentowych wyższy, a obecnie wyraźnie zależy od sympatii politycznych. „Zwłaszcza w Stanach Zjednoczonych, wraz z rozwojem mediów społecznościowych, nagle każdy stał się ekspertem od epidemii COVID. Większość z tego była po prostu stekiem bzdur – mówi Andersen. – A potem w pewnym momencie zostały już tylko bzdury".

To częściowo wyjaśnia, jak osoba niebędąca naukowcem, taka jak Robert F. Kennedy Jr., znany z nieortodoksyjnych i niepotwierdzonych poglądów na temat zdrowia i medycyny, mogła zostać szefem Departamentu Zdrowia i Opieki Społecznej, sprawującego nadzór nad NIH. Nie wyjaśnia jednak, w jaki sposób Elon Musk – przemysłowiec i najbogatszy człowiek w historii – uzyskał możliwość wycięcia tak dużej części amerykańskiego systemu badań naukowych. Nie wyjaśnia także, dlaczego były ekspert konserwatywnego think tanku Russell Vought mógł, wykorzystując kontrolę nad technokratycznym Biurem Zarządzania i Budżetu (Office of Management and Budget), praktycznie wyzerować finansowanie badań naukowych.

JAK MOŻNA KRÓTKO OPISAĆ OBECNĄ KONDYCJĘ AMERYKAŃSKIEJ NAUKI?

Możliwości dokonywania przełomowych odkryć nigdy nie były większe, ale jednocześnie warunki do rozwijania nauki w Stanach Zjednoczonych rzadko kiedy wydawały się tak niepewne jak dziś.

Jennifer Doudna, laureatka Nagrody Nobla, University of California w Berkeley

eprasa.pl 2eb30cef3b

W skrajnie prawicowym konserwatyzmie niewątpliwie istnieje nurt niechęci wobec uniwersytetów i akademickiego poszukiwania prawdy. Ale poza nihilistycznym pragnieniem zniszczenia wszystkiego albo antyintelektualizmem – dlaczego niszczyć społeczną umowę między państwem a nauką? Jedną z możliwości jest to, że porozumienie to już wcześniej zaczęło słabnąć.

W pierwszej połowie XX wieku przedsiębiorcy, politycy i naukowcy, próbując zrozumieć, w jaki sposób abstrakcyjne badania akademickie przekształcają się w użyteczne rozwiązania, opracowali koncepcję znaną dziś jako liniowy model innowacji – teoretyczny (i kwestionowany) ciąg wydarzeń prowadzący od finansowania, przez badania podstawowe i badania stosowane, aż do opracowania techniki lub produktu. Najbardziej znane sformułowanie tego modelu pojawiło się pod koniec II wojny światowej w raporcie „Science: The Endless Frontier", którego autorem był Vannevar Bush – inżynier kierujący w czasie wojny Office of Scientific Research and Development. Bush doskonale rozumiał, że to nauka stosowana zapewniła aliantom zwycięstwo – nie tylko dzięki bombie jądrowej, lecz także radarowi, penicylinie, metodom konserwacji żywności, kryptografii i wielu innym osiągnięciom. To naukowcy uratowali wolny świat, ale Bush i jego współpracownicy musieli wcześniej stoczyć niezwykle trudną walkę, by wykorzystać rodzący się potencjał naukowy na polu bitwy. Dlatego Bush zaproponował objęcie całej amerykańskiej nauki stałym państwowym mecenatem.

Badania podstawowe – pisał Bush – są „prowadzone bez myślenia o praktycznych celach" i „tworzą zasób wiedzy, z którego muszą być czerpane praktyczne zastosowania". Zaproponował więc ogromne rozszerzenie zdolności państwa do finansowania nauki za pośrednictwem takich instytucji, jak NSF i NIH. Rząd miał przekazywać naukowcom pieniądze podatników, aby mogli oni po omacku poszukiwać nowych zjawisk w ramach badań podstawowych. Od czasu do czasu część tych badań prowadziła do opracowania nowych leków, satelitów telekomunikacyjnych czy bardziej wydajnych odmian roślin uprawnych. Nie każdy dolar wydany przez państwo na naukę miał przynosić przełomowy lek lub technikę wartą miliardy dolarów. Jednak większość przełomowych leków i technologii o wartości miliardów dolarów miała swoje źródło właśnie w finansowaniu publicznym. Państwo zobowiązało się więc finansować szeroki zakres badań. A naukowcy w zamian zgodzili się podporządkowywać procedurom rządowym i od czasu do czasu odpowiadać na wezwanie państwa niczym na sygnał Batmana. „To właśnie jest uścisk dłoni między nauką a rynkiem" – mówi Benjamin Jones, ekonomista z Northwestern University zajmujący się badaniami nad innowacjami.

Brzmi to jak strategia podporządkowana interesom biznesu i obronności. Jednak, jak zauważa badacz innowacji Benoît Godin, choć Bush zgadzał się ze środowiskami biznesowymi, że badania naukowe i kształcenie naukowców prowadzą do postępu przemysłowego, jego uzasadnienie miało wyraźnie charakter społeczny. „Bez postępu naukowego stan zdrowia narodu uległby pogorszeniu; bez postępu naukowego nie moglibyśmy liczyć na poprawę poziomu życia ani na wzrost liczby miejsc pracy dla naszych obywateli; bez postępu naukowego nie zdołalibyśmy utrzymać naszych wolności w obliczu tyranii" – pisał Bush.

W rzeczywistości już w latach 60. środowiska wojskowe i przemysłowe w dużej mierze straciły cierpliwość do tej akademickiej, eksploracyjnej strony całego modelu. Liderzy amerykańskiego kapitału i świata finansów nadal chcieli pobudzać innowacje naukowe i techniczne, ale uważali, że prawdziwy problem dotyczy tego, dokąd trafiają pieniądze i jak dużo ich jest dostępnych. Banki nie chciały ryzykować udzielania kredytów niepewnym start-upom, które nie dysponowały żadnym zabezpieczeniem. Pojawił się jednak szczególny rodzaj inwestorów – inwestorzy venture capital, gotowi wnosić kapitał wysokiego ryzyka do przedsięwzięć badawczych w zamian za udział we własności finansowanych firm.

Takie podejście również zaczęło się wyczerpywać. W 1977 roku William Casey, późniejszy dyrektor Centralnej Agencji Wywiadowczej (CIA), przygotował raport dla amerykańskiej Small Business Administration, w którym argumentował, że przyczyną problemu jest zbyt ograniczony dostęp funduszy venture capital do kapitału. Według M. R. Sautera, historyka techniki z University of Maryland, nowy model innowacji Caseya stawiał w centrum nie badania podstawowe ani nawet inżynierię, lecz po prostu pieniądze – i inwestorów, którzy nimi dysponowali. Raport Caseya zalecał zmianę przepisów ustawy Employee Retirement Income Security Act z 1974 roku, tak aby kapitał instytucjonalny, na przykład fundusze emerytalne, mógł trafiać do bardziej ryzykownych przedsięwzięć typu venture capital. W 1979 roku Kongres rzeczywiście wprowadził taką zmianę.

Rok później uchwalił natomiast ustawę Bayh-Dole Act, przenosząc prawa własności do wyników badań prowadzonych na uniwersytetach i finansowanych przez państwo z rządu federalnego na same uczelnie.

Od tej chwili przełomowy lek czy nowatorski algorytm wyszukiwarki mógł przynieść uniwersytetowi ogromne zyski, a administracje uczelni zaczęły mieć wspólny interes z inwestorami venture capital. Coraz więcej odkryć naukowych zaczęło zamieniać się w pieniądze. Jednocześnie jednak ten sojusz przesunął punkt ciężkości z budowania zdolności państwa do prowadzenia badań na osiąganie wyników finansowych.

Dziś największy wpływ na rozwój techniki w sektorze prywatnym mają firmy z Doliny Krzemowej, a ich spojrzenie na innowacje zakłada, że powinny one rozwijać się szybko, wywracać istniejące rynki do góry nogami i przynosić zyski. Ta perspektywa wpływa obecnie na sposób finansowania nauki przez państwo bardziej niż kiedykolwiek wcześniej. „Obecna administracja [Donalda Trumpa] działa bardzo destrukcyjnie i nieustannie zmienia zdanie. Ma znacznie bardziej sceptyczne podejście do nauki, a jednocześnie

JAK MOŻNA KRÓTKO OPISAĆ OBECNĄ KONDYCJĘ AMERYKAŃSKIEJ NAUKI?

Stany Zjednoczone dysponują niezwykle bogatym i silnym ekosystemem naukowym – znakomitym sektorem akademickim, imponującym zapleczem badań przemysłowych oraz laboratoriami narodowymi, które starają się tworzyć pomost między tymi dwoma środowiskami. Jednocześnie jednak muszą funkcjonować w coraz bardziej konkurencyjnym otoczeniu międzynarodowym.

Kim Budil, dyrektorka Lawrence Livermore National Laboratory

eprasa.pl 2eb30cef3b

chce zwyciężyć w technicznym wyścigu – mówi Benjamin Jones, ekonomista z Northwestern University. – W pewnym stopniu wynika to z nastawienia odnoszących sukcesy ludzi z Doliny Krzemowej, którzy wywierają obecnie na nią duży wpływ. Kierują się logiką zakłócania istniejącego porządku".

„Moim zdaniem takie podejście jest po prostu błędne" – dodaje Jones.

Przez większą część obecnego stulecia niemal wszystkie wskaźniki produktywności naukowej – liczba nowych wyników badań, odkryć i wynalazków – zdają się wykazywać tendencję spadkową. Pogląd ten jest kontrowersyjny, a same dane trudno jednoznacznie zmierzyć, jednak pod względem praktycznym nie ma to większego znaczenia, ponieważ ten pozorny spadek naraził instytucje naukowe na zarzuty, że to sami naukowcy przestali wywiązywać się ze swojej części umowy. Być może nie dziwi więc, że cały system przekształcił się w to, co socjolog Edward Hackett z Arizona State University określa mianem „kapitalizmu akademickiego". Dzisiejsi inwestorzy i decydenci polityczni uważają, że wszystkie badania powinny mieć znaczenie gospodarcze i służyć akumulacji kapitału. Jak zauważa socjolog Bob Jessop z Lancaster University, „gospodarka oparta na wiedzy" oczekuje, że każdy naukowiec będzie jednocześnie przedsiębiorcą.

Brzmi to znajomo.

Być może właśnie dlatego w nowo powołanej Prezydenckiej Radzie Doradców ds. Nauki i Technologii znalazł się tylko jeden naukowiec – fizyk. Pozostałych 12 członków stanowią znane postacie z Doliny Krzemowej, takie jak inwestor venture capital Marc Andreessen czy Jensen Huang, dyrektor generalny firmy Nvidia – producenta układów scalonych. W marcu Trump nominował ponadto inwestora venture capital Jima O'Neilla na stanowisko dyrektora National Science Foundation. Firmy rozwijające sztuczną inteligencję – obecnie najgorętszy temat – przekonują, że ich produkty są w stanie przejąć znaczną część pracy naukowców: od analizy danych po formułowanie hipotez badawczych. „GPT-5.2 jest już właściwie tak inteligentny, że może pełnić funkcję pomocnika w wielu badaniach naukowych" – mówi Sébastien Bubeck, informatyk z OpenAI.

NIE TAKI ŚWIAT CHCIELIBY OGLĄDAĆ naukowcy, ale właśnie w takim świecie przyszło im funkcjonować. Problem polega na tym, że podporządkowanie nauki politycznej ideologii i bardziej komercyjnemu sposobowi myślenia niemal na pewno oznacza mniejszą liczbę istotnych odkryć. Nikt nie jest w stanie przewidzieć, kiedy badanie śliny helodermy arizońskiej (*Heloderma suspectum*) doprowadzi do opracowania leków przeciw otyłości z grupy agonistów GLP-1.

Zdaniem naukowców umieszczenie polityków na szczycie systemu oceny grantów okaże się katastrofą. Badacze, którym uda się uzyskać finansowanie pod warunkiem, że będą analizować wyniki zdrowotne z pominięciem takich zmiennych, jak status społeczno-ekonomiczny, płeć czy pochodzenie etniczne, nie będą nawet mogli opublikować swoich rezultatów. Jak mówi jeden z dyrektorów NSF, recenzenci naukowi „nie zaczną nagle pobłażać tej fantazji". Będą domagać się uwzględnienia wszystkich istotnych czynników.

W ubiegłym roku zespół ekonomistów spróbował wyobrazić sobie, jak mogłaby wyglądać taka przyszłość, tworząc alternatywną wersję przeszłości. W 2025 roku NIH zmniejszyły wartość przyznawanych grantów o ponad 40% w porównaniu z poprzednimi latami. Co by było – zapytali badacze – gdyby budżet NIH był o 40% mniejszy przez kilka ostatnich dekad? Założyli, że granty znajdujące się w dolnych 40% listy rankingowej nigdy nie otrzymałyby finansowania. Następnie prześledzili losy tych projektów – badań, które w tej alternatywnej rzeczywistości nigdy by się nie zostały przeprowadzone – i doszli do wniosku, że mniej więcej połowa wszystkich współczesnych leków po prostu by nie powstała. Wśród utraconych znalazłyby się m.in. imatynib, pierwszy naprawdę skuteczny lek na przewlekłą białaczkę szpikową, oraz erlotynib stosowany w leczeniu raka płuca.

Co naukowcy mają zrobić w tej sytuacji? „Chciałbym zobaczyć, że więcej ludzi otwarcie zabiera głos, ale fakty są takie, że większość tego nie robi – mówi Andersen. – Nie chcą stać się celem działań rządu federalnego. Sam tego doświadczyłem i nadal doświadczam. To naprawdę nie jest przyjemne".

Podobnie jak wielu innych badaczy Andersen wyraża rozczarowanie tym, co uważa za porażkę instytucji nauki – krajowych akademii nauk, American Association for the Advancement of Science oraz uniwersytetów – które, jego zdaniem, nie potrafiły wystąpić z bardziej zdecydowanym sprzeciwem. „Nie widzieliśmy praktycznie żadnej takiej reakcji, zwłaszcza ze strony akademii" – mówi.

Niektórzy naukowcy próbują po prostu się nie wychylać i nadal wykonywać swoją pracę. Inni wiedzą, że nie mogą sobie na to pozwolić. „W dziedzinie ochrony zdrowia publicznego mamy chlubną tradycję organizowania się i działania. Byliśmy aktywistami" – mówi Gregg Gonsalves, epidemiolog i profesor polityki zdrowotnej na Yale University. W XXI wieku to się jednak zmieniło. „Wmawiano nam, że to nie ma znaczenia, że liczy się wyłącznie liczba zdobytych grantów i opublikowanych artykułów. »Zapomnijcie o sprawach społecznych i politycznych, to tylko kwestie uboczne«. Okazało się, że wcale nie były uboczne. Są sednem całego problemu".

Gonsalves, który w latach 80. uczestniczył w walce o lepszą opiekę dla osób zakażonych HIV i chorych na AIDS, uważa, że dziś naukowcy mają jeszcze jedno zadanie: „Składać świadectwo i przedstawiać dowody. Być może nie przekona to Russella Voughta ani Marco Rubio, ale będzie miało znaczenie dla akt sprawy, dla przyszłej komisji prawdy i pojednania, dla procesów na wzór norymberskich, które kiedyś się odbędą – mówi. – Zachowujcie dowody. Zapisujcie wszystko, co widzicie. Mówcie ludziom, co zrobiono. Jesteśmy bardzo dobrzy w wykazywaniu, że X prowadzi do Y".

Na tym właśnie polega natura zmian pokoleniowych. Po każdym pokoleniu zawsze przychodzi kolejne. ■

eprasa.pl 2eb30cef3b

Powrót do przeszłości?

Młodzi amerykańscy naukowcy przeżywają teraz trudny okres. Historia podpowiada, jak może wyglądać przyszłość

DEBORAH BLUM
Ilustracje PEPE SERRA




THE CHRONICLE
WORLD REPORT
THE DAILY REPORT
SCIENCE REPORT
THE HERALD
THE HER
SCIENCE DAILY
THE · NEWS
THE SCIENTIS
WORLD REPORT

DECYZJA EMMY SCALES, by zostać naukowcem, wydawała się logiczna – wręcz oczywista. Scales dorastała w stanie New Jersey, na wybrzeżu, chodziła do szkoły średniej kładącej nacisk na biologię morza i poznawała powiązania między organizmami morskimi – zarówno tymi dużymi, jak i małymi. Chciała lepiej zrozumieć i chronić świat, który kochała.

Obecnie, jako doktorantka na Cornell University, bada symbiozę, a konkretnie sposoby, w jaki bakterie mogą rozwijać się wewnątrz grzybów, tworząc układ oparty na obopólnych korzyściach. Jak sama określa, jest to system przypominający „rosyjską matrioszkę". Ale dziś niewiele rzeczy wydaje się prostych lub logicznych. Badania Scales są w dużej mierze ukierunkowane na ochronę roślin uprawnych, a na Cornell University zamykano ostatnio laboratoria z powodu cięć federalnego finansowania, w tym pracownie prowadzące programy mające wzmacniać amerykańskie rolnictwo. Od 2025 roku administracja Trumpa zlikwidowała ponad 7800 grantów, pozbawiła pracy 25 tys. naukowców i pracowników związanych z badaniami, a w styczniu 2026 roku zaproponowała cięcia budżetowe w łącznej wysokości około 32 mld dolarów. Cornell University odzyskał finansowanie, ale cena ustępstw była wysoka i wciąż uczelnia dostaje coraz liczniejsze sygnały ostrzegawcze.

Scales jest jednym z tysięcy młodych badaczy w USA, którzy próbują zrozumieć, jak obecny chaos w amerykańskiej nauce wpłynie na ich ścieżki zawodowe. W obliczu utraconych funduszy i wstrzymanych programów młodzi naukowcy muszą mierzyć się z niepewnością na rynku pracy oraz perspektywą wyjazdu ze Stanów, a w niektórych przypadkach nawet całkowitym porzuceniem kariery naukowej.

Scales postanowiła jednak stawić opór, przyłączając się do innych doktorantów próbujących chronić uniwersytety. „Usuwają z nauki wpływ wielu najwybitniejszych uczonych. Osiągnięcia dziesięcioleci są po prostu wymazywane" – mówi. Zastanawia się, ile czasu zajmie odzyskanie tego, co zostało utracone, gdy społeczność naukowa dostanie wreszcie szansę odbudowy systemu.

Podobne pytania zadaje Julia Menzel, młoda amerykańska historyczka nauki, obecnie pracująca na University of Toronto.

„Musi istnieć jakiś sposób złagodzenia negatywnego wpływu tej sytuacji na ludzi próbujących rozpocząć swoją karierę naukową – mówi. – Jeśli stracimy całe pokolenie naukowców, konsekwencje będą bardzo poważne."

Badania Menzel, rozpoczęte podczas studiów doktoranckich z historii nauki na Massachusetts Institute of Technology, pokazują, że kraj mierzył się już wcześniej z podobnymi wyzwaniami. Administracje niechętne

Deborah Blum to laureatka Nagrody Pulitzera, dziennikarka naukowa oraz autorka sześciu książek poświęconych historii nauki. Obecnie pracuje nad książką o kobietach-truciecielkach".

eprasa.pl 2eb30cef3b

nauce opartej na dowodach próbowały już demontować amerykański system badań naukowych. Historia zatacza koło – wielu historyków nauki dostrzega podobieństwa między epokami Donalda Trumpa i Richarda Nixona oraz sposobami, w jakie obaj prezydenci podsycali nieufność Amerykanów wobec nauki, aby realizować własne cele polityczne.

Na przykład Nixon, podobnie jak obecnie Trump, wprowadził szeroko zakrojone cięcia finansowania badań, jednocześnie kierując środki na wybrane przez siebie projekty naukowe. W kolejnych administracjach nauka odzyskała zarówno finansowanie, jak i prestiż, częściowo dzięki strategicznym działaniom samych naukowców. Czy tym razem ten schemat się powtórzy?

David Kaiser, fizyk i historyk nauki z MIT, który był promotorem Menzel, uważa, że historia uczy przede wszystkim cierpliwości – ponieważ końca tej opowieści jeszcze nie znamy. Rozwiązanie może jednak przyjść od młodych naukowców, takich jak Scales, którzy podejmą się odbudowy nauki jako zawodu. Być może będą zmuszeni posłużyć się zupełnie nowym planem działania. Niewyluczone, że sami będą musieli wymyślić swoją przyszłość. Najpierw jednak muszą przetrwać teraźniejszość. „Poczucie głębokiej niepewności jest dziś wszechobecne. Jest tak wielu studentów – niezwykle utalentowanych i pełnych szczerych intencji – którzy wybierają badania naukowe, bo chcą pomagać światu. – mówi z troską w głosie Kaiser. – A tymczasem zmierzają ku przyszłości, która w niczym nie przypomina tej, jaką sobie dla nich wyobrażałem."

STANY ZJEDNOCZONE OD DAWNA SĄ zaangażowane we wspieranie badań naukowych i prac rozwojowych (R&D). W 2023 roku kraj przeznaczył na badania około 3,45% swojego produktu krajowego brutto, co dało mu piąte miejsce na świecie. Według amerykańskiej National Science Foundation całkowite wydatki na naukę w 2024 roku wyniosły 993 mld dolarów. Z tej kwoty niemal 19% pochodziło od rządu federalnego, a prawie 76% – z przemysłu. W 2024 roku federalne środki na badania trafiały przede wszystkim do agencji federalnych i wybranych partnerstw badawczych sektora publicznego i prywatnego (43%), następnie do uniwersytetów (31%) oraz przedsiębiorstw (19%).

Zwrot z inwestycji w naukę jest równie imponujący. Same amerykańskie National Institutes of Health wnoszą do PKB USA ponad 69 mld dolarów dzięki prowadzonym badaniom, a organizacja zajmująca się wspieraniem badań medycznych podaje, że każdy dolar wydany przez NIH na badania generuje 2,57 dolara nowej aktywności gospodarczej. Z kolei Federal Reserve Bank of Dallas wyliczył, że od zakończenia II wojny światowej rządowe inwestycje w badania i rozwój przynosiły zwrot sięgający nawet 300%.

Sama nauka nie ma charakteru partyjnego, a wyniki badań powinny służyć kształtowaniu polityki publicznej. Mimo to finansowanie nauki w Stanach Zjednoczonych od dawna jest przedmiotem politycznych rozgrywek.



JAK MOŻNA KRÓTKO OPISAĆ OBECNĄ KONDYCJĘ AMERYKAŃSKIEJ NAUKI?

Ogólnie rzecz biorąc, sytuacja jest znakomita. Oczywiście istnieją obawy związane m.in. z finansowaniem. Mimo to uważam, że to, czego amerykańska nauka dokonała w ciągu ostatnich 50 czy 100 lat, jest naprawdę niezwykłe."

Robert Langer, Institut Professor, MIT

W 2009 roku prezydent Barack Obama ogłosił, że „czasy, gdy nauka schodziła na dalszy plan wobec ideologii", dobiegły końca, deklarując chęć podwojenia federalnych wydatków na badania w okresie umiarkowanego wzrostu wydatków publicznych. Jednak zdominowany przez ruch Tea Party Kongres zablokował te plany. Ostatecznie, jak wynika z analizy American Association for the Advancement of Science, finansowanie zatwierdzane przez Kongres dla agencji federalnych spadło realnie – po uwzględnieniu inflacji – o całe 10%.

Pierwsza administracja Trumpa natychmiast podjęła próbę pogłębienia tych cięć. Tym razem również napotkała opór Kongresu. Budżet NIH – największego sponsora badań prowadzonych na amerykańskich uniwersytetach – wzrósł z około 30 mld dolarów w 2015 roku do ponad 48 mld w 2025 roku, częściowo dzięki apelom prezydenta Joe Bidena o większe inwestycje w badania. Biden prowadził zresztą kampanię wyborczą, obiecując szacunek dla opinii naukowców; Trump wyśmiewał go za słuchanie ekspertów.

Druga administracja Trumpa jeszcze silniej uderzyła w finansowanie nauki. Zamroziła granty i inne środki przeznaczone na badania niemal we wszystkich dziedzinach. Projekt budżetu na rok fiskalny 2027 przewiduje ograniczenie środków dla niemal każdej federalnej agencji naukowej, w tym obcięcie budżetu NSF aż o 55%. Choć Kongres zagłosował za przywróceniem znacznej części finansowania, a sędziowie federalni próbowali interweniować, administracja wykorzystywała wewnętrzne decyzje agencji oraz prezydenckie memoranda, aby jak najbardziej redukować budżety – a czasami po prostu wstrzymywała środki wcześniej zatwierdzone przez Kongres.

„Nie sądzę, by ktokolwiek był przygotowany na skalę i tempo tych cięć – mówi Melinda Baldwin, historyczka nauki z University of Maryland, w College Park. – Naprawdę trudno mi wskazać podobny moment w przeszłości, kiedy finansowanie odcinano tak szybko."

Nie zawsze jednak to rząd był głównym sponsorem badań naukowych. W XIX wieku badania miały przede wszystkim praktyczny charakter i były postrzegane jako domena niezależnych przedsiębiorców. Wystarczy wspomnieć wynalezienie odziarniarki do bawełny przez Eli Whitneya, która zrewolucjonizowała mechanizację rolnictwa na początku XIX wieku, czy komercjalizacja telefonu przez Alexandra Grahama Bella w drugiej połowie tego stulecia. Obaj korzystali ze wsparcia zamożnych patronów finansujących ich prace.

Model oparty na dobroczyńcach finansujących innowacje utrzymywał się jeszcze długo w XX wieku. Kiedy w latach 40. rząd federalny zaczął finansować badania podstawowe, amerykańskie społeczeństwo – wciąż dotknięte skutkami Wielkiego Kryzysu – coraz krytyczniej odnosiło się do badań naukowych.

Jak zauważa Kaiser, podobnie jak dzisiejsi Amerykanie, ludzie tamtych czasów „obawiali się, że technika

eprasa.pl 2eb30cef3b

odbierze in miejsca pracy, a technokracja postawi naukę ponad ludźmi".

Obawy te zagłuszył jednak wojenny werbel. Amerykańskie wojsko uznało, że zwycięstwo w II wojnie światowej będzie zależało również od wygrania wyścigu innowacji naukowych. Kraj potrzebował nowych metod ratowania rannych żołnierzy, lepszych czołgów i samolotów oraz skuteczniejszej broni, co ostatecznie doprowadziło do powstania bomby jądrowej. Światowy konflikt całkowicie zmienił sposób myślenia o finansowaniu nauki, a następująca po nim zimna wojna jeszcze bardziej ten trend umocniła. Po wystrzeleniu przez Związek Radziecki w 1957 roku Sputnika – pierwszego sztucznego satelity Ziemi – rząd Stanów Zjednoczonych rzucił się do wyścigu kosmicznego i wspieranie amerykańskiej nauki wystrzeliło niczym rakieta.

W 1950 roku prezydent Harry Truman powołał National Science Foundation, aby podejmowała decyzje dotyczące finansowania badań. W 1957 roku budżet NSF wynosił około 40 mln dolarów. Niewiele ponad dekadę później, w 1968 roku, osiągnął już 500 mln. Federalne wydatki na badania i rozwój gwałtownie rosły w latach 1940–1968, osiągając ponad 24 mld dolarów. Eksperci szacują, że w tym momencie rząd federalny finansował już ponad 60% wszystkich badań podstawowych i prac rozwojowych prowadzonych w USA.

„Tak naprawdę uważam lata 50. i 60. za okres wyjątkowy pod względem gospodarczym – mówi Katherine Pandora, historyczka nauki z University of Oklahoma. – Wiele osób twierdzi dziś, że taki stan rzeczy powinien być normą. Ale to nie była norma – do uniwersytetów płynęły wówczas nienaturalnie duże ilości pieniędzy. Dodaje: „Nawet nauki humanistyczne miały ich pod dostatkiem." Pieniędzy było mnóstwo. Realistycznie rzecz biorąc, to nie mogło się utrzymać.

I nie utrzymało.

POD KONIEC LAT 60. dyskusję o finansowaniu nauki na nowo ukształtowała wojna w Wietnamie. Dla Amerykanów był to konflikt niezwykle niepopularny. Ostatecznie pochłonął życie niemal 60 tys. amerykańskich żołnierzy, według wielu szacunków ponad miliona żołnierzy wietnamskich oraz od jednego do dwóch milionów cywilów. W całych Stanach Zjednoczonych wybuchły protesty, a według wielu młodych Amerykanów w gronie winnych znaleźli się również naukowcy i uniwersytety pomagające opracowywać broń wykorzystywaną na wojnie, być może także udoskonalone wersje broni jądrowej. Historia National Science Foundation odnotowuje, że do 1969 roku „zapanowała niechęć do nauki jako takiej" – wyrażana coraz gwałtowniej.

Jednym z najbardziej znanych incydentów było zdetonowanie bomby przez aktywistów antywojennych na kampusie University of Wisconsin–Madison w 1970 roku. Celem zamachu było Wojskowe Centrum Badań Matematycznych. Eksplozja, do której doszło w środku nocy, zabiła jednego badacza, zraniła co najmniej cztery osoby i uszkodziła nie tylko samo centrum, lecz także ponad dwa tuziny innych budynków.

JAK MOŻNA KRÓTKO OPISAĆ OBECNĄ KONDYCJĘ AMERYKAŃSKIEJ NAUKI?

Obecną sytuację charakteryzuje wysoki poziom niepewności dotyczącej finansowania, który potrafi paraliżować, brak wizji pozwalającej myśleć z rozmachem na szczeblu federalnym oraz szkodliwe uwikłanie w politykę. Jednocześnie amerykańska nauka pozostaje prawdziwym gigantem odkryć i innowacji.

Thomas Rosenbaum, rektor [do 1 lipca 2026 – przyp. red.], California Institute of Technology

Wydarzenia te stworzyły warunki, które umożliwiły Richardowi Nixonowi, wybranemu na prezydenta w 1968 roku, uczynienie akademickiego świata politycznym przeciwnikiem.

Choć Nixon nie prowadził otwarcie kampanii wyborczej pod hasłami wymierzonymi w naukę, podobnie jak Trump szybko przystąpił do ograniczania jej pozycji.

„Widzę wiele podobieństw do Nixona w sposobie, w jaki Trump i jego współpracownicy mówią, aby uzasadnić to, co próbują zrobić z federalnym systemem finansowania badań" – mówi Baldwin, współautorka opracowania przygotowanego przez American Historical Association na temat historii finansowania nauki w Stanach Zjednoczonych. Jak zauważa, obaj prezydenci wykazywali przekonanie, że „badania naukowe powinny być rozliczane przez władzę wykonawczą".

Wśród historyków, jest wśród nich Baldwin, panuje niemal pełna zgoda, co do tego, że nixonowska wizja „imperialnej prezydentury", podporządkowującej sobie środowisko naukowe, zapowiadała podejście Trumpa i jego administracji. „Istnieje wiele niepokojących podobieństw do obecnej sytuacji" – zgadza się Kaiser.

Jednak jeszcze zanim Nixon został prezydentem, kierunek polityki rządu zaczął się zmieniać. W połowie lat 60. urzędnicy federalni zaczęli się obawiać, że wydatki na badania wymknęły się spod kontroli. W 1966 roku Departament Obrony zastanawiał się, czy rzeczywiście otrzymuje odpowiednią wartość za wydane pieniądze. Od czasu wystrzelenia Sputnika liczba doktorów fizyki w kraju mniej więcej się podwoiła, ale nie przekładało się to już na równie spektakularne innowacje ani rozwój nowej broni.

„Wojsko lubiło mieć naukowców pod ręką, ale zaczęło uważać, że nie zajmują się tym, co naprawdę ważne – mówi Pandora. – Finansowano wiele badań podstawowych, które nie przynosiły praktycznych rezultatów. Oczekiwano większej użyteczności wyników."

W konsekwencji federalne wsparcie dla badań naukowych w Stanach Zjednoczonych zaczęło maleć. Po udanych lądowaniach na Księżycu w 1969 roku NASA rozpoczęła wygaszanie programu rakietowego Apollo. Jak przypomina Kaiser, w 1971 roku około tysiąca osób uzyskało w amerykańskich uczelniach stopień doktora fizyki, rywalizując o mniej niż 100 dostępnych stanowisk pracy. Do 1975 roku – częściowo z inicjatywy administracji Nixona – federalne finansowanie badań niezwiązanych z obronnością spadło o ponad 20% w porównaniu z rekordowym poziomem z lat 60. W pewnym momencie Nixon próbował nawet zablokować wypłatę środków zatwierdzonych przez Kongres na oczyszczanie ścieków, mimo że w 1970 roku sam powołał amerykańską Agencję Ochrony Środowiska (EPA), aby skupić działalność środowiskową różnych instytucji pod jednym kierownictwem.

Wojna w Wietnamie oraz reakcja społeczeństwa na ten konflikt zmieniły coś jeszcze. Amerykańscy konserwatyści zaczęli nabierać przekonania, że studenci zdobywający wykształcenie naukowe i inżynierskie przyswajają jednocześnie liberalny światopogląd, który może podważać tradycyjne amerykańskie wartości.

eprasa.pl 2eb30cef3b

Politykom łatwo było obarczać profesorów uniwersyteckich odpowiedzialnością nie tylko za kształtowanie lewicowych poglądów, lecz także za wpajanie studentom poczucia wyższości.

„Ludzie z otoczenia Nixona byli niezwykle sprawni w wykorzystywaniu stereotypu naukowców jako elity oderwanej od rzeczywistości i dalekiej od zwykłych Amerykanów" – mówi Menzel, która badała, w jaki sposób podważanie autorytetu naukowców pod koniec lat 60. zaczęło zmieniać politykę wobec nauki.

Nixon nie tylko publicznie odwoływał się do retoryki antynaukowej, lecz także wzmacniał ją wewnątrz administracji, obsadzając stanowiska osobami sceptycznie nastawionymi do badań.

Na początku 1973 roku magazyn „Time" napisał, że Nixon „praktycznie wygnał waszyngtoński establishment naukowy".

Zlikwidował stanowisko doradcy prezydenta do spraw nauki, Biuro Nauki i Techniki oraz Prezydencki Komitet Doradczy ds. Nauki. Ogłosił także międzyresortowe cięcia budżetowe, które miały drastycznie ograniczyć finansowanie kształcenia młodych naukowców. Nixon postanowił również skierować finansowanie NIH na „wojnę z rakiem", co doprowadziło do rezygnacji zastępcy sekretarza zdrowia w geście protestu. „Podobnie jak u Trumpa, wielu nominatów Nixona było postrzeganych jako wyjątkowo wrogo nastawionych do NIH" – mówi Baldwin.

Istnieją także inne podobieństwa z obecną sytuacją.

Wojna w Wietnamie okazała się znacznie droższa, niż przewidywano, pochłaniając znaczną część budżetu federalnego. Ceny ropy gwałtownie wzrosły, a inflacja przyspieszała.

Sekretarz skarbu Nixona, George Shultz – pierwszy dyrektor Biura Zarządzania i Budżetu (OMB), a później również sekretarz skarbu – podążył śladem prezydenta w ograniczaniu wydatków, uznając finansowanie badań podstawowych za oczywisty cel oszczędności.

To samo można powiedzieć o obecnym dyrektorze OMB, Russellu Voughcie, który nie tylko doprowadził do bezprecedensowych cięć budżetów federalnych agencji naukowych, lecz także zamrażał środki na badania nawet wtedy, gdy ich wydatkowanie zostało już zatwierdzone przez Kongres.

Vought posunął się jednak dalej niż Shultz. Choć na początku 2026 roku Kongres ponadpartyjną większością zatwierdził przywrócenie znacznej części budżetu NIH, Vought zwlekał z przekazaniem pieniędzy; do połowy marca do agencji nie trafił ani jeden dolar.

W rezultacie działalność NIH została poważnie zakłócona, a wiele programów pozostaje w stanie faktycznego paraliżu. Jak ujmuje to Harmit Malik, biolog ewolucyjny i zastępca dyrektora ds. nauk podstawowych w Fred Hutchinson Cancer Center w Seattle: „Ryzykujemy dziś demontaż podstawowej infrastruktury badań medycznych."

Prezydentura Nixona pobudziła jednak środowisko naukowe do działań obronnych. W ciągu następnej dekady badacze odpowiedzieli w sposób strategiczny, opracowując starannie przemyślane przekazy, które miały przekonać władze federalne do dalszego inwestowania w naukę.

Weźmy na przykład fizyka Kennetha Wilsona. Menzel badała strategie lobbingowe laureata Nagrody Nobla z 1982 roku. Zaniepokojony skalą utraty federalnego finansowania, Wilson ostrzegał w 1981 roku przed ostateczną „likwidacją amerykańskiego systemu badań podstawowych". Jak mówi Menzel, on i jego współpracownicy postawili na pragmatyczną argumentację, podkreślając, że badania naukowe są jednym z najważniejszych motorów amerykańskiej gospodarki.

Pomogło również dojście do władzy mniej wrogich nauce przywódców. Zarówno prezydent Jimmy Carter, jak i prezydent Ronald Reagan – którego administrację Wilson bezpośrednio przekonywał do swoich racji – zwiększyli zaangażowanie rządu federalnego w finansowanie badań podstawowych.

Od tamtej pory udział państwa pozostawał stosunkowo stabilny, choć – jak zauważa Pandora – nigdy nie powrócił do poziomu wydatków, który wielu uważa za złoty okres hojnego finansowania nauki w połowie XX wieku. Mimo to jeszcze w roku fiskalnym 2024 rząd Stanów Zjednoczonych finansował ponad połowę badań prowadzonych na uczelniach wyższych, a uniwersytety znalazły się dziś w wyjątkowo trudnej sytuacji, gdy wsparcie to jest wycofywane.

Nawet przemysł nie jest wolny od działań przedstawicieli administracji Trumpa, którzy zasiewają nieufność wobec nauki.

Wystarczy spojrzeć na publiczne stanowisko amerykańskiego sekretarza zdrowia Roberta F. Kennedy'ego Jr. wobec przemysłu farmaceutycznego. Zdaniem Michaela Xenosa z University of Wisconsin–Madison przekaz płynący obecnie z administracji sugeruje, że „naukowcy chcą manipulować ludźmi, a jednocześnie się na tym wzbogacać". Badania Xenosa koncentrują się na politycznych aspektach komunikacji naukowej. Zauważa on, że – co nie jest zaskoczeniem – przekaz administracji Trumpa najłatwiej trafia do osób, które już wcześniej były skłonne wątpić, że naukowcy kierują się altruistycznymi pobudkami.

Zaufanie Amerykanów do instytucji publicznych od dziesięcioleci systematycznie maleje. W 1964 roku 77% ankietowanych obywateli Stanów Zjednoczonych deklarowało, że ufa rządowi federalnemu i wierzy, iż postępuje on właściwie. Według Pew Research Center od 2008 roku odsetek ten nieprzerwanie utrzymuje się poniżej 30%. Mimo całej negatywnej retoryki zaufanie do naukowców pozostaje jednak wysokie.

W badaniu Pew z 2024 roku 76% respondentów zadeklarowało przynajmniej „dość duże zaufanie" do tego, że amerykańscy naukowcy działają w najlepiej pojętym interesie kraju.

Zaufanie do rządu przebiega natomiast wyraźnie wzdłuż podziałów partyjnych. Xenos uważa, że częściowo jest to rezultat przekazu kierowanego przez Partię Republikańską do wyborców bez wyższego wykształcenia. „To często ludzie, którzy czują się pozostawieni przez system na uboczu i nie przepadają za tym, by eksperci mówili im, co mają robić" – wyjaśnia.

eprasa.pl 2eb30cef3b

Administracja Trumpa wykorzystała fakt, że pandemia COVID-19 spotęgowała już istniejące poczucie krzywdy.

Zalecenia naukowe mające ratować życie doprowadziły do zamknięcia szkół i utraty miejsc pracy. Krytycy zręcznie przedstawiali te skutki jako dowód obojętności naukowców wobec problemów zwykłych Amerykanów, sugerując, że za trudności, których doświadczyli ludzie, odpowiadają właśnie tzw. eksperci.

Odsetek Amerykanów deklarujących zaufanie do lekarzy spadł z około 70% wiosną 2020 roku do około 40% wiosną 2025.

Jednocześnie Trump powierzył kierowanie Departamentem Zdrowia i Opieki Społecznej Robertowi F. Kennedy'emu Jr. – prawnikowi i krytykowi szczepień. Kennedy przystąpił do gruntownej przebudowy resortu, likwidując szeroki zakres programów zdrowia publicznego. Także inne agencje, m.in. amerykańska Służba Leśna (U.S. Forest Service), zaczęły demontować swoje programy badawcze.

Po prezydenturze Nixona przywrócenie stabilności amerykańskim badaniom naukowym zajęło około 10 lat. Dziś nikt nie potrafi powiedzieć, kiedy sytuacja znów stanie się stabilna. Malik ostrzega, że odbudowa badań naukowych z pewnością nie nastąpi szybko. „To nie jest coś, co po prostu wróci do normy, kiedy znowu odkręcimy kurek z pieniędzmi."

Historycy wskazują tu przykład Niemiec. Kraj ten był niegdyś uznawany za światowego lidera badań naukowych. Po II wojnie światowej odzyskanie międzynarodowej pozycji zajęło mu całe dziesięciolecia. „Myślę, że historia nauki da nam nieco nadziei, ale przede wszystkim zachęci do uzbrojenia się w cierpliwość" – mówi Kaiser.

JEŻELI FEDERALNE FINANSOWANIE NAUKI ma się odrodzić, pomocne mogą się okazać lekcje płynące z przeszłości, takie jak przykład Wilsona i jego sposobu przeciwstawiania się nastrojom antynaukowym. Zarówno historia, jak i obecna sytuacja skłaniają dziś naukowców – zwłaszcza tych młodszych – do wyjaśniania decydentom i opinii publicznej, dlaczego ich praca jest ważna.

To właśnie te przekonania zainspirowały Scales oraz grupę równie zaniepokojonych doktorantów do zorganizowania w ubiegłym roku kampanii informacyjnej na rzecz nauki. Projekt nazwali McClintock Letters, na cześć amerykańskiej genetyczki roślin Barbary McClintock, laureatki Nagrody Nobla. Od lata 2025 roku setki doktorantów piszą do gazet ukazujących się w ich rodzinnych miejscowościach o prowadzonych przez siebie badaniach i o tym, dlaczego nie wolno dopuścić do ich przerwania.

Jednym ze współpracowników projektu McClintock Letters jest Miles Arnett, doktorant University of Pennsylvania badający regenerację komórek ludzkiego jelita. W swoim tekście opisał, jak jeszcze jako dziecko dorastające w Worcester w stanie Massachusetts zakochał się w nauce. Napisał również o swoich obawach, że jego rodzinne miasto – będące siedzibą wielu instytucji badawczych, w tym szkoły medycznej – może bardzo dotkliwie odczuć skutki federalnych cięć budżetowych.

Zdaniem Arnetta zbyt wielu naukowców funkcjonuje w świecie, który w pewnym sensie pozostaje oddzielony od reszty społeczeństwa. Projekt McClintock Letters ma to zmienić.

„Jeśli chcemy odzyskać zaufanie amerykańskiego społeczeństwa, nie możemy utrzymywać przekonania, że nauka istnieje gdzieś tutaj, a cała reszta świata gdzieś tam. Musimy wyjść do ludzi. Muszą nas zobaczyć."

Xenos ma nadzieję, że jego własne badania nad złożonymi zagadnieniami zaufania i zaangażowania pomogą nowemu pokoleniu naukowców lepiej porozumiewać się ze społeczeństwem. „Musimy sobie uświadomić, że niektórzy wykorzystują nieufność wobec nauki do realizacji własnych egoistycznych celów, a jednocześnie przyznać, że część Amerykanów rzeczywiście czuje się zawiedziona przez system."

Arnett i jego przyjaciele martwią się o przyszłość nauki w Stanach Zjednoczonych. „Byłoby głupotą się nie martwić" – mówi.

Niepokoją ich także liczne konsekwencje działań władz federalnych. On i Scales wskazują na dramatyczny spadek liczby studentów zagranicznych oraz utratę perspektywy, jaką ono wnosili do środowiska akademickiego. Zwracają również uwagę, że stanowisko administracji Trumpa wobec programów wspierających różnorodność może doprowadzić do wykluczenia studentów należących do mniejszości rasowych, niezależnie od tego, jak bardzo są utalentowani. Arnett dodaje, że ma wielu znajomych zastanawiających się nad wyjazdem za granicę. Malik w ostatnim czasie zachęcał swoich studentów, aby rozważali różne możliwości kształcenia, w tym także uczelnie w innych krajach, choć wie, że większość z nich wolałaby pozostać w Stanach Zjednoczonych. „Moi studenci wciąż wierzą w ten kraj – mówi Malik. – I to właśnie oni dają mi nadzieję."

Scales bardzo chciałaby, aby uniwersytety zdecydowanie mocniej walczyły o swoją przyszłość. Arnett martwi się przyjaciółmi i współpracownikami, których zniechęca brak wsparcia ze strony rządu federalnego dla ich badań. Być może jednak – mówi Scales – wszystkie te szkody zmuszą środowisko naukowe nie tylko do wyrażania oburzenia, lecz także do podjęcia konkretnych działań.

„Może da się to potraktować jako pewną szansę – mówi. – Ale czuję ogromny dyskomfort, gdy to mówię."

Arnett się z nią zgadza. „Może to okazja do odbudowania instytucji badawczych tak, aby były bardziej związane ze społeczeństwem. Może to również szansa, by uczelnie zaczęły włączać umiejętność komunikacji z ludźmi do programu kształcenia naukowców i odpowiednio ją nagradzać".

Żadne z nich nie wybrałoby jednak przebudowy w takich okolicznościach. Jak mówi Scales z goryczą w głosie: „To trochę tak, jak możliwość zbudowania lepszego domu dopiero po pożarze." ■

JAK MOŻNA KRÓTKO OPISAĆ OBECNĄ KONDYCJĘ AMERYKAŃSKIEJ NAUKI?

Stan amerykańskiej nauki jest bardzo niejednoznaczny. Ogólnie rzecz biorąc, naukowcy nadal wykonują znakomitą pracę. Jakość badań prowadzonych w Stanach Zjednoczonych jest bardzo wysoka i wciąż taka pozostaje. Jednak cały system nauki znajduje się pod wyraźną presją. Naukowcy odczuwają ją również osobiście i emocjonalnie, ponieważ żyjemy w sytuacji, w której ludzie z najwyższych szczebli władz USA wykazują wobec nich ogromną wrogość."

Naomi Oreskes, historyczka nauki, profesor Harvard University

eprasa.pl 2eb30cef3b

Odmieńcy

Badacze mają problem ze swoim wizerunkiem

DAVA SOBEL

W POWSZECHNEJ WYOBRAŹNI naukowcy to dziwacy. Ten obraz jest niepokojący.

Od 50 lat piszę o nauce. Przeprowadziłam rozmowy z setkami naukowców – od młodych badaczy po doktoracie do znacznie starszych od nich dyrektorów laboratoriów – w tym z kilkoma laureatami Nagrody Nobla. Żaden z nich nie pasował do tego stereotypu. Owszem, kilku okazało się ludźmi mało sympatycznymi, ale nie w standardowy sposób. Dlaczego więc ciągle natrafiam na ten nieprawdziwy obraz?

Na przykład w nekrologu w „New York Timesie" poświęconemu Nuno Loureiro, zamordowanemu fizykowi z Massachusetts Institute of Technology, uderzyło mnie następujące zdanie: „Daleki od typowego naukowca zaszywającego się w laboratorium i mającego niewiele do powiedzenia światu zewnętrznemu, dr Loureiro był ciepły i bezpośredni, miał swój styl". Najwyraźniej takie cechy są w przypadku badacza tak niezwykłe, że zasługują na osobną wzmiankę.

Niedawno rozmawiałam na Zoomie z grupą nauczycieli fizyki ze szkół średnich o dwóch moich książkach. Pierwsze ich pytanie brzmiało: „Pod jakimi względami ludzie, którzy wnieśli wielki wkład w naukę, są podobni do »normalnych«, a pod jakimi się od nich różnią?". Jim Parsons, który w latach 2007–2019 zagrał zafascynowanego teorią strun fizyka Sheldona Coopera w blisko 300 odcinkach sitcomu CBS *Teoria wielkiego podrywu,* zdobył cztery nagrody Emmy i Złoty Glob za sportretowanie nieporadnego społecznie, archetypicznego naukowca. Dzieci proszone o pokazanie, jak wygląda naukowiec, zwykle rysują białego mężczyznę w fartuchu laboratoryjnym i okularach, jakby nie było Marii Skłodowskiej-Curie czy George'a Washingtona Carvera.

Te wypaczone wyobrażenia są nie tylko śmieszne, lecz także szkodliwe. Obawiam się, że pogarszają społeczne nastawienie do całego przedsięwzięcia, jakim jest nauka, i nie pozwalają uczniom zobaczyć w nauce przyszłości, która mogłaby być ich udziałem.

Stereotyp naukowca żywi się względną rzadkością tej profesji. Według najnowszych dostępnych danych UNESCO badaniami naukowymi zajmuje się na całym globie około 9 mln osób. Przewaga liczebna pozostałych ludzi wynosi więc tysiąc do jednego. Szansa na spotkanie naukowca, i tak już niewielka, zmniejsza się jeszcze bardziej dlatego, że badacze pracują w miejscach wyposażonych w specjalistyczną aparaturę, do których dostęp jest ograniczony, takich jak laboratoria NASA lub CERN.

Jako osoba pisząca o nauce mam wstęp do wielu takich chronionych miejsc. Ale gdybym była dziennikarką sportową albo korespondentką zagraniczną, raczej nie miałabym okazji dowiedzieć się, jak wygląda uprawianie nauki. Wątpię, czy odgadłabym, jak duża różnorodność działań może się kryć pod określeniem „prowadzenie badań" – i jak dużo radości można z tych działań czerpać.

Niektórzy naukowcy, świadomi swojego problemu wizerunkowego, postulowali, by wszystkich beneficjentów federalnych grantów zobowiązać do wyjaśniania podatnikom istoty finansowanych badań – tłumaczenia, jak zostaną wydawane pieniądze i jakie może być zastosowanie wyników. Moim zdaniem nie każdy naukowiec jest zdolny do skutecznego komunikowania się z szeroką publicznością. Oczekiwanie tego od wszystkich wydaje się niesprawiedliwe i nierealistyczne. Jednak ci, którzy mają takie umiejętności, mogą wykorzystać je z dobrym skutkiem. Wielu starszych astronomów mówi mi, że ich zainteresowanie tą dyscypliną rozbudził współtworzony przez Carla Sagana serial *Cosmos: A Personal Voyage*, który zadebiutował w telewizji publicznej w 1980 roku. (Sam Sagan lubił oglądać mecze koszykówki.)

Etapy tzw. metody naukowej, które wielu z nas poznaje w szkole podstawowej lub średniej, wskazywałyby, że naukowcy działają według ścisłych reguł albo przepisów. Oni sami przyznają jednak, że kierują się przede wszystkim ciekawością. Ich poszukiwania są dla nich tak samo twórcze, jak dla artystów malowanie albo rzeźbienie. Nie znaczy to, że nie mają też innych kreatywnych hobby, ale raczej że jednym z nich jest nauka. Jako redaktorka rubryki poetyckiej „Meter" w „Scientific American" często otrzymuję utwory od naukowców, których do napisania wiersza zachęciło jakieś doświadczenie związane z pracą. To zjawisko nie jest wcale nowe: choćby Galileusz tworzył poezję, podobnie jak James Clerk Maxwell. W latach 20. i 30. XX wieku Harvard College Observatory zatrudniało tylu utalentowanych muzyków, że można było z nich utworzyć orkiestrę. Określenie, które najczęściej słyszę od naukowców mówiących szczerze o swoich badaniach – i które najmocniej kłóci się z dominującym stereotypem – brzmi: „to jest pasja".

„Pasja" pojawiła się pod koniec dyskusji okrągłego stołu, która odbyła się w Pałacu Królewskim w Sztokholmie w tygodniu wręczenia Nagród Nobla w 2023 roku. Anne L'Huillier, jedna z trojga laureatów nagrody z fizyki z tamtego roku, szukała słowa, które najlepiej opisałoby motywację naukowca. „To jest pasja" – powiedziała, uznając, że właśnie ten rzeczownik najlepiej oddaje fascynację, upór i zapał, które napędzały ją przez 40 lat badań w dziedzinie fizyki attosekundowej. Do tej pracy, jak dodała, pragnie wrócić, gdy tylko ucichnie całe zamieszanie wokół nagrody.

Dalsza wymiana zdań przy tym samym okrągłym stole ujawniła, że L'Huillier oraz Katalin Karikó, jedna z dwojga laureatów Nagrody Nobla w dziedzinie fizjologii lub medycyny w 2023 roku, od dawna są zamężne i obie są matkami – choć, jak powszechnie wiadomo, w życiu stereotypowego naukowca nie ma miejsca na rodzinę.

Drew Weissman, współpracownik Karikó i współlaureat Nagrody Nobla za odkrycia dotyczące mRNA, które doprowadziły do powstania szczepionek przeciw COVID-19, zwrócił uwagę, że udział jego żony i córki w trzeciej fazie badań nad tymi szczepionkami okazał się potężnym argumentem przeciwko oporowi wobec szczepień w ich społeczności. Gdy pani Weissman (psycholożka Mary Ellen Weissman) uczestniczyła w nabożeństwach oraz spotkaniach społeczności lokalnej, podczas których sąsiedzi przytaczali teorie spiskowe, pytała: „Czy myślicie, że mój mąż pozwoliłby swojej córce i żonie przyjąć szczepionkę, która uczyniłaby je bezpłodnymi?".

Ale teraz, gdy skuteczność wszystkich szczepionek jest kwestionowana przez władze, gdy obiecujące badania nad nowymi szczepionkami mRNA wstrzymano – i zdając sobie sprawę, jak bardzo rozpowszechniony jest stereotyp naukowca – zastanawiam, ilu ludzi odpowiedziałoby twierdząco na retoryczne pytanie zadane przez Mary Ellen Weissman. Bo przecież narażenie współmałżonka albo dziecka na śmiertelne niebezpieczeństwo pasuje jak ulał do obrazka szalonego badacza. ■

Dava Sobel to była reporterka naukowa „New York Timesa" i autorka sześciu książek, w tym międzynarodowego bestsellera *Longitude* (Walker, 1995), a ostatnio *The Elements of Marie Curie* (Grove Atlantic, 2024). W „Scientific American" redaguje rubrykę *Meter* (*Metrum* w „Świecie Nauki").

eprasa.pl 2eb30cef3b



WIELKA UCIECZKA

Dziesiątki krajów próbują przekonać rozczarowanych amerykańskich naukowców, by przenieśli się do nich na stałe – i wielu młodych badaczy to rozważa

SARAH SCOLES
Ilustracje OLGA ALEKSANDROVA

eprasa.pl 2eb30cef3b

NA CO DZIEŃ AMERYKAŃSKI FIZYK Kenneth Long pracuje przy największym na świecie akceleratorze cząstek – Wielkim Zderzaczu Hadronów (Large Hadron Collider) w ośrodku CERN niedaleko Genewy. Chce lepiej zrozumieć bozon W, cząstkę subatomową odpowiedzialną za pewne rodzaje promieniotwórczości oraz za fuzję jądrową. Ale lubi też rowery i zamierza kibicować kolarzom na trasie Tour de France. Nie będzie musiał jednak lecieć na drugi kontynent, by oglądać wyścig: Long przeprowadził się za granicę w lutym, dzieląc swój czas między Lyon i Genewę; jest obecnie naukowcem pracującym we francuskim Centre national de la recherche scientifique (CNRS).

Do Francji sprowadził Longa program rekrutacyjny o nazwie Choose CNRS. Organizacja uruchomiła go w kwietniu ubiegłego roku, kilka miesięcy po tym, jak administracja Trumpa zaczęła ograniczać programy naukowe w Stanach Zjednoczonych. Inicjatywa ma na celu przyciągnięcie zagranicznych badaczy do Europy poprzez oferowanie stabilnych stanowisk, hojnego finansowania i obietnic wolności akademickiej. Dla wielu naukowców z USA programy takie, jak ten, są kołem ratunkowym: sposobem na prowadzenie badań światowej klasy bez konieczności zmagania się z cięciami finansowania i destabilizującą polityką, które obecnie hamują rozwój amerykańskiej nauki.

Trzy czwarte badaczy ze Stanów Zjednoczonych, którzy odpowiedzieli na ankietę magazynu „Nature” przeprowadzoną w marcu ubiegłego roku, zastanawiało się nad wyjazdem za granicę.

Według sondaży, liczby składanych aplikacji oraz nieformalnych relacji wielu młodych amerykańskich naukowców rozważa takie przeprowadzki. Trzy czwarte badaczy ze Stanów Zjednoczonych, którzy odpowiedzieli na ankietę magazynu „Nature” przeprowadzoną w marcu ubiegłego roku, zastanawiało się nad wyjazdem za granicę. Tendencja ta była szczególnie widoczna wśród naukowców na początku kariery: spośród 690 badaczy po doktoracie (tzw. postdoków) i 340 doktorantów, którzy odpowiedzieli, 803 stwierdziło, że rozważa opuszczenie kraju i udanie się na inne kontynenty.

Ankieta „Nature” została przeprowadzona w czasie, gdy amerykański system badań naukowych znalazł się pod poważną presją. W ubiegłym roku National Science Foundation anulowała granty o wartości około miliarda dolarów i zwolniła 10% swoich pracowników; National Oceanic and Atmospheric Administration zwolniła mniej więcej taki sam odsetek zatrudnionych, a National Institutes of Health straciły 5% personelu. W tej ostatniej instytucji anulowano granty o łącznej wartości ponad 1,8 mld dolarów. Rząd zaproponował również znaczne przyszłe cięcia w agencjach badawczych przyznających naukowcom środki na prowadzenie badań.

Do początku 2026 roku ponad 10 tys. osób mających doktoraty w dziedzinach STEM straciło pracę lub odeszło ze swoich stanowisk z powodu cięć w federalnej administracji – wynika z danych Biura Zarządzania Personelem Stanów Zjednoczonych (U.S. Office of Personnel Management). Interwencje sądów i Kongresu zapobiegły części cięć administracji lub doprowadziły do ich cofnięcia, jednak dla wielu badaczy nauka i środowisko akademickie nadal wydają się niepewne – szczególnie dla takich naukowców, jak Long, którzy dopiero rozpoczynają swoją drogę zawodową.

„Naukowcy na początku kariery oraz młodsi badacze zdecydowanie odczuwają te skutki bardziej” – mówi Joanne Padrón Carney, dyrektorka ds. relacji z rządem w American Association for the Advancement of Science, jednej z największych organizacji zawodowych zrzeszających badaczy. Bardziej doświadczeni naukowcy, o ugruntowanej pozycji mogą polegać na

Sarah Scoles
jest dziennikarką i popularyzatorką nauki z Kolorado, współpracowniczką „Scientific American”. Jej najnowsza książka to *Countdown: The Blinding Future of Nuclear Weapons* (Bold Type Books, 2024).

eprasa.pl 2eb30cef3b

swojej reputacji i dotychczasowych osiągnięciach, gdy starają się o granty z coraz mniejszej puli pieniędzy. Młodzi badacze, którzy dopiero budują swoją pozycję, będą mieli większe trudności ze zdobyciem pierwszych dużych grantów – i mniejsza ich liczba będzie w stanie je otrzymać. „Panuje wielki niepokój" – mówi Carney.

Inne kraje chętnie korzystają z tego zamieszania. Kanada na przykład inwestuje ponad miliard dolarów w przyciąganie zagranicznych naukowców oraz zachęcanie Kanadyjczyków pracujących za granicą do powrotu. Unia Europejska przeznaczyła setki milionów na programy mające przyciągnąć badaczy z innych krajów. Najbardziej rozległym geograficznie z nich jest Choose Europe for Science, uruchomiony w maju ubiegłego roku, który obejmuje zachęty skierowane do młodszych naukowców. Tę inicjatywę obejmującą cały kontynent uzupełnia około 100 kolejnych programów realizowanych przez poszczególne kraje i regiony, a Europa uprościła procedury wizowe i pobytowe, aby naukowcy mogli korzystać z tych możliwości przy mniejszej biurokracji. „To Europa jako drużyna w działaniu" – mówi Maciej Berestecki, rzecznik Komisji Europejskiej. Jak twierdzi, wszystkie te programy mają wspólny cel: wypełnić luki pozostawione przez inne państwa. „Oferujemy trzy rzeczy – wyjaśnia – których naukowcy coraz częściej nie mogą uważać za coś oczywistego gdzie indziej: stabilne i długoterminowe finansowanie, swobodę realizowania odważnych pomysłów oraz wyjątkową jakość życia". Nietrudno się domyślić, z jakimi krajami porównuje on Europę. „W czasach, gdy nauka na całym świecie znajduje się pod coraz większą presją, Europa coraz wyraźniej wyróżnia się jako miejsce, w którym wolność badań naukowych jest aktywnie chroniona i wspierana" – mówi Berestecki. To atrakcyjna perspektywa dla młodych badaczy, którzy chcą rozwijać karierę naukową i mniej obawiać się, że stracą grunt pod nogami.

LONG POCZĄTKOWO WCALE NIE PLANOWAŁ kariery naukowej. „Tak naprawdę chciałem studiować teologię – mówił, uśmiechając się do kamery Microsoft Teams w marcu tego roku, zaledwie kilka tygodni po swojej wielkiej przeprowadzce. – Wydawało mi się, że to właśnie tam ludzie odpowiadają na wielkie pytania świata".

Long uważa, że te duchowe kwestie nadal są ważne, ale trudniej znaleźć na nie obiektywne odpowiedzi niż na pytania, którymi zajmuje się w fizyce. To właśnie fizykę studiował na Tennessee Tech University, gdzie odbył studia pierwszego stopnia. „Szczerze mówiąc, chciałem wtedy wydostać się z Tennessee i byłem kompletnie załamany, że mam studiować na małym uniwersytecie – mówi. – Ale myślę, że ostatecznie było to dla mnie dobre, miałem bardzo dobrych profesorów, a czasami dobrze jest pozostać małym".

Przynajmniej było dobre, zanim zdecydował się na większą skalę. Kiedy Long rozpoczął studia doktoranckie na University of Wisconsin–Madison, wybrał tę uczelnię częściowo ze względu na jej współpracę z CERN-em, który prowadzi projekt Wielkiego Zderzacza Hadronów. Tam naukowcy tacy jak Long gromadzą dane, próbując poznać cząstki elementarne, aby móc określić, jak łączą się one w całość, tworząc nasz świat i Wszechświat.

„Najbardziej fundamentalna rzecz" – mówi Long niemal z nutą nostalgii. Problemy, które można badać za pomocą zderzacza, nie różnią się w rzeczywistości aż tak bardzo od tych, którymi zajmują się teolodzy – tylko że wymagają obliczeń.

Long odbył później staż podoktorski na Massachusetts Institute of Technology, ale znaczną część czasu spędzał ponownie w CERN-ie. Program Choose CNRS pomógł mu przenieść się na stałe do Francji, zapewniając rodzaj finansowania, którego młody badacz potrzebuje, aby przejść od niepewnego tymczasowego zatrudnienia do stabilnej i samodzielnej pozycji zawodowej. Dzięki środkom na rozpoczęcie działalności w ramach programu Long mógł zatrudnić własnego studenta i naukowca po doktoracie, a także po raz pierwszy zostać kierownikiem własnego zespołu badawczego (principal investigator). Pomaga w tym fakt, że we Francji infrastruktura badawcza jest znacznie bardziej scentralizowana – duże, finansowane ze środków publicznych laboratoria naukowe zatrudniają naukowców jako stałych pracowników służby cywilnej.

„Macie tam stosunkowo więcej stałych badaczy z dużą swobodą prowadzenia badań" – mówi Long. Nie musi też dostosowywać swoich planów naukowych do tego, jaki grant pomoże mu je zrealizować – w USA zależy to w większym stopniu od preferencji rządu. „Myślę, że miło jest nie musieć wybierać tematów badań wyłącznie ze względu na to, co jest aktualnie modne" – mówi. Poza tym może grać w drużynie piłkarskiej CERN-u przeciwko bardzo europejskim przeciwnikom, takim jak dużyna firmy Rolex – co w jego opinii oznacza korzyść dla obu stron.

RÓWNOWAGA między życiem zawodowym a prywatnym jest również czymś, na co nacisk kładzie się w działaniach rekrutacyjnych Finlandii skierowanych do zagranicznych naukowców. W rzeczywistości jest ona częścią nowego hasła programu Work in Finland, którego jednym z celów jest przyciągnięcie amerykańskich naukowców oraz innych specjalistów z branży zaawansowanych technologii: „Find your superposition in Finland" („Znajdź swoją superpozycję w Finlandii").

„Superpozycja" to w fizyce kwantowej zdolność do znajdowania się jednocześnie w wielu stanach. „Uważamy, że istnieje tu piękna analogia" – mówi Laura Lindeman, starsza dyrektorka i szefowa działu biznesowego programu Work in Finland. „W Finlandii można jednocześnie robić karierę naukową i inne ważne rzeczy w swoim życiu".

Wcześniej fińscy pracodawcy mieli trudności z przekonaniem wielu Amerykanów do emigracji, ponieważ nie byli w stanie konkurować z amerykańskimi wynagrodzeniami. „Ale postanowiliśmy ponownie spróbować" – mówi Lindeman, odnosząc się do niedawnej

eprasa.pl 2eb30cef3b

przebudowy działań skoncentrowanych na Stanach Zjednoczonych. W końcu wiele zmieniło się dla Amerykanów w ciągu ostatnich kilku lat. A być może – pomyślała – program Work in Finland musiał po prostu uświadomić ludziom, jak wygląda życie w tym kraju i dlaczego może być ono atrakcyjniejsze niż w USA.

„Jednym z największych wyzwań Finlandii jest to, że nikt o nas nie wie – mówi Lindeman. – Jeśli ludzie myślą o przeprowadzce, Finlandia zazwyczaj nie jest ich pierwszym wyborem".

Dlatego teraz przedstawiciele wspierani przez Ministerstwo Gospodarki i Zatrudnienia wyjaśniają, dlaczego warto pomyśleć właśnie o Finlandii. Szkolnictwo wyższe jest tam na przykład bezpłatne; opieka nad dziećmi jest dotowana; ludzie mają czas na życie poza pracą. Podatki mogą być wysokie – czego Amerykanie z reguły nie lubią – ale wynika to z tego, że finansują one pełną sieć zabezpieczeń społecznych. „Finlandia nie jest dla każdego – mówi Lindeman – ale uważamy, że jeśli ktoś ceni tę równowagę, a także społeczeństwo, w którym dobre rzeczy dzieli się z innymi, to jest to właściwe miejsce, by przyjechać".

Kraj ten, mówi Lindeman, jest niewielki i nie ma silnie hierarchicznej struktury. Jeśli ktoś chce spotkać się lub współpracować z określoną osobą, zasadniczo może to zrobić. „Jedną z rzeczy, które są dość wyjątkowe w Finlandii, jest współpraca między uniwersytetami, innymi instytucjami badawczymi i firmami, a także sektorem publicznym" – mówi.

Innymi słowy, nie jest tam tak trudno zostać dużą rybą w małym stawie – a młodsi badacze mogą pływać obok kogo chcą, bez konieczności mozolnego płynięcia pod prąd.

TO WŁAŚNIE TA ATMOSFERA CIĄGŁEJ WALKI w Stanach Zjednoczonych jest częściowo powodem, dla którego



eprasa.pl 2eb30cef3b

inny młody amerykański naukowiec rozważa opuszczenie kraju. John, który poprosił o używanie pseudonimu, ponieważ nadal pracuje w amerykańskiej instytucji, jest matematykiem na stażu podoktorskim na MIT. Uważa, że problemy nauki opisywane w USA na pierwszych stronach gazet – cięcia finansowania, zwolnienia federalnych pracowników, zagrożenia dla uniwersytetów – są jedynie objawami poważnej choroby systemu akademickich badań naukowych: jego konkurencyjnego charakteru, oderwania od życia wielu Amerykanów oraz niezdolności władz uczelni do przekonania osób kontrolujących finansowanie, że powinny wspierać naukę.

„Nie dorastałem w środowisku, w którym ludzie studiowali" – mówi John, który pochodzi z Salem w stanie Oregon. Jednak już wcześnie wiedział, że ma zdolności matematyczne, więc chciał pójść na ścisłe studia i to zrobił.

Kiedy trafił na MIT, odkrył, że wielu jego kolegów wychowało się w zupełnie innym środowisku – wśród naukowców, którzy w ogromnym stresie rywalizowali o różne oznaki prestiżu: od pracy na renomowanych uczelniach, przez publikacje w najbardziej uznanych czasopismach, po największe granty.

„Wszystko w amerykańskiej akademii jest konkurencją – mówi. – A to nie przyczynia się do rozwoju nauki".

John mówi, że w amerykańskim środowisku akademickim wielu jego kolegów nie rozumie, jak społeczeństwo mogło wybrać Donalda Trumpa na prezydenta. „Oni i opinia publiczna wiedzieli, że zamierza zaatakować uniwersytety" – mówi. A mimo to większość na niego zagłosowała. A może – dodaje – właśnie dlatego. „To jest istotne pytanie, które uniwersytety muszą sobie zadać" – mówi John.

Dlaczego ludzie wybierają kogoś, kto zaatakuje uniwersytety? Zdaniem Johna ma to wiele wspólnego z tym, w jaki kultura akademicka – w tym wewnętrzna walka o sukces – wydaje się odległa od doświadczeń wielu ludzi: większość osób nie widzi naukowców w swoim codziennym życiu; nie widzi też siebie wśród naukowców. I w wielu społecznościach brakuje sposobów, by to zmienić. „Młodzi ludzie nie widzą drogi do zostania naukowcem" – mówi John. Jego zdaniem nie ufają temu środowisku, postrzegając je jako „tajemniczy osobny świat, którego częścią nigdy nie będą". A należący sami o sobie mówią,: „Och, jesteśmy od ciebie mądrzejsi – dodaje John. – Cóż, taka postawa przenika potem do opinii publicznej".

John ma dość takiej atmosfery i nie udało mu się uzyskać stałego stanowiska w Stanach Zjednoczonych. Problemy z federalnym finansowaniem sprawiły, że rynek pracy dla nowych badaczy wyglądał niezachęcająco; jeden z uniwersytetów, którym John był zainteresowany, w ogóle nie prowadził naboru na nowe stanowiska profesorskie z możliwością uzyskania stałego etatu (tenure-track). „To był bardzo niepokojący sygnał" – mówi.

Dlatego rozważa poszukiwanie pracy matematyka w Europie. „Poznawczo, intelektualnie, sytuacja Ameryki nie jest dobra" – mówi. Jego zdaniem wynika to jednak nie tylko ze zmian w nauce w ciągu ostatnich kilku lat, lecz także z problemów systemowych, które doprowadziły do oddzielenia badań naukowych od codziennego życia. „Czarny charakter tej historii jest bardziej skomplikowany niż tylko Donald Trump – mówi John – i bardziej skomplikowany niż jakakolwiek pojedyncza osoba". Problemy te mogą nie zostać całkowicie rozwiązane przez wyjazd za granicę. Nauka akademicka jest konkurencyjna wszędzie, a zaawansowana matematyka jest równie abstrakcyjna za granicą, jak tutaj. Ale warto spróbować – szczególnie jeśli można dostać pracę.

JAK MOŻNA KRÓTKO OPISAĆ OBECNĄ KONDYCJĘ AMERYKAŃSKIEJ NAUKI?

Ameryka wciąż pozostaje najbardziej dynamicznym krajem pod względem innowacji naukowych. Jej ekosystem nadal jest najzdrowszy na świecie w tym sensie, że zarówno poziom prywatnych inwestycji, jak i publicznych nakładów na badania podstawowe oraz badania prowadzone przez przemysł jest naprawdę bardzo wysoki. Obawiam się jednak, że powinniśmy poświęcać więcej uwagi kondycji tego ekosystemu i postarać się wykorzystać obecną chwilę.

Fei-Fei Li, współzałożycielka i współdyrektorka Stanford Human-Centered AI Institute

CZY JOHN ZNAJDZIE ZATRUDNIENIE za granicą, pozostaje niewiadomą. Podobnie jest w przypadku innych rozczarowanych naukowców w całych Stanach Zjednoczonych. Nie każdy może, tak jak Long, skorzystać z Choose CNRS lub innego programu relokacyjnego. „Jestem pewien, że nie ma możliwości przyjęcia wszystkich, którzy hipotetycznie chcieliby przyjechać" – mówi John. W 2022 roku w Stanach Zjednoczonych było około dwóch milionów naukowców. Pilotażowy program Choose Europe for Science będzie na przykład finansował badania na skalę setek naukowców, którzy mogą pochodzić z dowolnego kraju – to mniej niż 1200 osób, które w ankiecie „Nature" stwierdziły, że rozważają opuszczenie USA.

W pewnym sensie pragnienie amerykańskich naukowców, by wyjechać, również nie jest czymś nowym ani wyjątkowym dla obecnej administracji prezydenckiej. Naukowcy, mówi Carney, od zawsze byli mobilną grupą zawodową. Historycznie Stany Zjednoczone korzystały z tej rotacji, przyciągając naukowców i zdobywając „najlepszych i najzdolniejszych ludzi z całego świata dzięki reputacji naszych instytucji szkolnictwa wyższego" – mówi Carney.

Przepływ inteligentnych, ambitnych ludzi spoza Ameryki do tego kraju uczynił Stany Zjednoczone światowym liderem nauki i innowacji – mówi Mushfiq Mobarak, profesor ekonomii na Yale University. Od czasów II wojny światowej Stany Zjednoczone były najważniejszym miejscem docelowym dla światowych talentów w dziedzinach STEM.

„A potem, w ciągu ostatnich kilku lat, Stany Zjednoczone sprawiły, iż te talenty naukowe i inżynieryjne zaczęły czuć się bardzo niechciane" – mówi Mobarak.

Inne kraje, mówi Carney, obserwowały, jak Stany Zjednoczone stawały się światowym liderem, ucząc się na amerykańskim modelu innowacji. A gdy USA stały się mniej otwarte zarówno na własnych naukowców, jak i na tych, którzy kiedyś chcieliby tu przyjechać, wkroczyły inne państwa, by przyjąć oba rodzaje badaczy.

Niektórzy naukowcy po prostu odejdą ze swoich dziedzin; inni będą szukać możliwości przeprowadzki. Tak czy inaczej, Stany Zjednoczone mogą na tym stracić. „Jakie odkrycia nie dojdą do skutku – czy to przez cięcie budżetu, czy przez utratę talentu konkretnej osoby? – pyta Carney. – Co straciliśmy?" ■

eprasa.pl 2eb30cef3b

Trup w muzealnej szafie

Ekstremofilne pleśnie panoszą się w muzeach i zagrażają kolekcjom. Ich rozprzestrzenianiu sprzyja zmiana klimatu i strach muzealników przed utratą reputacji

ELIZABETH ANNE BROWN | Zdjęcia TY STANGE



Maja Lindholm Kvamm, kuratorka i dyrektorka zbiorów w Muzeum Roskilde w Danii, czyści obiekty w magazynie, który pozostaje zamknięty od 2014 roku z powodu skażenia pleśnią.


enrasa.pl 2eb30cef3

ZESZŁEGO LATA PRZEPROWADZIŁAM ANKIETĘ wśród wielkich europejskich instytucji sztuki. Zwróciłam się z pozoru prostym pytaniem: czy w ich zbiorach pojawiły się ostatnio problemy z pleśnią?

Pleśń to odwieczna plaga muzeów – może oszpecać i niszczyć dzieła sztuki oraz zabytki. Aby utrzymać tego mikrobiologicznego wroga w ryzach, instytucje stosują procedury mające powstrzymywać dobrze znane grzyby rozwijające się w wilgotnym środowisku. Wygląda jednak na to, że w tej długotrwałej walce otworzył się nowy front. Niedawno dotarły do mnie pogłoski, że kustosze w moim wówczas kraju zamieszkania – w Danii – zmagają się z zagadkowymi infestacjami, które zdają się wymykać standardowym zasadom postępowania. Zastanawiałam się, jak bardzo rozpowszechniony może być ten problem.

Moja ankieta nie przysporzyła mi sympatii. Niektóre muzea odpowiedziały szybko – być może zbyt szybko, by faktycznie skonsultować się z kustoszami. Zaledwie 10 minut po otrzymaniu mojego zapytania biuro prasowe galerii Uffizi we Florencji zapewniło mnie jednoznacznie, że w Uffizi nie ma żadnej pleśni. Muzeum odmówiło jednak skontaktowania mnie z zespołem kuratorskim lub działem konserwacji. Wiele instytucji – Luwr, British Museum, Musée d'Orsay – w ogóle nie odpowiedziało na moje telefony i e-maile. W końcu zaczęłam też podejrzewać, że Muzea Watykańskie zablokowały mój numer.

Choć to frustrujące, taka reakcja nie była dla mnie zaskoczeniem. Zapytanie kustosza, czy jego muzeum ma problem z pleśnią, jest jak pytanie, czy cierpi na chorobę przenoszoną drogą płciową. To coś zaraźliwego, tabu i niosącego nieuchronną sugestię, że ktoś zrobił coś niewłaściwego.

W konsekwencji o pleśni w świecie muzeów mówi się szeptem. Kustosze obawiają się, że nawet plotki o infestacji mogą zaszkodzić finansowaniu instytucji i wykluczyć ją z międzynarodowych wystaw objazdowych. Gdy do infestacji rzeczywiście dochodzi, zwykle utrzymuje się to w tajemnicy. Zespoły konserwatorskie wynajmowane do usuwania pleśni często muszą zobowiązać się do zachowania poufności jeszcze zanim zobaczą skalę zniszczeń. Jednak niewielka grupa badaczy – od muzealnych konserwatorów po akademickich mykologów – zaczyna wymieniać się doświadczeniami dotyczącymi infekcji grzybowych, z którymi zetknęli się w magazynach muzealnych, archiwach klasztornych, kryptach i katedrach. Z tych rozmów wyłoniło się niepokojące odkrycie: istnieje klasa pleśni, które rozwijają się w niskiej wilgotności – środowisku długo uważanym za bezpieczne schronienie przed rozkładem. Próbując za wszelką cenę chronić zabytki, przypadkowo stworzyliśmy „idealne warunki do ich rozwoju", mówi Flavia Pinzari, mykolożka z włoskiej Krajowej Rady Badań Naukowych. „Żadne zasady konserwacji nie uwzględniały tych gatunków" – dodaje.

Te pleśnie – zwane kserofilnymi – potrafią przetrwać w suchych, niegościnnych środowiskach, takich jak kaldery wulkaniczne czy suche pustynie, i ku utrapieniu kustoszy na całym świecie wydają się rozwijać upodobanie do dziedzictwa kulturowego. Żywią się materiałem organicznym, którego w muzeach nie

Od co najmniej 50 lat rdzawobrązowe plamy znajdują się na najsłynniejszym autoportrecie Leonarda da Vinci wykonanym na papierze czerwoną kredką (sangwiną). Badacze ustalili, że ich sprawcą jest kserofilny grzyb *Aspergillus halophilicus*.

Zdjęcie rysunku autorstwa Leonardo da Vinci: Ann Ronan Pictures/Print Collector/Getty Images

Elizabeth Anne Brown jest niezależną dziennikarką naukową mieszkającą w New Jersey. Jej teksty ukazywały się m.in. w „New York Timesie", „National Geographic" i „MIT Technology Review". Więcej informacji na elizabeth-anne-brown.com

eprasa.pl 2eb30cef3b



brakuje – od płócien i drewnianych mebli po arrasy. Potrafią też przetrwać na marmurowych rzeźbach i witrażach, wykorzystując mikroskładniki odżywcze obecne w kurzu osadzającym się na powierzchni. A globalne ocieplenie zdaje się sprzyjać ich rozprzestrzenianiu.

Najbardziej frustrujące dla kustoszy jest to, że pleśni kserofilnych nie da się wykryć konwencjonalnymi metodami. Jednak uzbrojeni w nowe techniki badawcze, naukowcy zaczynają rozwiązywać zagadki historii sztuki i wyjaśniać tajemnicze nowe infestacje.

Lista „ofiar" kserofili rośnie: plamy przypominające siniaki na najsłynniejszym autoportrecie Leonarda da Vinci przechowywanym w Turynie, brunatne zacieki na ścianach grobowca Tutenchamona w Luksorze czy ubytki na twarzy świętego na fresku z XI wieku w Kijowie. Samo wykrycie i zidentyfikowanie pleśni to jednak za mało. Badacze ścigają się z czasem, by określić granice życia kserofilnego i ustalić, które elementy naszego dziedzictwa kulturowego są najbardziej narażone na infestację – zanim żarłoczne mikroorganizmy zdążą się zadomowić.

MUZEA SKANDYNAWSKIE należą do pierwszych instytucji, które musiały zmierzyć się ze skutkami zmian klimatu dla rozwoju pleśni. Podczas gdy niektóre regiony świata stają się coraz suchsze wraz ze wzrostem temperatur, kraje nordyckie należą do tych, w których robi się coraz wilgotniej. Wyższe temperatury pozwalają powietrzu zatrzymywać więcej wilgoci, a ekstremalne ulewy zwane oberwaniami chmury występują coraz częściej. Na przykład otoczona morzem Dania, już dziś deszczowa, może do końca tego stulecia otrzymywać zimą o ponad 50% więcej opadów.

Jeszcze kilka dekad temu lokalne duńskie muzea mogły sobie pozwolić na przechowywanie swoich zbiorów w przewiewnych piwnicach, szopach, a nawet stodołach – praktyka typowa dla małych muzeów na całym świecie, gdy finansowanie jest ograniczone i nie ma możliwości budowy specjalnie zaprojektowanych magazynów. Jednak rosnąca wilgotność i coraz częstsze powodzie doprowadziły na początku XXI wieku do gwałtownych inwazji pleśni w kilku duńskich instytucjach. W odpowiedzi duńskie muzea zainwestowały dziesiątki milionów dolarów w stworzenie scentralizowanych, klimatyzowanych magazynów zbiorów.

To schemat powtarzający się w wielu częściach świata. W miarę jak klimat staje się coraz bardziej niestabilny, muzea zaostrzają kontrolę temperatury i wilgotności w swoich kolekcjach, aby zapobiec rozwojowi pleśni. Paradoksalnie jednak działania te mogą tworzyć idealną niszę dla innego rodzaju grzybów pleśniowych.

W 2012 roku duńska konserwatorka muzealna Camilla Jul Bastholm kontrolowała jeden z takich klimatyzowanych magazynów – świeżo zmodernizowany magazyn około godziny drogi od Kopenhagi – gdy zauważyła subtelny biały połysk na różnych przedmiotach, m.in. czapkach i pelerynach. „Trudno było to dostrzec gołym okiem – mówi Bastholm o tych przebarwieniach – białawą, kruchą warstwę na powierzchni zabytkowych przedmiotów."

Zgodnie z powszechnym przekonaniem takie połyskujące plamy można było uznać za wykwity pestycydów – niefortunne dziedzictwo dawnych pokoleń konserwatorów, którzy spryskiwali zbiory środkami takimi jak DDT, aby chronić je przed owadami i pleśnią. Chemikalia te wnikały w przedmioty, by po latach wydostawać się na powierzchnię w postaci białych plam. Bastholm widziała jednak te drobne białe kropki już wcześniej. Pracowała wtedy w innym magazynie jako konserwatorka kontraktowa – rodzaj specjalistki, którą muzea zatrudniają po powodzi lub zalaniu. Po ośmiu godzinach pracy w tamtym obiekcie jedna z jej koleżanek „zareagowała tak, jakby złapała grypę – łzawiły jej oczy, dostała migreny". Dla Bastholm wyglądało to raczej jak reakcja na kontakt z grzybem niż z substancją chemiczną.

Dokładniejsze oględziny wykazały, że około połowa obiektów w magazynie Muzeum w Roskilde nosiła te niepokojące białe ślady. Dwóch pracowników muzeum rozwinęło takie same objawy grypopodobne, jakie Bastholm widziała wcześniej. Personel był przekonany, że ma do czynienia z wykwitem pleśni. Budynek był jednak szczelny i nie było śladów przecieków.

Dwukrotnie kierownictwo muzeum sprowadzało zewnętrznych techników, by przebadali obiekt pod kątem pleśni. Procedura polegała na pocieraniu próbek potencjalnie skażonego materiału o pożywkę grzybową – galaretowatą substancję pełną składników odżywczych i wilgoci, która pobudza rozwój pleśni na szalce Petriego. Na pożywkach pojawiły się czarne, żółte, brązowe i zielone kolonie typowych pleśni, lecz żadna nie odpowiadała zagadkowym białym śladom.

Kiedy w 2014 roku Bastholm została główną konserwatorką Muzeum w Roskilde, zarządziła zamknięcie magazynu – zawierającego dziesiątki tysięcy obiektów historycznych – dla wszystkich osób poza niezbędnym personelem, dopóki nie rozwiąże zagadki. Trzy lata później nastąpił przełom. Holenderski mykolog specjalizujący się w pleśniach wpływających na produkcję żywności zasugerował przygotowanie bardzo nietypowej pożywki grzybowej: środowiska na szalce Petriego, które zabiłoby większość grzybów. Gdy hodowała próbki na tej nieprzyjaznej pożywce, zawierającej zdecydowanie zbyt mało wody, by utrzymać większość pleśni, szalki nagle zaczęły przypominać kule śnieżne, pokryte połyskującymi białymi płatkami. Analiza genetyczna wykazała, że były to cztery spokrewnione gatunki pleśni kserofilnych z grupy znanej jako *Aspergillus* sekcja *restricti*.

MNIEJ WIĘCEJ W TYM SAMYM CZASIE, gdy Bastholm odkryła w 2012 roku epidemię kserofili w Danii, Flavia Pinzari, wówczas biolog pracująca dla włoskiego Ministerstwa Dziedzictwa Kulturowego w Rzymie, badała własną grzybową zagadkę. Pinzari monitorowała przez poprzednią dekadę infestacje pleśni w bibliotekach i archiwach w Rzymie, Genui i Modenie. Personel zgłaszał złe samopoczucie, a drobne białe kropki pokrywały starożytne manuskrypty i oprawy książek

eprasa.pl 2eb30cef3b



Kapelusze z duńskiego Muzeum w Roskilde, przechowywane w klimatyzowanym magazynie pod Kopenhagą, mają połyskujące, białawe plamy spowodowane przez pleśnie kserofilne.

Trine Sejthen

w sześciu instytucjach – wśród nich znalazła się Bibliotheca Angelica w Rzymie, najstarsza publiczna biblioteka Europy i jedna z największych na świecie kolekcji rzadkich i starych ksiąg. Pinzi zastanawiała się, czy klasyczna technika konserwatorska nie zaprasza przypadkiem do zbiorów podstępnej, trudnej do wykrycia grupy grzybów.

W XVII wieku Bibliotheca Angelica była prowadzona przez augustianów – zakon uczonych i teologów, którym papież powierzył zadanie rozstrzygania, które teksty trafią do wykazu *libri prohibiti* – ksiąg zakazanych, przeznaczonych przez Kościół katolicki do spalenia jako materiały heretyckie.

Przez ręce augustianów przechodziły teksty o astrologii, alchemii, nauce oraz nieortodoksyjnej myśli religijnej. „Augustianie badali je i cenzurowali, ale ich nie niszczyli – oświadczył w komunikacie prasowym Umberto D'Angelo, były dyrektor Bibliotheca Angelica. – Na szczęście dla nas wszystkie one nadal istnieją". Dziś zbiory biblioteki obejmują znakomite iluminowane rękopisy z XI wieku, jedno z najwcześniejszych wydań *Boskiej komedii* Dantego – a także wszystkie te bezcenne *libri prohibiti*.

Infestacje, które obserwowała Pinzari, były nietypowe, ponieważ występowały w instytucjach, które – jak się wydawało – odpowiednio kontrolowały mikroklimat. Jedynym czynnikiem łączącym sześć ognisk było stosowanie przez te instytucje systemów mobilnych regałów – bloków półek wielkości lodówki, przesuwających się po szynach. Regały systemu Compactus są obecne w magazynach muzeów i bibliotek od lat 50., ponieważ pozwalają oszczędzać przestrzeń i zapewniają szczelne zamknięcie, chroniąc zawartość przed kurzem i zarodnikami pleśni.

Pinzari nie była w stanie wyhodować żadnej z tych białych pleśni na standardowych pożywkach grzybowych. Miała jednak dostęp do mikroskopu o dużej mocy. Spoglądając przez okular, dostrzegła włókniste strzępki pokryte gęstym „meszkiem" – charakterystyczne dla *Aspergillus* sekcja *restricti*.

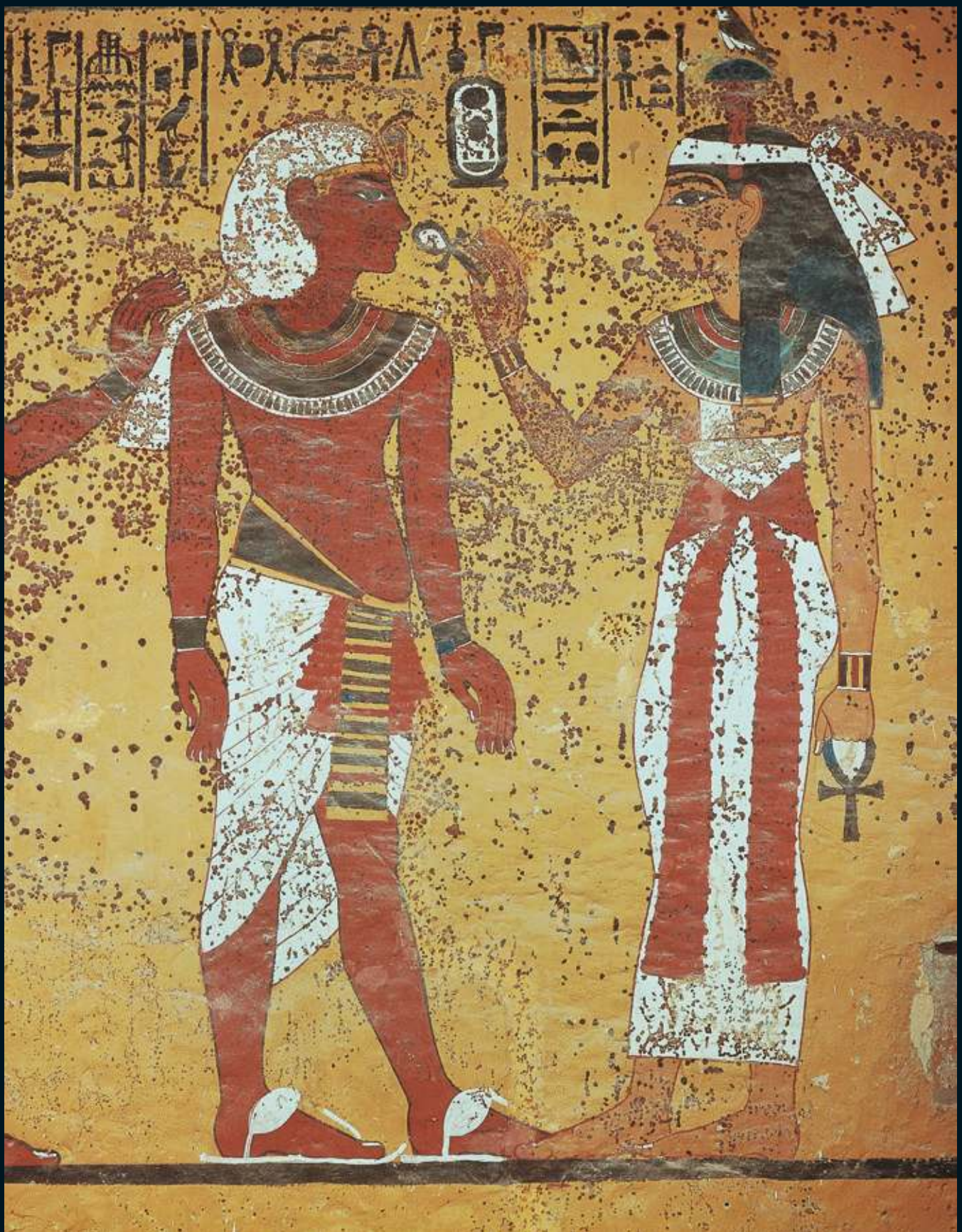
To, w jaki sposób pleśń mogła zadomowić się w regałach typu Compactus, pozostawało wówczas tajemnicą. Jednak w ciągu kolejnej dekady Pinzari i inni badacze zaczęli rozumieć, jak te kserofilne gatunki potrafią rozwijać się tam, gdzie inne pleśnie nie mają szans. Wydaje się, że przekształcają swoje otoczenie, zamieniając pustynię w oazę – kawałek po kawałku, w najmniej sprzyjających warunkach.

Weźmy *Aspergillus halophilicus*, jeden z gatunków odpowiedzialnych zarówno za duńskie infestacje, jak i ogniska we włoskich bibliotekach. Gdy zarodnik *A. halophilicus* osiądzie na powierzchni, jak wyjaśnia Pinzari, wypuszcza eksploracyjne strzępki zwane hyfami, które wiją się przez szczeliny i pęknięcia w poszukiwaniu składników odżywczych. „Szukają wody – tłumaczy Pinzari – ale jeśli jej nie znajdują, potrafią zadowolić się kryształami soli."

Kryształy soli są niezwykle skuteczne w pochłanianiu wilgoci z powietrza. Dlatego właśnie zawartość solniczki potrafi zamienić się w twardą bryłę, jeśli

eprasa.pl 2eb30cef3b





DeAgostini/S. Vannini/Getty Images (*po lewej*); DeAgostini/G. Dagli Orti/Getty Images (*po prawej*)

W 1993 roku japoński mikrobiolog Hideo Arai wykorzystał specjalną pożywkę do zidentyfikowania grzyba, który wywołał plamy na ścianach komory grobowej Tutanchamona. Okazało się, że przyczyną był *Aspergillus penicilloides*.

Powered by Archivolta

nie wrzuci się do niej odrobiny ryżu. *A. halophilicus* potrafi pobierać sól z otoczenia i ponownie ją wydzielać w postaci bogatego w sól egzopolimeru – rodzaju słonawej galaretowatej substancji, która pokrywa jego strzępki. Badacze przypuszczają, że egzopolimer ten zapobiega wysychaniu tkanek pleśni i pomaga jej utrzymać warstwę wilgotnego powietrza w najbliższym otoczeniu.

Pinzari uważa, że próbując tak rygorystycznie kontrolować warunki wewnątrz półek typu Compactus, zarządcy zbiorów nieświadomie oddali kontrolę grzybom kserofilnym. Brak przepływu powietrza, który mógłby zakłócić ich mikroskopijne, sztucznie tworzone mikroklimaty, pozwolił pleśniom przekształcać otoczenie zgodnie z własnymi potrzebami. Paradoksalnie więc artefakty mogłyby mieć się lepiej w tych przewiewnych duńskich stodołach.

Z perspektywy konserwatora jest wiele powodów do niepokoju w związku z „projektami przebudowy" realizowanymi przez kserofile. Czasami grzyby kserofilne lub kserotolerancyjne bezpośrednio zjadają muzealne obiekty – podjadając temperę jajową na fresku, bawełniane płótno obrazu, a nawet słonawe tkanki mumii.

Innym razem zarodniki osiadają na materiałach, których pleśń nie może bezpośrednio strawić, takich jak metal, szkło, guma, plastik czy wapień. Jednak niektóre gatunki z sekcji *restricti* są – jak mówi Pinzari – „zdolne do życia praktycznie na niczym", utrzymując się dzięki składnikom odżywczym zawartym w drobinach kurzu. W takich przypadkach uszkodzenia zabytków są skutkiem ubocznym – rezultatem działalności „przebudowującej" pleśni, jej procesów trawiennych oraz obumierania strzępek.

To właśnie – jak sądzą badacze – wydarzyło się w Soborze Mądrości Bożej (Sobór Sofijski), tysiącletnim miejscu kultu w Kijowie, określanym jako dusza całej Ukrainy. W 2010 roku na cennych freskach z XI wieku zaczęły pojawiać się brązowe plamy, początkowo na ołtarzu poświęconym męczennicy św. Zofii. „To bardzo bolesne, ponieważ ludzie ogromnie kochają tę katedrę" – mówi Marina Fomina, mikrobiolożka z Narodowej Akademii Nauk Ukrainy.

Pojawienie się tych zmian było zaskoczeniem z dwóch powodów. Po pierwsze, od lat 50. w katedrze stosowano kontrolę mikroklimatu. Po drugie, malowidła ścienne wykonano w technice buon fresco, co oznacza, że powstały z mineralnych składników, które nie zawierają materii organicznej stanowiącej pożywkę dla pleśni.

Fomina skontaktowała się z Pinzari po przeczytaniu o jej zmaganiach z kserofilami we włoskich bibliotekach. Zgodnie z jej wskazówkami spróbowała wyhodować pleśń z próbek fresków na specjalnych pożywkach grzybowych. Nic jednak nie wyrosło. Ukraiński zespół był tak zaniepokojony zniszczeniami, że zdecydował się na kosztowną analizę genetyczną próbek z malowideł, która potwierdziła obecność *A. halophilicus*.

Aby zrozumieć, co dzieje się z freskami, zarządcy katedry pozwolili Fominie wyciąć fragmenty zainfekowanej powierzchni z części malowidła odrestaurowanej w latach 50. Pod mikroskopem zobaczyła charakterystyczną strukturę *A. halophilicus* – przypominającą splątany makaron pokryty delikatnym „meszkiem" – która drążyła tunele między warstwami tynku, powodując kruszenie się i łuszczenie powierzchni fresku. Co jednak ciekawe, strzępki te wydawały się pokryte drobnymi kryształkami, przypominającymi kandyzowany cukier.

Wygląda na to, że gdy *A. halophilicus* znajduje się w środowisku bogatym w wapń, jak w kredowym tynku, wydziela kwasy organiczne, które przekształcają jony wapnia – potencjalnie szkodliwe dla pleśni – w nieszkodliwe kryształy jabłczanu wapnia. Same ciemne plamy są kolejnym produktem ubocznym tego mechanizmu ochronnego. Jak wyjaśnia Fomina, im wyższe stężenie minerałów wapniowych, tym ciemniejsze stają się pigmenty pleśni.

GRZYBY KSEROFILNE nie są w muzeach i miejscach dziedzictwa kulturowego zjawiskiem całkowicie nowym. Włoscy archiwiści już w połowie XX wieku opisywali ogniska identyczne z tymi, które obserwowała Pinzari, a pomarańczowe plamy obecne na najsłynniejszym autoportrecie Leonarda da Vinci co najmniej od lat 50. zostały później jednoznacznie przypisane *A. halophilicus*. Jednak dopiero dekady później badacze zaczęli rutynowo stosować pożywki o niskiej dostępności wody, aby „wydobywać" kserofilne grzyby. Jednym z pierwszych, którzy wykorzystali takie pożywki do wykrywania trudnych do uchwycenia grzybów na obiektach kultury, był japoński mikrobiolog Hideo Arai. W 1984 roku użył ich do wyizolowania pleśni z malowideł na papierze konopnym w świątyni Byōdō-in w Uji w Japonii. Później, w 1993 roku, dzięki tym specjalistycznym pożywkom zidentyfikował *Aspergillus penicilloides* jako sprawcę infestacji na ścianach komory grobowej Tutanchamona. Ciemne plamy pozostawione przez pleśń nurtowały badaczy od czasu, gdy archeolog Howard Carter otworzył grobowiec w 1922 roku.

Mimo tak głośnych przypadków eksperci nadal uważali prawdziwe infestacje kserofilne za rzadkość – przekonanie to utrzymywało się, ponieważ narzędzia do ich wykrywania były niezwykle trudno dostępne. Nawet dziś, dziesięciolecia po pionierskich pracach Araiego, dostęp do pożywek o niskiej aktywności wodnej jest bardzo ograniczony. „Nie można ich po prostu kupić – nikt ich masowo nie produkuje – mówi Bastholm. – Jeśli chcesz wykrywać te kserofilne grzyby, musisz współpracować z laboratoriami badawczymi".

Co więcej, niektóre gatunki są tak wybredne, że nawet takie pożywki nie zawsze przynoszą rezultaty. Fomina i jej współpracownicy od ponad 10 lat bezskutecznie próbują wyhodować próbki z infestacji w Soborze Sofijskim.

Kontynuują te próby, ponieważ dopóki naukowcy nie zrozumieją, co sprawia, że kserofile „czują się jak u siebie" na szalce Petriego, muzea nie będą miały testów pozwalających je wykrywać bez kosztownych badań genetycznych, na które wielu instytucji po prostu nie stać.

eprasa.pl 2eb30cef3b

Fomina i Pinzari podejrzewają, że jedną z przyczyn trudności w hodowli *A. halophilicus* może być fakt, że w momencie wykrycia infestacji grzyb ten bywa już martwy. Często występujący razem z innymi gatunkami kserofilnymi, *A. halophilicus* zdaje się odgrywać rolę pioniera: pojawia się w niesprzyjającym środowisku, przeprowadza swoją niezwykłą „inżynierię przetrwania", a następnie inne, mniej wymagające pleśnie wykorzystują poprawione warunki wzrostu – potencjalnie pozyskując z obumarłych tkanek *A. halophilicus* jako źródła składników odżywczych.

To właśnie dlatego grzyby kserofilne tak długo pozostawały niezauważone. Gdy zainfekowany obiekt bada się z użyciem standardowych pożywek o wysokiej dostępności wody, rozwijają się jedynie pospolite pleśnie. Muzea zakładają wtedy, że zawiodły procedury przechowywania – że wilgotność była wyższa, niż sądzono, albo że przeoczono wyciek – i często nie nagłaśniają sprawy, obawiając się posądzenia o zaniedbanie. Tymczasem kserofile pozostają niewykryte i nadal powodują szkody. Problem – jak twierdzi Pinzari – „jest znacznie bardziej rozproszony, niż mogłoby się wydawać".

Gdy muzeum zidentyfikuje infestację pleśni, staje przed trudnym pytaniem: jak ją powstrzymać? Do lat 70. konserwatorzy stosowali biocydy – substancje chemiczne, w tym antybiotyki i formaldehyd – które niszczą mikroorganizmy bez rozróżnienia. Takie środki wykorzystano w 1963 roku, gdy zielone glony zagroziły 17-tysiącletnim przedstawieniom turów, koni i jeleni w słynnej Jaskini Lascaux. Jednak podobnie jak antybiotyki o szerokim spektrum działania mogą zaburzać florę jelitową człowieka, eliminując pożyteczne bakterie razem ze szkodliwymi, tak biocydy mogą otwierać drogę jeszcze bardziej niebezpiecznym mikroorganizmom, usuwając ich konkurencję.

Naukowcy sądzą, że wieloletnie stosowanie biocydów w Lascaux doprowadziło do rozwoju grzyba *Fusarium solani*, który w ciągu kilku dni pokrył jaskinię niczym śnieg. Uważa się również, że środki te umożliwiły niekontrolowany rozwój szczepów bakterii i grzybów opornych na antybiotyki, a także grzybów pigmentowych, które pozostawiły trwałe ciemne plamy na malowidłach z epoki lodowej. W Europie stosowanie biocydów jest dziś ściśle ograniczone.

Jedną z niewielu opcji w przypadku rozległych infestacji – na przykład w bibliotekach i archiwach – jest fumigacja. Jednak niektóre substancje używane w tym procesie pozostawiają osady, które z czasem mogą degradować artefakty, jak zauważa Katherina Derksen, konserwatorka malarstwa i mikrobiolożka z Akademii Sztuk Pięknych w Wiedniu. Niektóre z tych chemikaliów stanowią również zagrożenie dla zdrowia ludzi.

Gdy konieczne jest zatrzymanie ekspansji pleśni na obiekcie, można sięgnąć po promieniowanie gamma – czyli bombardowanie go energią elektromagnetyczną pochodzącą z rozpadu promieniotwórczego w celu zabicia grzybów i ich zarodników. Promieniowanie to jednak sięga głęboko i może poważnie uszkodzić eksponaty. W niektórych przypadkach – jak mówi Katja Sterflinger, geomikrobiolożka i specjalistka od dziedzictwa kulturowego – „traci się zarówno mikroorganizmy, jak i obiekt, który próbuje się ocalić".

W rezultacie konserwatorom pozostaje jedynie podstawowy zestaw narzędzi do ograniczania ognisk pleśni: izolowanie zainfekowanych obiektów, usuwanie największych skupisk pleśni odkurzaczem oraz – tam, gdzie to możliwe – traktowanie obiektów etanolem. To właśnie ostatecznie musiano zrobić w Muzeum w Roskilde – duńskiej instytucji, w której Bastholm odkryła kserofile.

W 2023 ROKU, dziewięć lat po tym, jak Bastholm zamknęła magazyn Muzeum w Roskilde, zarząd instytucji uznał, że nadszedł czas, by odzyskać to miejsce. „Baliśmy się go" – mówi Isabella No'omi Fuglø, szefowa działu zbiorów. W 2025 roku, po dwóch latach planowania, niewielka grupa konserwatorów w końcu założyła odzież ochronną i wkroczyła do opanowanego przez pleśń magazynu.

W 2025 roku Camilla Jul Bastholm otrzymała lawinę wiadomości od instytucji z całego świata, które doświadczyły infestacji pleśni podejrzewanych o kserofilny charakter, co niekoniecznie ujawniono publicznie.

Pewnego jesiennego dnia ubiegłego roku sama założyłam maskę i odzież ochronną, by zwiedzić magazyn – już kilka tygodni po rozpoczęciu jego rekultywacji. Moją przewodniczką była kuratorka i menedżerka zbiorów Maja Lindholm Kvamm. Ubrana w biały kombinezon i respirator, z przemysłowym odkurzaczem w ręku, wyglądała jak pogromczyni duchów w hełmie astronauty.

W ciągu lata Kvamm wraz z zespołem około 15 osób – w tym studentami z lokalnej szkoły konserwatorskiej – zajęła się ponad 100 tys. obiektów: od muszli ostryg po obrazy i powozy, sprawdzając je pod kątem obecności pleśni i usuwając nagromadzony przez lata brud i kurz.

Jak mówi Kvamm, z ulgą odkryli, że archeologiczne skarby muzeum – w tym relikty z epoki kamienia i artefakty wikińskie znalezione przez amatorów posługujących się wykrywaczami metali – w dużej mierze uniknęły skażenia, choć nie można tego powiedzieć o skrzyniach, w których były przechowywane.

Niektóre przedmioty były jednak nie do uratowania albo zbyt kruche, by można je było oczyścić konwencjonalnymi metodami. „Duża część procesu czyszczenia polega na ustaleniu, co dany obiekt jest w stanie znieść – nawet samo dotknięcie" – wyjaśnia Fuglø.

eprasa.pl 2eb30cef3b

Przemierzając alejki zastawione po sufit pudłami z obrazami, antycznymi meblami i od czasu do czasu szkieletem z epoki wikingów, natrafiłam na kilka paczek owiniętych plastikiem i oznaczonych napisem „SKIM!!!” – skrótem od skimelsvamp, czyli „pleśń” po duńsku. W jednej z nich znajdowała się skóra ryby tak przesiąknięta pleśnią, że „praktycznie żyła” – wspomina Kvamm. To do Kvamm należy decyzja, które uszkodzone przez pleśń obiekty są warte wysiłku stabilizacji i konserwacji. „Czy historia [tego obiektu] jest wystarczająco interesująca? Czy wiemy, skąd pochodzi? Czy mamy podobne przedmioty?” – wylicza.

Pozbycie się zjedzonego przez pleśń obiektu z muzealnej kolekcji to biurokratyczny koszmar. „Trzeba zapytać inne muzea, czy nie byłyby nim zainteresowane – tłumaczy Kvamm. – Trzeba [spróbować] odnaleźć osobę, która przekazała dany przedmiot, i zapytać, czy chce go odzyskać.” Gdy te przeszkody zostaną pokonane, Kvamm spodziewa się jeszcze wielomiesięcznych konsultacji z ministerstwem kultury, zanim w końcu uzyska zgodę na pozbycie się obrzydliwej skóry ryby.

W przypadku zainfekowanych obiektów, które uznano za możliwe do uratowania, Kvamm wielokrotnie używa odkurzacza, przeplatając to delikatnym szczotkowaniem. Na końcu ostrożnie spryskuje wszystko etanolem.

Jednak nawet przedmioty, które nie wykazują oznak pleśni, trafiają pod troskliwą opiekę Kvamm i jej zespołu. Konserwatorzy starannie usuwają z nich drobiny kurzu, aby utrudnić pleśni ponowne zasiedlenie. „Nie mamy teraz nic więcej do zrobienia poza czyszczeniem i regularnym sprawdzaniem” – przyznaje Fuglø.

Aby opracować lepsze metody zapobiegania i zwalczania infestacji pleśni kserofilnych, naukowcy potrzebują dokładniejszego zrozumienia podstawowej biologii tych organizmów – przede wszystkim warunków, w których one słabną, a w których rozwijają się najlepiej. W tym celu Sterflinger i jej zespół w Wiedniu intensywnie badają, jak niewielka ilość wody wystarcza kserofilnym pleśniom do przetrwania. Nawet jeśli badaczom uda się określić poziom wilgotności bezpieczny z perespektywy kserofili – podkreśla Sterflinger – dalsze obniżanie wilgotności w magazynach jest w praktyce niewykonalne: kontrola klimatu jest kosztowna i stanowi istotne źródło emisji gazów cieplarnianych, które muzea próbują pod rosnącą presją ograniczać.

Zamiast tego – jak zauważa Derksen – konieczne będzie ustalenie, które materiały są najbardziej podatne na działanie pleśni kserofilnych i kserotolerancyjnych. Dzięki temu zarządcy zbiorów będą mogli zdecydować, które obiekty wymagają bardziej rygorystycznych,



Kuratorzy z Muzeum Roskilde sprawdzają, czy eksponaty nie są zajęte przez pleśń.

eprasa.pl 2eb30cef3b



a zarazem energochłonnych warunków przechowywania. W przyszłości w magazynach można wydzielać niewielkie przestrzenie o najbardziej restrykcyjnej kontroli klimatu dla szczególnie wrażliwych obiektów.

Derksen prowadzi także „spisy pleśni" w „zdrowych" muzeach, w których nie stwierdzono infestacji, aby opracować metody monitoringu pozwalające wykrywać wzrost liczebności określonych gatunków pleśni, zanim stanie się to widoczne gołym okiem.

Badacze są zgodni: powinniśmy nauczyć się jak najwięcej od organizmów zasiedlających sztuczne ekstremalne środowiska muzeów. Wnioski te nie dotyczą wyłącznie konserwacji dzieł sztuki. Te niezwykłe gatunki – z których część jest nowa dla nauki – prawdopodobnie będą pojawiać się także w innych miejscach, które ludzie próbują utrzymać w nienaturalnej sterylności.

Pleśnie kserofilne pojawiały się już w zakładach produkcji żywności – od belgijskich fabryk czekolady po włoskie zakłady dojrzewania mięsa. W 2024 roku w największym szpitalu Danii wykryto infestację *Aspergillus flavus* – gatunku kserofilnej pleśni powiązanego z niektórymi ogniskami muzealnymi – która doprowadziła do zachorowań wśród dziecięcych pacjentów onkologicznych i przyczyniła się do kilku zgonów, w tym śmierci 11-letniego chłopca. Pleśnie kserofilne mogą kolonizować tkanki ludzkie u osób z obniżoną odpornością – u jednej z duńskich pacjentek, leczonej wcześniej z powodu białaczki na skażonym oddziale, lekarze wykryli kolonie *Aspergillus fumigatus* w mózgu, klatce piersiowej i płucach. Inni naukowcy widzą jednak w zdolnościach „przebudowy" kserofili potencjał do wykorzystania – na przykład w rozkładzie zanieczyszczeń czy wiązaniu szkodliwych metali.

Badacze zajmujący się pleśnią w muzeach są wdzięczni instytucjom, które decydują się dzielić z nimi swoimi problemami. Jak mówi Pinzari, porzucenie wstydu to jedyny sposób, by naprawdę zrozumieć te organizmy. Bastholm przyznaje, że w 2025 roku otrzymała mnóstwo wiadomości od instytucji, które doświadczyły infestacji pleśni podejrzewanych o kserofilny charakter. Informacje napływały z całej Europy, Stanów Zjednoczonych i z Azji, m.in. z Pakistanu i Izraela. Z reguły te problemy nie były jednak upubliczniane i żaden przedstawiciel tych instytucji nie zgodził się na wypowiedź do artykułu pod własnym nazwiskiem. ■

W lecie ubiegłego roku zespół 15 konserwatorów i asystentów zbadał i wyczyścił ponad 100 tys. obiektów z kolekcji Muzeum Roskilde.

Z ARCHIWUM

The Restoration of Medieval Stained Glas". Gottfried Frenzel; maj 1985. ScientificAmerican.com/archive

eprasa.pl 2eb30cef3b

Niezwykły botaniczny spektakl

Wyniki badań dają wskazówki, dlaczego trupi kwiat jest tak wyjątkowy JACOB S. SUISSA



Kwitnienie dziwidła olbrzymiego w szwajcarskim Botanische Garten der Universität Basel. Założony w 1589 roku jest jednym z najstarszych ogrodów botanicznych świata.



ROZKWIT DZIWADŁA OLBRZYMIEGO *Amorphophallus titanum* to widowisko niepodobne do żadnego innego w świecie roślin. Pojedyncza kremowa kolba, przypominająca gnijący palec pogrzebanego olbrzyma, przebija się przez ziemię i dorasta do wysokości nawet ponad trzech metrów. Masywna pochwa kwiatostanowa tworzy wokół tego „palca" krwistoczerwoną „pelerynę". Powietrze wypełnia zapach rozkładającego się mięsa. A potem – po około 36 godzinach – spektakl dobiega końca. Zanim powtórzy się ponownie, może minąć siedem lat, a nawet więcej.

Ze swoim odrażającym odorem, obcym wyglądem i osobliwymi zwyczajami dziwidło budzi jednocześnie fascynację i obrzydzenie. Ogrody botaniczne, arboreta i szkółki na całym świecie pozostają w gotowości, by ogłosić wiadomość o zakwitnięciu swojego egzemplarza.* Nie wiedzą dokładnie, kiedy to nastąpi – dziwidło nie stosuje się do niczyjego harmonogramu poza własnym – ale muszą być gotowe: gatunek ten często przyciąga do instytucji botanicznych więcej odwiedzających niż jakakolwiek inna roślina w ich kolekcjach.

Nie tylko zwykli śmiertelnicy uważają tę roślinę za fascynującą. Zainteresowanie naukowców tym „monstrum" sięga co najmniej końca XIX wieku, kiedy to włoscy botanicy po raz pierwszy formalnie opisali ten gatunek, endemiczny dla lasów deszczowych zachodniej Sumatry. Od tego czasu badacze nieprzerwanie go analizują.

W swoich badaniach jako biolog ewolucyjny roślin zajmuję się zupełnie inną grupą – paprociami. Mimo to dziwidło mnie przyciąga, ponieważ jego zestaw cech sugeruje wyjątkowo interesującą historię ewolucyjną. Najnowsze badania rzuciły światło na to, jak roślina ta nabyła swoich osobliwych właściwości. Wyniki nie tylko wyjaśniają, dlaczego tak, a nie inaczej, wygląda i funkcjonuje, lecz także dostarczają fascynujących przykładów mało znanych czynników, które mogą znacząco wpływać na przebieg ewolucji. Krótko mówiąc, dziwidło może nas wiele o ewolucji nauczyć.

Aby docenić tę roślinę, trzeba zrozumieć jej budowę. Przez większość czasu – gdy nie kwitnie – składa się zasadniczo z ogromnego, bulwiastego pędu znajdującego się pod ziemią, który magazynuje energię w postaci skrobi, oraz pojedynczego, olbrzymiego liścia wyrastającego nad powierzchnię i przypominającego niewielkie drzewo. Liść utrzymuje się przez około rok, wytwarzając pokarm dzięki fotosyntezie i przekazując go do bulwy. Gdy obumiera, bulwa na kilka miesięcy przechodzi w stan spoczynku, po czym wypuszcza kolejny liść, by ponownie przekształcać światło słoneczne w energię.

Kiedy bulwa osiągnie wystarczające rozmiary, by podjąć się bardziej wymagającego zadania, roślina może zakwitnąć – co często następuje dopiero po około 10 latach. Zamiast liścia wytwarza wtedy kwiatostan. Składa się on z dwóch głównych części: przypominającej palec kolby (spadix) oraz otaczającej ją pochwy (spatha). Budową przypomina choćby kwiatostan popularnej rośliny doniczkowej – skrzydłokwiatu – tyle że w gigantycznej skali.

Laicy często uważają kolbę i pochwę za kwiat rośliny. W rzeczywistości prawdziwe kwiaty to maleńkie struktury znajdujące się u podstawy kolby – tak zredukowane, że pozbawione typowych organów, takich jak płatki czy działki kielicha. Są rozdzielnopłciowe: kwiaty męskie wytwarzające pyłek znajdują się wyżej na kolbie, a kwiaty żeńskie, produkujące nasiona – niżej. Kwiaty męskie mają jedynie kilka organów produkujących pyłek, natomiast kwiaty żeńskie wytwarzają pojedynczy, drobny owoc. Oba typy kwiatów są zredukowane do absolutnego minimum.

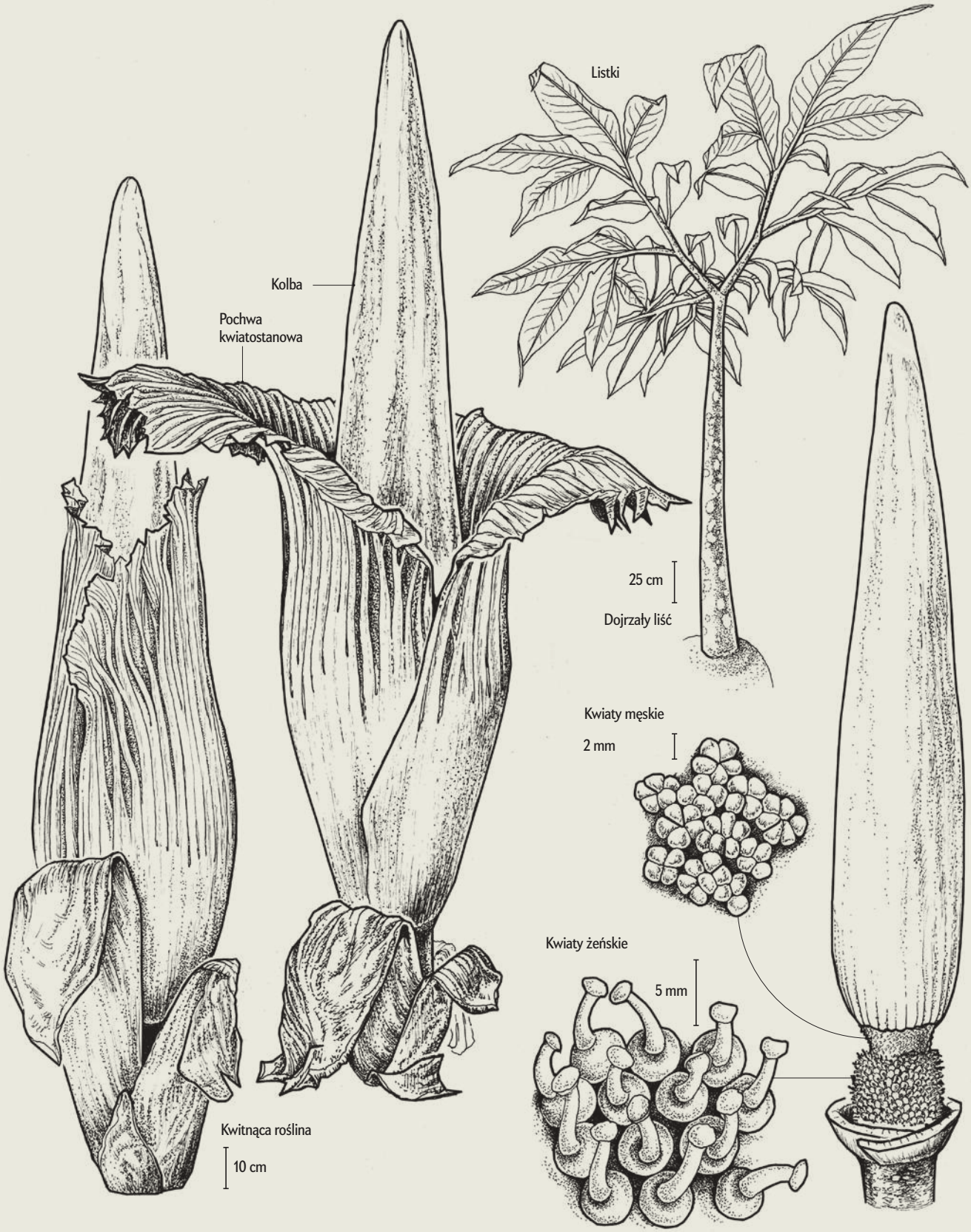
DZIWIDŁO JEST niezwykłym przykładem mimikry ewolucyjnej. Większość znanych nam roślin kwiatowych ma barwne i przyjemnie pachnące kwiaty, które przyciągają takie zapylacze, jak pszczoły, motyle czy ptaki. Ta roślina natomiast przyjęła zupełnie inną strategię. Wyewoluowała tak, by wyglądać i pachnieć jak rozkładające się mięso, dzięki czemu przyciąga inny zestaw zapylaczy – owady żywiące się padliną, jak muchy i chrząszcze. Pochwa i kolba mają fałdy, bruzdy, guzki i przebarwienia uderzająco podobne do tych widocznych na powierzchni gnijącego mięsa. Zapach jest dopełnieniem obrazu.

Podobnie jak wiele innych gatunków z rodzaju *Amorphophallus*, roślina ta wytwarza specyficzne związki siarki, które naśladują woń rozkładu. G. Eric Schaller z Dartmouth College wraz ze współpracownikami

Jacob S. Suissa jest botanikiem ewolucyjnym z University of Tennessee.

Sebastien Bozon/AFP/Getty Images *(poprzednie strony)*

eprasa.pl 2eb30cef3b



Osobliwa roślina

Kiedy dziwidło olbrzymie (*Amorphophallus titanum*) nie kwitnie, składa się z podziemnej, bulwiastej łodygi oraz pojedynczego liścia, który u góry rozgałęzia się na listki, przypominając drzewo. Gdy nadchodzi czas kwitnienia, roślina wytwarza strukturę zwaną kwiatostanem, złożoną z palczastej kolby otoczonej płaszczem pochwy. U podstawy kolby znajdują się drobne, ułożone spiralnie zredukowane kwiaty.

Grafika Işık Güner

eprasa.pl 2eb30cef3b

niedawno zidentyfikował wcześniej nieznany składnik tego odoru – trafnie nazwany putrescyną (z łac. putresco – gnić). Substancja ta, w formie chemicznie identycznej z tą występującą w kwiecie, odpowiada również za smród gnijącego mięsa. Zarówno w przypadku dziwidła, jak i padliny, powstaje ona w wyniku rozpadu określonych aminokwasów – podstawowych składników białek.

Niezależne wytworzenie przez dziwidło niektórych dokładnie tych samych związków chemicznych, które występują w gnijącym mięsie, jest zjawiskiem niezwykłym. W większości przypadków mimikry w świecie przyrody naśladowca nie jest idealną kopią oryginału. Weźmy na przykład pająki naśladujące mrówki – grupę pająków, które, jak sama nazwa wskazuje, „przebierają się" za mrówki. Jak wszystkie pająki, mają one osiem odnóży. Mrówki natomiast mają tylko sześć i dwa czułki. W ramach kamuflażu pająki unoszą dwie przednie nogi i poruszają nimi tak, by sprawiać wrażenie, że mają budowę ciała przypominającą mrówkę. Ewolucja nie tworzy z niczego – raczej modyfikuje to, czym już dysponuje. W przypadku dziwidła te „poprawki" doprowadziły akurat do niemal identycznego efektu końcowego.

Kolejna niezwykła ewolucyjna innowacja sprawia, że cuchnący zapach rozchodzi się na dużą odległość, przyciągając jak najwięcej zapylaczy. Wiele roślin zapylanych przez owady żywiące się padliną wykształciło mechanizmy wytwarzania ciepła, które, unosząc się ku górze, przenosi zapach i rozprowadza w otoczeniu. Dziwidło wykorzystuje w tym celu szczególnie fascynujący mechanizm, który odkrył G. Eric Schaller i jego współpracownicy.

Roślina przekształca skrobię zgromadzoną w dużym podziemnym pędzie w prostszy cukier. Następnie cukier ten jest transportowany ku górze przez kolbę i trafia do mitochondriów, gdzie ulega metabolizmowi. Zazwyczaj, gdy cukier jest metabolizowany w mitochondriach, pozyskana energia jest wykorzystywana do zasilania procesów komórkowych. W tym przypadku jednak dziwidło zamiast magazynować energię, uwalnia ją w postaci ciepła. W trakcie tego procesu kolba może nagrzać się nawet do temperatury około 11°C wyższej od temperatury otoczenia.

Zwykle taka utrata energii byłaby dla rośliny katastrofalna – oznaczałaby marnowanie cennych zasobów. Tutaj jednak ciepło pomaga rozprzestrzeniać zapach, przyciągając więcej owadów i zwiększając szanse zapylenia.





Genevieve Vallee/Alamy

Siła emisji zapachu jest wręcz zdumiewająca. Rose Rossell, doktorantka z Colorado State University, wraz ze współpracownikami zmierzyła skład chemiczny gazów emitowanych przez dziwidło w szklarni podczas jego kwitnienia w 2024 roku. Okazało się, że tempo emisji związków siarki było porównywalne z tym obserwowanym na wysypiskach śmieci. Jednak mimo swojej intensywności zapach nie jest niezniszczalny. Badacze ustalili, że zanieczyszczone powietrze może osłabiać „chmury zapachowe", a nawet zmieniać chemiczny profil woni. Teoretycznie takie efekty mogą zmniejszać liczbę zapylaczy odwiedzających rośliny w lasach deszczowych, co jest niepokojące, ponieważ gatunek ten jest zagrożony – szacuje się, że w naturze pozostało mniej niż 1000 osobników.

DZIWIDŁO JEST NAJBARDZIEJ ZNANE ze swojego trochę makabrycznego wyglądu i zapachu. Jednak poza niezwykłym kwitnieniem i odrażającą wonią ma jeszcze jedną fascynującą cechę – która pozwala podejrzeć mechanizmy działania ewolucji.

Jako biolog ewolucyjny roślin uważam, że najbardziej intrygująca w tym gatunku jest rozbieżność rozmiarów jego struktur. Dziwidło może wiele nauczyć nas o tym, co jest jednym z kluczowych zagadnień moich badań: jak wzrost i rozwój organizmu wiążą się z jego trajektorią ewolucyjną.

Biolodzy ewolucyjni od dawna próbują zidentyfikować wzorce zmian rozmiaru organizmów w czasie. Literatura naukowa obfituje w dyskusje na temat takich zasad, jak reguła Cope'a, według której linie ewolucyjne zwierząt mają tendencję do zwiększania rozmiarów ciała, czy reguła wyspowa, zgodnie z którą gatunki kolonizujące wyspy zmieniają rozmiary – duże stają się mniejsze, a małe większe. Dziwidło wykazuje pod tym względem osobliwą dwoistość. Podczas gdy struktura kwiatostanu

eprasa.pl 2eb30cef3b



Pracownicy ogrodów botanicznych pozyskują pyłek z kwitnących dziwideł olbrzymich i dzielą się nim z innymi ogrodami botanicznymi i arboretami, żeby w ten sposób utrzymać genetyczną różnorodność gatunku (*po prawej*). Dostęp do kwiatów męskich umożliwia wycięte w pochwie kwiatostanowej okienko (*po lewej*).

Matt Cardy/Getty Images

osiągnęła gigantyczne rozmiary, same kwiaty uległy silnemu zredukowaniu.

Współwystępowanie tych dwóch trajektorii ewolucyjnych – gigantyzmu i karłowatości – w jednym organizmie rodzi cały szereg pytań. Dlaczego kwiatostan jest tak ogromny? Dlaczego poszczególne kwiaty są tak małe? Co pojawiło się wcześniej: powiększenie kwiatostanu czy zmniejszenie kwiatów? Jakie procesy ewolucyjne umożliwiły te zmiany?

Charles Davis z Harvard University i jego współpracownicy odkryli, że bardzo duże kwiatostany i kwiaty ewoluowały wielokrotnie, najczęściej u gatunków zapylanych przez owady żywiące się padliną. Badacze postulują, że duże kwiaty są przystosowaniem do tych zapylaczy – emitują więcej zapachu i skłaniają więcej owadów do pozostawania w ich ciepłych „komorach", gdzie nie grożą im drapieżniki. Co więcej, ponieważ owady wybierają duże kawałki padliny jako miejsca składania jaj – zapewne dlatego, że oferują one więcej pożywienia dla rozwijających się larw – mogą też preferować większe kwiatostany roślin udających rozkładające się mięso. A przyciągnięcie większej liczby zapylaczy zwiększa szanse reprodukcyjne rośliny.

Jeśli jednak preferencje zapylaczy napędzają ewolucję ekstremalnych rozmiarów dziwidła, dlaczego jego właściwe kwiaty są tak mikroskopijne? Skoro dobór sprzyjał większym „kwiatom" (w sensie całego kwiatostanu), dlaczego *Amorphophallus* ewoluował w kierunku gigantyzmu kwiatostanu, a nie pojedynczych kwiatów?

Zanim spróbujemy rozwiązać tę zagadkę, musimy ustalić kolejność pojawienia się tych cech: która z nich wyewoluowała jako pierwsza? To klasyczne pytanie w stylu „co było pierwsze – kura czy jajko" – i tak, jak w przypadku tego paradoksu, odpowiedź tkwi w drzewie ewolucyjnym. Weźmy jako przykład prawdziwe kury. Jeśli spojrzymy na ptaki i ich najbliższych krewnych – krokodyle, żółwie, węże i jaszczurki – zobaczymy, że z nielicznymi wyjątkami gatunki te składają jaja. Możemy więc wnioskować, że ich wspólny przodek również składał jaja. A zatem jajko było pierwsze.

A co z drobnymi kwiatami i ogromnymi kwiatostanami u *Amorphophallus titanum*? Jeśli spojrzymy na drzewo filogenetyczne tej rośliny, zauważymy, że wszyscy przedstawiciele jej rodziny, obrazkowatych Araceae, mają małe kwiaty. Podobnie wiele gatunków z innych rodzin w obrębie rzędu Alismatales oraz pokrewnych rzędów, takich jak tatarakowce (Acorales), Petrosaviales czy

eprasa.pl 2eb30cef3b



Chociaż dziwidło olbrzymie w czasie, kiedy nie kwitnie, wygląda jak drzewo, z pniem, gałęziami i liśćmi, w istocie jest to jeden liść (*powyżej*). W 2022 roku w lesie deszczowym w Sumatrze Zachodniej badacze udokumentowali jeden z najwyższych zaobserwowanych do tej pory kwiatostanów wysokości ponad 4 m. Gatunek jest zagrożony – szacuje się, że na świecie w środowisku naturalnym rośnie już mniej niż 1000 roślin.

niektórzy przedstawiciele pochrzynowców (Dioscoreales). Aby znaleźć całe linie ewolucyjne o dużych kwiatach, musimy sięgnąć kilka gałęzi dalej – poza rząd żabieńcowatych (Alismatales) do rzędu liliowców (Liliales). Ten wzorzec wskazuje, że w linii ewolucyjnej dziwidła najpierw pojawiły się małe kwiaty, a dopiero później ogromny kwiatostan.

Obecność tych drobnych kwiatów u przodków mogła zdeterminować kierunek ewolucji rośliny. Todd Barkman z Western Michigan University wraz z zespołem badał tempo ewolucji rozmiaru kwiatów. Odkryli, że linie ewolucyjne, których przodkowie mieli duże kwiaty, wykazują szybsze tempo zmian ich wielkości niż linie wywodzące się od form o małych kwiatach. Innymi słowy – duże kwiaty sprzyjają powstawaniu jeszcze większych. To właśnie, zdaniem badaczy, zaszło w rodzaju bukietnicowatych (*Rafflesia*) – roślin pasożytniczych z Azji Południowo-Wschodniej, które mają największe pojedyncze kwiaty na świecie, osiągające rozmiary piłki plażowej.

Natomiast u dziwidła i jego bliskich krewnych kwiaty są małe, więc tempo ich powiększania również jest niskie. W obliczu presji selekcyjnej ze strony zapylaczy „padlinowych" na większe „kwiaty", bardziej prawdopodobne jest powstawanie wariantów o większym kwiatostanie niż takich, które mają większe pojedyncze kwiaty.

Gdy roślina zacznie podążać ścieżką powiększania kwiatostanu, zamiast pojedynczego kwiatu, pojawia się efekt swoistej „zapadki": duże kwiatostany prowadzą do jeszcze większych, a alternatywna ścieżka ewolucyjna – powiększanie pojedynczych kwiatów – staje się coraz mniej prawdopodobna.

Potwierdza to fakt, że u roślin nienależących do rodziny dziwidła, takich jak słoneczniki, figowce czy palmy, gigantyczne kwiatostany również składają się z maleńkich kwiatów. Na przykład palma wachlarzowiec właściwy *Corypha umbraculifera* ma kwiatostan o długości nawet 8 m – najdłuższy na świecie – który może zawierać aż 25 mln drobnych, złocistych kwiatów.

Wniosek jest taki, że to, gdzie działa selekcja w organizmie, zależy od historii danej linii ewolucyjnej. Czy przodkowie rośliny mieli małe kwiaty zebrane w kwiatostany, czy pojedyncze duże kwiaty? W pierwszym przypadku selekcja mogła sprzyjać powiększaniu kwiatostanów – jak u *Amorphophallus*; w drugim – powiększaniu pojedynczych kwiatów, jak u bukietnicowatych.

Dziwidło olbrzymie doskonale pokazuje znaczenie tych historycznych uwarunkowań. Jest bez wątpienia spektakularne. Ale kryje się w nim znacznie więcej, niż widać – lub czuć. Następnym razem, gdy zakwitnie gdzieś w pobliżu, warto dołączyć do tłumu obserwatorów, by zobaczyć je w pełnej okazałości i zastanowić się nad jego ewolucją, co pomoże zrozumieć jedną z najdziwniejszych roślin świata. ■

Z NASZEGO ARCHIWUM

Sekretne życie trufli. James M. Trappe and Andrew W. Claridge; maj 2010.

* W Polsce dziwidło olbrzymie zakwitło trzy razy – dwukrotnie w Ogrodzie Botanicznym Uniwersytetu Warszawskiego (w czerwcu 2021, w sierpniu 2025) oraz ostatnio w czerwcu tego roku w Ogrodzie Botanicznym Uniwersytetu Wrocławskiego.

Nature Picture Library/Alamy (*dojrzały liść*); Adi Prima/Anadolu Agency/Getty Images (*kwitnąca roślina*)

eprasa.pl 2eb30cef3b



Jak powstała teoria prawdopodobieństwa

Niezgodność co do sposobu podziału puli w przerwanej grze losowej doprowadziła matematyków do odkrycia współczesnej metody oceny ryzyka JACK MURTAGH

Wyobraźmy sobie prostą grę losową. Dwie osoby wpłacają do puli po 50 dolarów i zaczynają rzucać monetą. Wyrzucenie orła to punkt dla rzucającego, wyrzucenie reszki – punkt dla przeciwnika. Kto pierwszy zdobędzie 10 punktów, zgarnia 100-dolarową pulę. Gra trwa, a gdy dochodzi do wyniku 8:6, wygrywający odbiera telefon z ważną informacją i musi natychmiast wyjść. Późniejsza kontynuacja gry nie jest możliwa, więc powstaje problem. Wychodzący nie zamierza odstąpić swoich 50 dolarów, bo wygrywa. Przegrywający też nie akceptuje pozbycia się gotówki, bo nie traci szansy na wygraną. Jak w takiej sytuacji sprawiedliwie podzielić pulę?

Ten „problem podziału nagrody", zwany też „problemem punktów", absorbował matematyków przez ponad 150 lat. Gdy pojawił się po raz pierwszy, nie było jeszcze teorii prawdopodobieństwa. W XVII wieku dwaj wybitni matematycy, Blaise Pascal i Pierre de Fermat, prowadzili na ten temat długą korespondencję. W rezultacie nie tylko ustalili właściwy sposób podziału puli, ale także stworzyli podstawy teorii prawdopodobieństwa. Ich rozwiązanie problemu stanowi klucz do oceny ryzyka i dokonywania właściwego wyboru w różnych sytuacjach – od zakupu akcji po ubezpieczenie domku letniskowego.

W roku 1494 włoski matematyk Luca Pacioli po raz pierwszy zajął się problemem punktów w podręczniku „Podsumowanie arytmetyki, geometrii, proporcji i proporcjonalności". Zaproponował podział puli proporcjonalnie do liczby punktów zdobytych do momentu przerwania gry. W powyższym przykładzie ten, kto uzyskał 8 punktów (w 14 rzutach), powinien według Paciolego wziąć 8/14 puli, czyli około 57,14 dolara. Dla drugiego gracza pozostałoby więc 6/14. Wydaje się to sensowne, ale ponad 50 lat później Niccolò Fontana (znany też jako Tartaglia) zauważył, że jest to wątpliwa metoda w sytuacji ekstremalnej. Jeśli na przykład przerwa nastąpiłaby po jednym rzucie monetą, to zdobywca jednego punktu zgarnąłby całą pulę, mimo odległego rozstrzygnięcia gry. Byłoby to ewidentnie niesprawiedliwe, podczas gdy celem jest sprawiedliwy podział.

Tartaglia zaproponował alternatywną metodę. Pozostając przy podanym przykładzie: gdy gracz prowadzi dwoma punktami ma o 1/5 więcej z 10 punktów potrzebnych do wygranej; jest więc o 1/5 bliżej celu, a zatem – argumentował Tartaglia – powinien odzyskać całą swoją stawkę i wziąć 1/5 stawki przeciwnika, co w sumie daje 60 dolarów. Wydaje się to sprawiedliwsze, zwłaszcza w skrajnych przypadkach. Po przerwaniu gry po jednym rzucie, zwycięzca bierze tylko 1/10 stawki przeciwnika, a nie całą. W metodzie Paciolego nagroda dla prowadzącego zależy od jego przewagi w stosunku do liczby dotychczasowych rzutów, natomiast w metodzie Tartaglii – w stosunku do całej gry.

Tartaglia wątpił jednak w swoją innowację. Napisał: „Niezależnie od sposobu podziału, konflikt będzie nieunikniony". Uważał, że nie istnieje idealne rozwiązanie matematyczne, a problem został wymyślony, by wywoływać spory. Wątpliwości okazały się uzasadnione, a przykładem może być sytuacja, gdy pierwszy gracz ma 199 punktów, a drugi 190, zaś celem jest 200 punktów. Tartaglia przyznałby pierwszemu tylko 9/200 stawki przeciwnika, czyli 2,25 dolara, mimo że drugi potrzebowałby 10 sprzyjających rzutów pod rząd, aby wygrać. Skromny zysk pierwszego nie odzwierciedla jego przytłaczającej szansy na wygraną na tym etapie.

Temat pozostawał w zawieszeniu do połowy XVII wieku, gdy pewien francuski hazardzista podsunął go Pascalowi. Matematyk od razu dostrzegł, że rozwiązanie nie wiąże się z wynikiem w momencie przerwania gry, lecz z tym, jaki wynik mógłby być w przyszłości, a następnie skonsultował się w tej sprawie ze swoim przyjacielem Fermatem. Ich korespondencja zaowocowała dwoma unikalnymi sposobami podejścia do problemu. Co zadziwiające, oba podejścia, mimo ich rozbieżności, prowadziły do tego samego rozwiązania. Ta zbieżność przypieczętowała zaufanie do wyników, a współcześnie matematycy zgadzają się, że jest to najbardziej sprawiedliwy sposób podziału puli.

Fermat przeanalizował wszystkie możliwe kontynuacje gry po jej przerwaniu i zsumował liczby kontynuacji, prowadzących do wygranej każdej ze stron. Sprawiedliwy udział gracza w podziale puli powinien stanowić procent możliwych kontynuacji prowadzących do jego wygranej. Zastosujmy tę zasadę do naszej gry przerwanej przy stanie 8:6, gdy celem jest 10 punktów. Fermat zauważyłby, że gra musi się zakończyć po pięciu rzutach monetą. Gdyby na przykład pierwszy gracz zapunktował jednym rzutem, a drugi trzema, nastąpiłby remis 9:9 i kolejny rzut zakończyłby grę. Zatem przy stanie 8:6 Fermat wypisałby wszystkie możliwe kontynuacje pięciu rzutów i ich rezultaty, a następnie policzyłby, ile z nich doprowadziło do 10 punktów każdego z graczy.

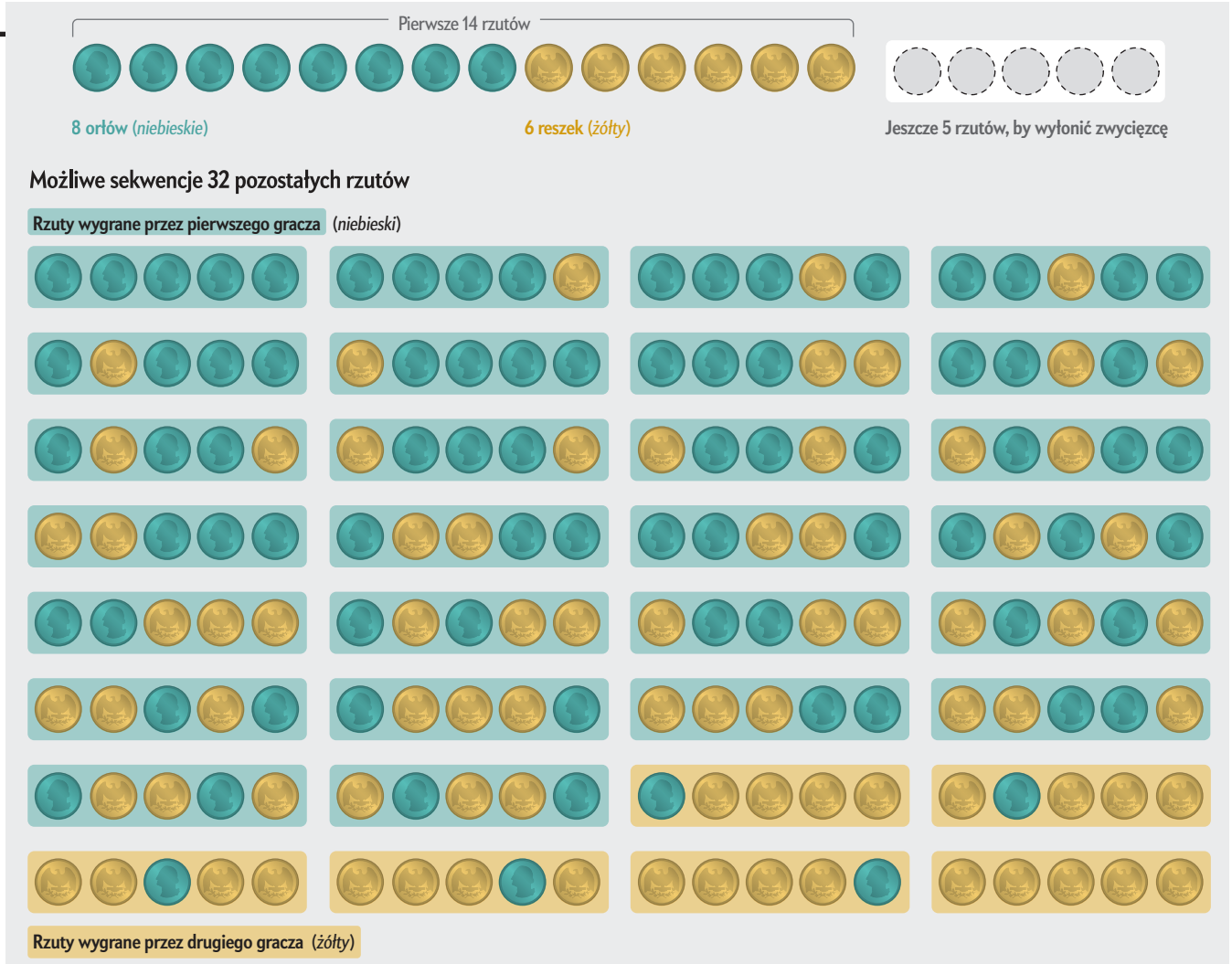
Niektóre z możliwych scenariuszy prowadzą do wygranej w mniej niż pięciu rzutach, ale to nieistotne, bo można przyjąć, że po wcześniejszym zakończeniu gracze rzucają monetą jeszcze kilka razy, aby ułatwić rozliczenie. Okazuje się, że prowadzący wygrywa w 26 z 32 możliwych kontynuacji, więc należy mu się 26/32 = = 81,25% puli, czyli 81,25 dolara.

To rozwiązanie, choć eleganckie, miało, zwłaszcza w czasach Fermata, jedną istotną wadę: co, jeśli liczba kontynuacji byłaby zbyt duża? Nawet gdy pozostaje tylko 20 rzutów, liczba możliwych kontynuacji przekracza milion. W tej sytuacji inne genialne rozwiązanie zaproponował Pascal, a przy okazji zastosował jako pierwszy rozumowanie, które doprowadziło później do fundamentalnej dla teorii prawdopodobieństwa koncepcji wartości oczekiwanej.

Metoda Pascala zaczyna się od oczywistego stwierdzenia: jeśli w momencie przerwania gry jest remis, pula dzielona jest równo między graczy. Gdyby zatem w naszym przykładzie koniec nastąpił przy wyniku 9:9, każdy z graczy otrzymałby 50 dolarów. Teraz robimy krok wstecz. Przy wyniku 9:8 na korzyść pierwszego gracza Pascal pyta o następstwa kolejnego rzutu

Jack Murtagh jest niezależnym autorem tekstów matematycznych i twórcą łamigłówek. Pisze felietony o matematycznych ciekawostkach w „Scientific American" i tworzy łamigłówki do „Morning Brew". Uzyskał doktorat z informatyki teoretycznej na Harvard University. Aktywny w serwisie X (@JackPMurtagh).

eprasa.pl 2eb30cef3b



monetą. Prowadzący ma 50% szans, że zapunktuje w tym rzucie, zdobędzie 10 punktów i zgarnie całą pulę. Prawdopodobieństwo, że rzut wygra drugi gracz i zremisuje 9:9, także wynosi 50%, a to oznaczałoby połowę puli dla każdego. A zatem średnia wygrana pierwszego gracza wynosi:

50% ze 100 $ + 50% z 50 $ = 75 $

Jeśli więc gra zostanie przerwana przy wyniku 9:8, prowadzący powinien wziąć 75 $. Ten sposób rozumowania można stosować rekurencyjnie, aby obliczyć podział puli w dowolnej sytuacji.

Kluczem jest więc określenie sprawiedliwej wygranej przez rozpatrzenie szans w dwóch sytuacjach – wypadnięcia w kolejnym rzucie orła lub reszki – a następnie obliczenia z tych dwóch prawdopodobieństw średniej. Następnie obliczamy średnią z tych dwóch możliwości. Zatem przy wyniku 9:7 pierwszy gracz powinien wziąć 87,50 $, bo jeszcze jeden orzeł dałby mu 100 $, a jeszcze jedna reszka przyniosłaby mu 75 $ (wtedy pojawiłby się nasz przykładowy wynik 9:8). Na analogicznej zasadzie przy wyniku 9:6 wygrywającemu należy się 93,75 $, a przy 8:7 – 68,75 $. Wreszcie przy wyniku 8:6 pierwszy gracz powinien wziąć:

50% z 93,75 $ + 50% z 68,75 $ = 81,25 $

Dokładnie takie samo rozwiązanie otrzymamy, stosując metodę Fermata. Podstawą obu metod jest bowiem zależność sprawiedliwego podziału od możliwych zdarzeń w przyszłości, a każde możliwe zdarzenie oceniane jest pod kątem prawdopodobieństwa jego wystąpienia. Dziś te rozwiązania nazywamy wartościami oczekiwanymi, czyli średnimi ważonymi wszystkich możliwych przyszłych wyników. Metodą Fermata wyniki liczone są wyczerpująco – rozpatrywany jest każdy możliwy ciąg na przykład pięciu kolejnych rzutów monetą. Pascal zaproponował sprytny sposób wsteczny: gdy pozostaje pięć rzutów monetą, sprawiedliwy podział oblicza się na podstawie sprawiedliwych podziałów w sytuacji, gdy do rozegrania są cztery rzuty, a z kolei ten oblicza się na podstawie trzech rzutów i tak dalej.

Koncepcja wartości oczekiwanej nie ograniczyła się do XVII-wiecznych gier towarzyskich. Stała się matematycznym silnikiem generującym niemal wszystkie współczesne sposoby oceny i ewaluacji ryzyka. Kiedy aktuariusz ustala składkę ubezpieczeniową, analityk z Wall Street ocenia portfel akcji lub hazardzista waży ryzyko zakładu – każdy z nich dokonuje analogicznych obliczeń: mnoży zysk z każdego możliwego scenariusza przez jego prawdopodobieństwo, a następnie oblicza sumę tych wyników, aby oszacować wartość decyzji. Mimo to niepewność jest nieunikniona. Nasz obecny poziom rozwoju technicznego w dużej mierze zawdzięczamy umiejętności rygorystycznego konfrontowania się z niepewnością. Przez setki lat uczeni podchodzili do zdarzeń losowych w sposób niesystematyczny, oparty na domysłach. Korespondencja Pascala z Fermatem ujęła te domysły w ścisłe ramy. Chociaż nadal nie potrafimy przewidzieć przyszłości, przynajmniej wiemy, jak ją oszacować. ■

Grafika Amanda Montañez

eprasa.pl 2eb30cef3b

Trwałość pierwszości

czyli od jednego etapu do wieczności

MAREK PENSZKO

JAKĄ LICZBĘ DODATNIĄ NALEŻY DODAĆ do każdej liczby pierwszej (l.p.), aby suma także była l.p.? Pytanie zaczyna się od „jaką", a nie „którą", bo nie chodzi o konkretną wartość, tylko o rodzaj liczby. Odpowiedź jest oczywista – dodać należy (odpowiednią) liczbę parzystą, pamiętając jednak o wyjątku, czyli o dwójce – najmniejszej l.p. Nie trzeba o tym pamiętać po dodaniu na wstępie, że uwzględniamy tylko l.p.>2. Pytanie i odpowiedź zwiastują temat tego artykułu, który dotyczy takich konkretnych rodzajów „obróbki" liczb pierwszych, po których liczby się zmieniają, ale pozostają pierwsze. Inaczej mówiąc, chodzi o takie liczby pierwsze p oraz takie wykonywane na nich operacje, które generują inne liczby pierwsze, czyli $f(p)=p'$.

* * *

Prostą i znaną operacją tego rodzaju jest funkcja $f(p,n)=p+2n$, ($p>2$, $n=1, 2, 3, \ldots$). Funkcja ta dla kolejnych n i niektórych kolejnych p (przy ustalonym n) generuje liczby p', które są większymi w parach (p, p') zwanych czasem bliźniaczkami-$2n$. Dla $n=1$ są to najbardziej znane pary – l.p. bliźniacze z kolejnymi liczbami p' równymi: 5, 7, 13, 19, 31, 43, 61, … . Gdy $n=2$ ciąg p' zaczyna się od 7: 7, 11, 17, 23, 41, 47, 71, … , a na przykład dla $n=28$ od 59: 59, 61, 67, 73, 79, 97, 103, … . Takie same liczby p' pojawiają się w ciągach dla różnych n, a ściślej: każda trafia do tylu par (p, p'), ile jest l.p. mniejszych od niej (większych od 2).



Sophie Germain

Inna prosta operacja typu $f(p)=p'$ dotyczy tzw. l.p. Sophie Germain. To takie liczby p, dla których pierwszymi są także liczby $p'=2p+1$. Określa się je imieniem i nazwiskiem ich odkrywczyni, matematyczki francuskiej z przełomu XVIII i XIX wieku, która wykorzystała je w dowodzie wielkiego twierdzenia Fermata ($x^n+y^n=z^n$) dla wykładników n, będących tymi liczbami, z uwzględnieniem pewnych dodatkowych warunków. Do 100 jest dziesięć liczb S. G.: 2, 3, 5, 11, 23, 29, 41, 53, 83, 89, … . Odpowiada im dziesięć liczb p' zwanych bezpiecznymi: 5, 7, 11, 23, 47, 59, 83, 107, 167, 179, … – każda z nich jest sumą dwóch kolejnych liczb naturalnych, ale tylko takich, z których mniejsza jest l.p. S. G.

Niektóre liczby są zarówno S. G., jak i bezpieczne: 5, 11, 23, 83, 179, 359, 719, … – mają one zagadkową własność: prawie wszystkie (oprócz najmniejszej) przystają do 11 modulo 12, czyli dzielone przez 12 dają resztę 11. Hipotetycznie (brak dowodu) trzy powyższe ciągi są nieskończone. Znanych jest ponad 56 tys. liczb S. G.; największa z nich, znaleziona w 2016 roku w ramach poszukiwań rozproszonych, ma 388 342 cyfry.

Jeśli we wzorze na liczby bezpieczne liczbę S. G., czyli p, umieścimy w wykładniku ($p'=2^p-1$), wówczas dla bardzo niewielu p liczba p' będzie pierwszą i wtedy nosi nazwę l.p. Mersenne'a. Na razie znamy tylko 52 takie liczby. Największa powstaje przy 9-cyfrowym wykładniku i ma ponad 41 mln cyfr.



Marin Mersenne

* * *

Wśród znanych rodzajów działań bliskich matematyce rekreacyjnej, które mogą zmieniać jedne l.p. w inne, są:

(a) przestawienie (anagramowanie, permutacja)

(b) odwrócenie (rewersja)

(c) rozszerzenie (ekstensja)

Liczba przyszłoroczna, czyli 2027, jest l.p., a najbliższym z minionych lat pierwszych był rok 2017. Którą z tych dwu liczb można zmienić w inną l.p., stosując sposób (a), czyli przestawiając cyfry (liczba nie może zaczynać się zerem)?

W przypadku nadchodzącego roku łatwiej o odpowiedź, bo teoretycznie możliwość pierwszości jest tylko jedna – 2207. Natomiast dla minionego roku kandyduje pięć – 1027, 1207, 2107, 7021, 7201. Niejako wbrew oczekiwaniom żadna z tej piątki nie jest l.p., natomiast jest nią solistka 2207. Wybiegając w przyszłość: najbliższym rokiem pierwszym z pierwszym anagramem będzie 2039, a ściślej – liczba ta ma aż cztery anagramy, które są l.p.: 2309, 2903, 3209, 9203. Przykłady z 2017 i 2039 można uznać za zapowiedź zaskakującego faktu: im większe l.p., tym trudniej trafić wśród nich na niemającą choćby jednego pierwszego anagramu. 2017 należy do 75 takich 4-cyfrowych, co stanowi 7% wszystkich 4-cyfrowych liczb pierwszych.

Dla liczb 6-cyfrowych bezanagramowe okazy stanowią już tylko około 1% ogółu 6-cyfrowych l.p. – ze zrozumiałych względów obfitują one albo w cyfry parzyste, a zwłaszcza w zera, które radykalnie ograniczają liczbę permutacji, albo w powtarzające się takie same cyfry. Skrajnymi przykładami są 100 003, 442 469 (najwięcej różnych cyfr parzystych większych od zera) i 9 999 499. Już dla liczb 8-cyfrowych bezanagramowe l.p. stają się białymi krukami, a ogólnie ich udział wśród l.p. dąży do zera.

Odwrócenie (b) stanowi szczególny przypadek przestawienia (a). Na lata l.p. w obecnym tysiącleciu rewersja nie działa, bo wynik odwrócenia każdego roku kończy się dwójką. Za to w minionym milenium aż 60 pierwszych liczb-lat – od 1009 do 1979 – daje po rewersji inne l.p. Wypadałoby jednak wykluczyć z nich palindromy, czyli liczby, które po zapisaniu wspak nie zmieniają się (jak imię Anna). Tylko że… nie ma czego wykluczać. Dlaczego?

W przeciwieństwie do anagramów im większe l.p., tym trudniej trafić wśród nich na l.p. „odwrotki". W bieżącym roku informatycy kilkakrotnie bili rekord, poszukując najdłuższych takich liczb. Ostatni padł w kwietniu – jest l.p. złożoną ze 111 956 cyfr.

Marek Penszko, z wykształcenia inż. poligrafii, jest znawcą i popularyzatorem gier i rozrywek umysłowych, głównie matematyki rekreacyjnej. Współpracuje z wieloma czasopismami, m.in. pisze blog dla „Polityki".

WIKIPEDIA

Ilustracje Marek Penszko

eprasa.pl 2eb30cef3b

Rozszerzenie liczby (*c*) polega na dopisaniu do niej w dowolnym miejscu – na początku, na końcu lub w środku – dowolnej cyfry. Zadanie polegające na zmianie w ten sposób l.p. w inną l.p. wymaga korzystania niemal wyłącznie z metody prób i błędów, a praktycznie z tablic l.p. lub komputera. Prosta logika przydaje się tylko na początku i polega na zastosowaniu selekcji negatywnej: na końcu liczby nie można dostawić cyfry parzystej i piątki, a dopisana cyfra nie może dopełniać sumy wszystkich cyfr do liczby podzielnej przez 3. W przypadku przyszłorocznej liczby 2027 wykluczone są więc cyfry 1, 4 i 7. Pozostałe (0, 2, 3, 5, 6, 8, 9) umożliwiają utworzenie z 2027 26 liczb 5-cyfrowych „kandydujących" do pierwszości. Po sprawdzeniu okazuje się, że pierwszymi jest 11 z nich – od 20 2**87** do 2**9** 027.

Prawie wszystkie l.p. do 6-cyfrowych włącznie można rozszerzyć – i to zwykle na przynajmniej kilka sposobów. Ściślej: jest tylko jedna nierozszerzalna 6-cyfrowa l.p. – 369 283. Łatwo sprawdzić (oczywiście korzystając z komputera), że gdziekolwiek byśmy do tej liczby nie dopisali którejkolwiek z siedmiu cyfr {0, 1, 3, 4, 6, 7, 9} (2, 5 i 8 wykluczamy, bo dają sumę cyfr podzielną przez 3), zawsze otrzymamy 7-cyfrową liczbę złożoną. Najbliżej celu trafimy, umieszczając na początku ósemkę, bo liczba 8 369 283 tylko o 2 różni się od l.p. 8 369 281.

Praktycznie dopiero zaczynając od 9,-10-cyfrowych l.p. pojawia się wiele takich liczb, których nie sposób rozszerzyć. Przyczyną jest oczywiście to, że im większe liczby, tym rzadziej trafiają się wśród nich l.p., a więc również takie, które mogłyby być wynikiem rozszerzenia. Nie mniej rozszerzalność l.p. zapewnia ich ekstremalną długotrwałość albo dalekosiężność. Dopiero najdalej przy l.p. złożonych z kilkuset cyfr nieuchronnie dociera się do ściany, gdy niezależnie od miejsca dopisania dowolnej cyfry zawsze powstaje liczba złożona.

* * *

Czy są takie l.p., z których każda pozostaje pierwszą po dodaniu do niej dowolnej z tworzących ją cyfr (oprócz zera)? Jeśli „dowolnej", to oczywiście nie, bo końcowa cyfra l.p. zawsze jest nieparzysta, więc dodana do liczby pierwszej da liczbę parzystą. Pytanie należy więc nieco zmienić: które l.p. pozostają pierwszymi po dodaniu do każdej dowolnej z tworzących ją cyfr prócz ostatniej?

Najprostszym przykładem, który sam się nasuwa, jest 2-cyfrowa, zaczynająca się dwójką mniejsza z pary l.p. bliźniaczych, czyli 29. Analogicznymi przykładami są mniejsze liczby w parach bliźniaczek-4 (43), bliźniaczek-6 (61 i 67) oraz bliźniaczek-8 (89). Podstawową cechą liczb pierwszych, których dotyczy powyższe pytanie, jest to, że stanowią one kombinację cyfr parzystych, poprzedzających jedną cyfrę nieparzystą. Do miliona są 1663 takie liczby, czyli względnie mało, bo tylko nieco ponad 3% wszystkich 78 498 l.p. w tym zakresie. Warunek o zachowaniu pierwszości przy dodawaniu radykalnie ogranicza ten ponad półtoratysięczny zbiór do 44 liczb. Wszystkie znajdują się tabeli. Co ciekawe, jest wśród nich pojawiająca się wcześniej liczba przyszłoroczna. Są tu też inne osobliwe l.p. – 61, 601 i 660 061 – czyli takie, z których każda ma trwałość dwuetapową, czyli po dodaniu cyfry tworzy l.p. również obecną w tabeli. Nie wiadomo, czy jest więcej takich dwuetapowych okazów.

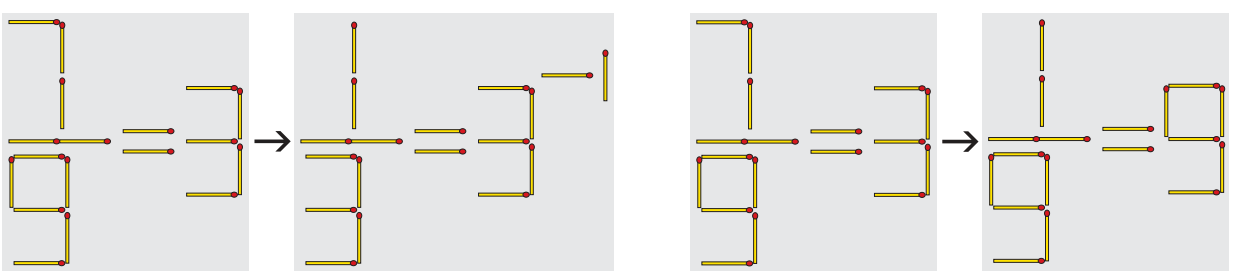
2-cyfr.	3-cyfr.	4-cyfr.	5-cyfr.	6-cyfrowe
29	227	2027 2081	20 021	202 061 208 001 260 207 266 681
43	601	2267 4003	26 261	282 089 444 043 626 621 640 663
61	607	4447 6067	40 009	644 047 660 061 660 067 660 601
67	821	6863 8009	44 449	664 663 666067 666 643 686 003
89		8081	60 083	822 221 822 881 866 003 888 683
			60 601	

* * *

Zamiast dodawać do l.p. poszczególne jej cyfry, można dodawać ich sumę, która, aby pierwszość wyniku została zachowana,

Sprzężenie zwrotne

W LIPCOWYM „ŚN" BYŁA ZAGADKA MATEMATYCZNA, polegająca na zmianie położenia dwóch zapałek w błędnej równości (7/9=3) tak, aby powstało poprawne działanie. Sugestia, uzupełniająca podane wówczas jedyne znane sprytne rozwiązanie (*rysunek z lewej*), że może ono nie być jedynym, okazała się słuszna. Drugie rozwiązanie (*rysunek z prawej*) nadesłał pan Tadeusz Wójcicki. Jest ono sprytniejsze z dwóch powodów. Po pierwsze: zmienione jest położenie tylko jednej zapałki, ale zgodnie z wymogiem taki sam układ można uzyskać, przemieszczając dwie. Po drugie: wbrew pozorom równość jest poprawna – wystarczy tylko spojrzeć na nią… z przeciwnej strony.



eprasa.pl 2eb30cef3b

powinna być parzysta. To z kolei narzuca warunek konieczny: liczba cyfr nieparzystych w l.p. powinna być parzysta. Potwierdzeniem, że nie jest to warunek dostateczny, są przykładowo l.p. 17, 31, 79, 107, 109, 211, … i 30 pozostałych mniejszych od 1000, które powiększane o sumę cyfr dają liczby złożone. Dodatkowo wiele l.p. zachowuje trwałość kilkuetapową. Rozpoczyna się to od trwałości 2-etapowej dla 11: 11+(2)>13+(4)>17. Pierwsza 3-etapowa obejmuje l.p. 3-cyfrowe : 277+(16)>293+(14)>307+(10)>317, a 4-etapowa to już liczby 5-cyfrowe, zaczynające się od 37 783. Najdłuższa znana trwałość ma 8 etapów, a jej zalążkiem jest 11-cyfrowy gigant – 56 676 324 799, czyli blisko 57 mld z sumą cyfr równą 64.

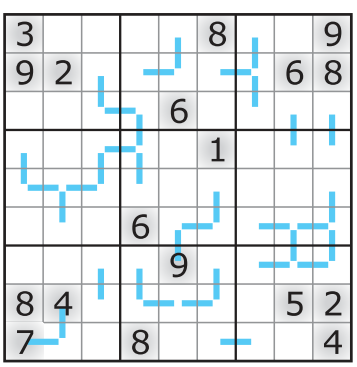
Na koniec spróbujemy znaleźć działanie, które zapewni liczbom pierwszym wiecznotrwałość. Kluczem do tego są tzw. addytywne l.p., czyli takie, których suma cyfr jest liczbą pierwszą, na przykład 23, 157, 6089 (trio z dziewięciu różnych cyfr). Niektóre z nich umożliwiają trwałość 2-etapową (np. 29>11>5) lub 3-etapową (np. 5879>29>11>5). Teoretycznie liczba etapów może być dowolnie duża, ale już dla czterech pierwsza liczba musiałaby mieć co najmniej 334 cyfry. Natomiast wiecznotrwałość jest możliwa po odwróceniu tego procesu, czyli zastosowaniu działania, a właściwie operacji, polegającej na tym, aby każda kolejna l.p. miała sumę cyfr równą poprzedniej liczbie. „Najkrótsza” droga do wieczności może się więc zacząć tak: 2>11>29>2999>l.p. 334-cyfrowa>… . Wypada jednak dodać, że wiecznotrwałość jest jeszcze hipotetyczna, nie mamy bowiem pewności (dowodu), że wśród niewyobrażalnie wielkich liczb zawsze znajdzie się l.p. z pożądaną sumą cyfr.

ZADANIA

1. 8-cyfrowa liczba pierwsza zawiera 7 cyfr parzystych – w tym cztery różne. Po dodaniu do niej dowolnej z zawierających ją cyfr (oprócz ostatniej) suma zawsze jest liczbą pierwszą. Której cyfry parzystej nie ma w tej liczbie?

2. Osiem różnych cyfr, których suma jest liczbą pierwszą, tworzy cztery liczby pierwsze, których suma (mniejsza od 300) też jest liczbą pierwszą. Które to cztery liczby, jeśli największa z nich jest także największą możliwą?

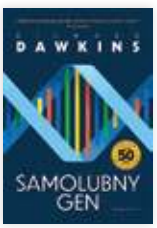
3. Niebieskie kreski w diagramie sudoku łączą dwa pola, w których powinny znaleźć się cyfry tworzące 2-cyfrowe liczby pierwsze (czytane od lewej do prawej lub z góry na dół). Kreskami oznaczone są wszystkie pary sąsiednich pól o takiej „pierwszej” własności.



Pozostałe reguły są takie, jak w klasycznym sudoku, czyli do każdego wiersza, każdej kolumny i każdego oznaczonego grubszymi liniami sektora 3×3 muszą trafić różne cyfry od 1 do 9. Jako rozwiązanie końcowe wystarczy podać, ile rozwiązań ma to sudoku.

Liczby pierwsze na niebieskie kreski: 13, 17, 19, 23, 29, 31, 37, 41, 43, 47, 53, 59, 61, 67, 71, 73, 79, 83, 89, 97.

*Rozwiązania prosimy nadsyłać do 31 sierpnia 2026 roku pocztą elektroniczną (*redakcja@swiatnauki.pl*), wpisując w temacie e-maila hasło* ***UG 8/26****. Spośród autorów poprawnych rozwiązań przynajmniej dwóch zadań wyłonimy pięciu zwycięzców i nagrodzimy ich książką Richarda Dawkinsa* Samolubny gen *ufundowaną przez wydawnictwo Prószyński i S-ka. Warunkiem udziału w konkursie jest zamieszczenie w e-mailu z odpowiedzią oświadczenia:*



Zapoznałam/em się z regulaminem konkursu i akceptuję jego treść oraz wyrażam zgodę na przetwarzanie danych osobowych na potrzeby realizacji konkursu.

Regulamin konkursu jest dostępny na stronie www.swiatnauki.pl.

ROZWIĄZANIA ZADAŃ Z NUMERU CZERWCOWEGO

1. W 7-raczku nie może być „przeplatanki” różnic między kolejnymi liczbami (2-4-2-4-2-4 lub 4-2-4-2-4-2), bo wówczas jedna z liczb musiałaby być podzielna przez 5.

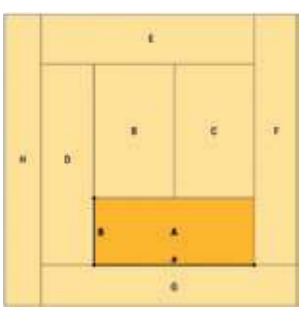
2. Ciąg 2, 3, 7, 11, 23, 47, 79, 83, 167, 223, 227, 359, 439, ?, 727, 839, 1087, 1091, 1223, … tworzą liczby pierwsze różniące się o 2 (najmniejszą liczbę pierwszą) od kwadratów. Znak zapytania zastępuje więc liczbę 443.

3. Cztery 2-cyfrowe obciachy (lewo- lub prawostronne) takie, że suma każdych trzech z nich także jest obciachem, to {13, 17, 23, 43} (sumy: 53, 73, 79, 83).

Za poprawne rozwiązanie przynajmniej dwóch zadań książkę Rachel Carson *Milcząca wiosna* ufundowaną przez wydawnictwo PWN, otrzymują: Waldemar Karpiński z Nowego Miasta Lubawskiego, Daniel Kłobuszewski i Piotr Mesyjasz z Warszawy, Jacek Mucha z Krakowa i Piotr Piorunowski z Łomianek.

Rozwiązanie zagadki matematycznej ze strony 9

Jeśli prostokąt A o szerokości 8 ma długość *a*, to jego pole wynosi 8*a*. Teraz możliwe jest wyznaczenie wymiarów pozostałych prostokątów: B i C – *a*/2×16, D – *a*/3×24, E – 4*a*/3×6, F – 4*a*/15×30, G – 8*a*/5×5 oraz H – 8*a*/35×35. Zatem długość boku kwadratu wynosi 35.



eprasa.pl 2eb30cef3b

POSZERZAMY HORYZONTY



Już w sprzedaży w punktach z prasą

Numer 8/2026
KUP TERAZ

Bieżące wydanie możecie kupić także we wszystkich sklepach sieci Lidl.

Prenumerata cyfrowa:
projektpulsar.pl

Prenumerata papierowa:
sklep.polityka.pl/wiz

eprasa.pl 2eb30cef3b

Wolność akademicka w odwrocie

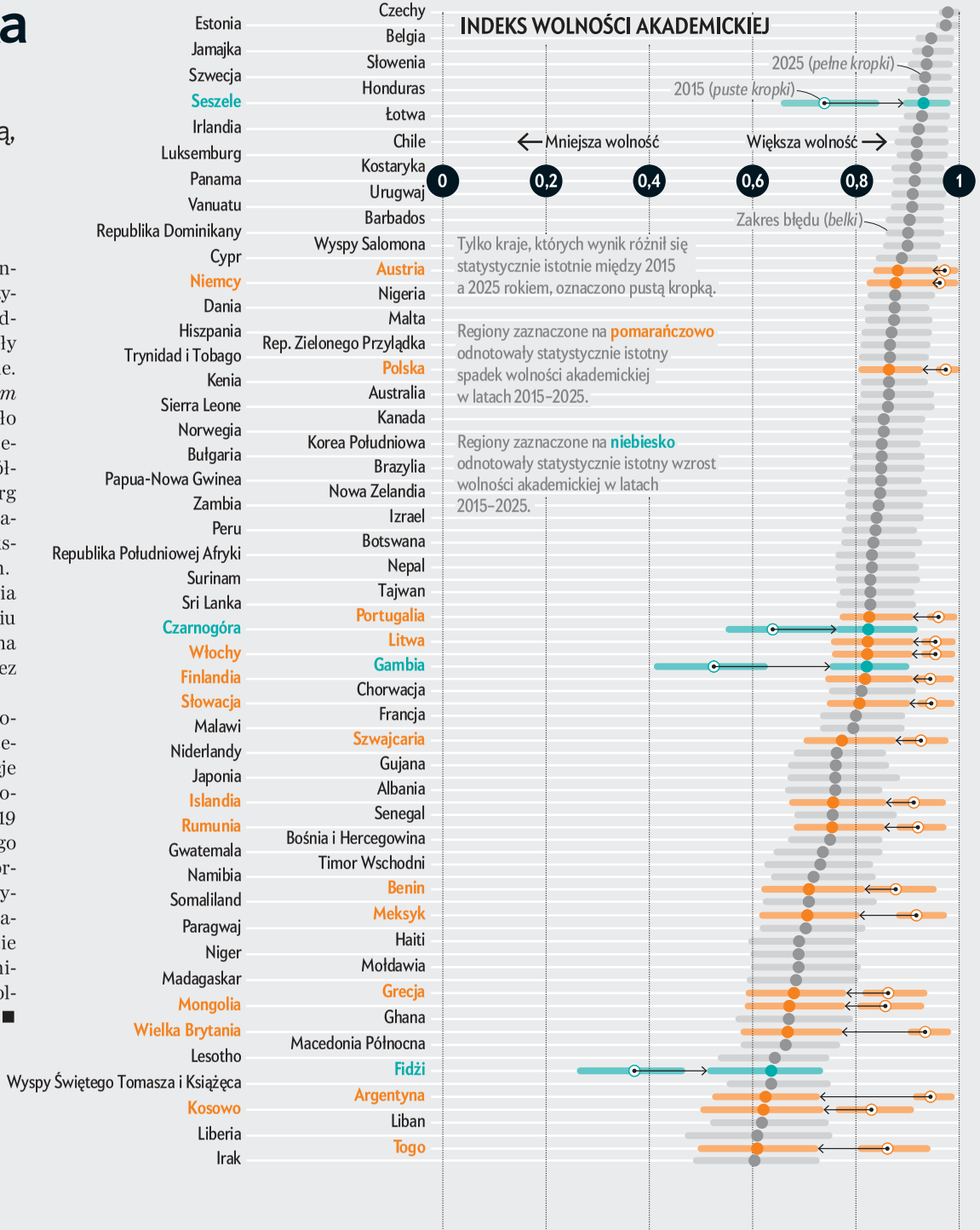
Gdy naukowcy nie mogą badać tego, co chcą, cierpi innowacyjność

JEN CHRISTIANSEN

MOŻLIWOŚĆ PROWADZENIA BADAŃ I UCZENIA bez ingerencji polityków, zamożnych sponsorów czy instytucji religijnych przekłada się na większą liczbę odkryć naukowych i wyższy poziom innowacyjności – wykazały badania. Tymczasem wolność akademicka na świecie słabnie. Według Indeksu Wolności Akademickiej (*Academic Freedom Index*) aż 50 spośród 179 państw lub terytoriów odnotowało w latach 2015–2025 jej istotny spadek. Poprawa nastąpiła jedynie w dziewięciu przypadkach. Analiza jest efektem współpracy Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg w Niemczech oraz szwedzkiego V-Dem Project, a wykorzystane w niej dane zostały dostarczone przez ponad 2300 ekspertów – zarówno z poszczególnych krajów, jak i spoza nich.

Raport opublikowany w tym roku wykazał, że autonomia instytucji akademickich w danym regionie – jedna z pięciu zmiennych wpływających na końcową wartość indeksu – ma szczególnie silny wpływ na swobodę uprawiania nauki przez pojedynczych badaczy.

„Gdy autonomia instytucjonalna zostaje osłabiona, szkoły wyższe i indywidualni uczeni stają się podatniejsi na zewnętrzne naciski – od ograniczeń finansowych po restrykcje polityczne i ideologiczne” – piszą autorzy. Przykładowo autonomia instytucjonalna w USA spadła z poziomu 3,3 w 2019 roku do 1,7 w 2025. „To wyróżniający się przypadek szybkiego i gwałtownego pogorszenia sytuacji” – stwierdzono w raporcie. W wielu krajach, które wcześniej osiągały wysokie wyniki, w tym na Węgrzech, w Indiach i Turcji, wolność akademicka również słabła, ponieważ – jak czytamy w raporcie – „ataki polityczne, reformy prawne i interwencje administracyjne stopniowo ograniczały autonomię instytucji szkolnictwa wyższego”. ■



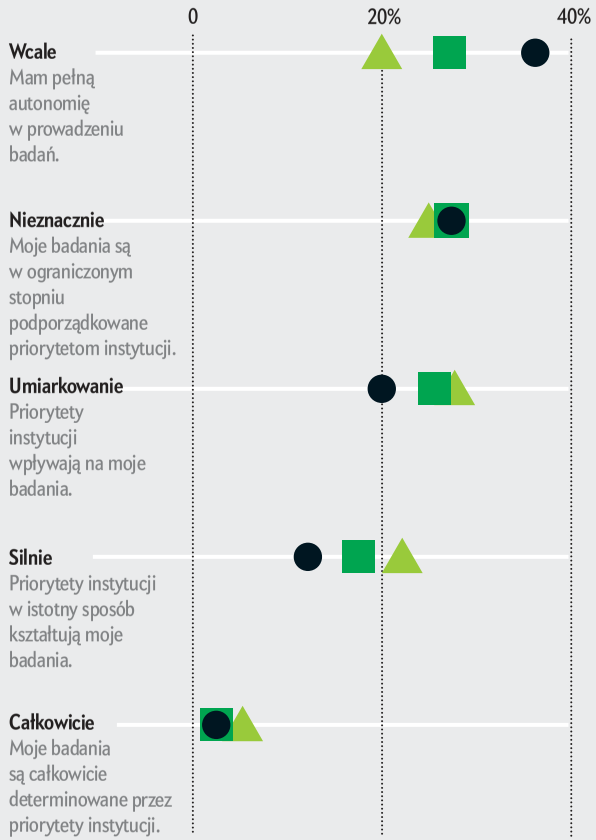
eprasa.pl 2eb30cef3b

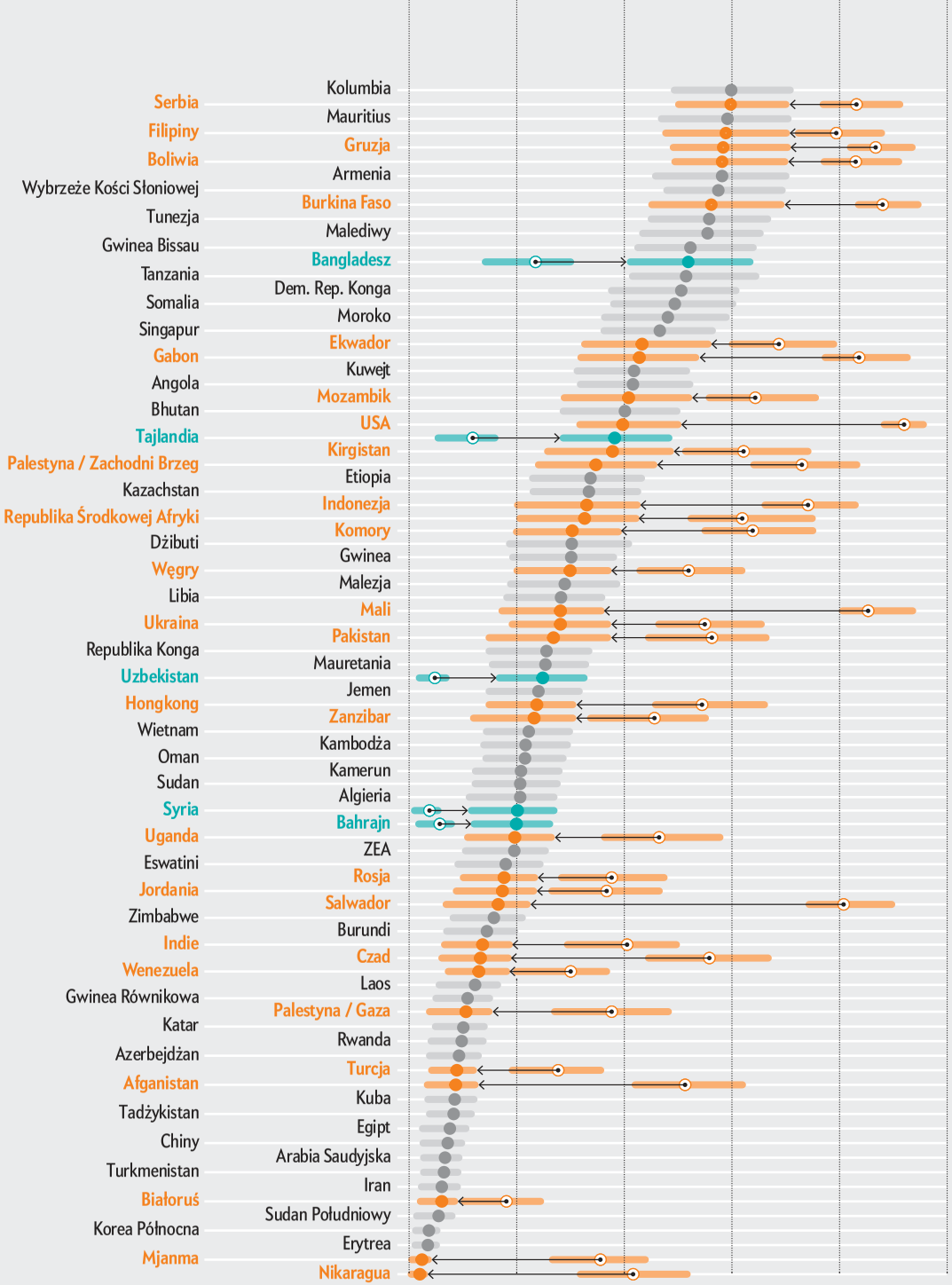
POD PRESJĄ

Czasami na pracę badaczy wpływają w nadmiernym stopniu priorytety instytucji naukowych. Kto jest najbardziej narażony na taką presję? Niezależne badanie przeprowadzone przez Nature Research Intelligence z udziałem ponad 6000 respondentów (wszyscy byli autorami artykułów naukowych opublikowanych w renomowanych czasopismach) wskazuje, że naukowcy znajdujący się na początku kariery o wiele częściej odczuwają uzależnienie od priorytetów własnej instytucji. Z kolei badacze z bogatym dorobkiem publikacyjnym są odporniejsi na presję instytucjonalną.

W jakim stopniu – jeśli w ogóle – kierunek twoich badań jest kształtowany przez instytucję, w której pracujesz?

Liczba opublikowanych prac, których autorem był respondent (przybliżona miara etapu kariery): ▲ 1–10 ■ 11–50 ● 51+ (najbardziej doświadczeni)





ŹRÓDŁA: *Academic Freedom Index – 2026 Update*, Katrin Kinzelbach i in., Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg(FAU) i V-Dem Institute; doi: 10.25593/openfau- 2865(*dane indeksu wolności akademickiej*); *NRI Nature Index Research Leaders Survey* (*dane Nature Research Intelligence*).

eprasa.pl 2eb30cef3b

50, 100 i 150 lat temu



1976 UNIWERSALNY SKRZEK

„Co się stanie, jeśli żabiemu jaju przekaże się instrukcję w postaci określonej cząsteczki kwasu nukleinowego RNA, aby wytwarzało hemoglobinę królika? Jajo zacznie produkować hemoglobinę królika. A co, jeśli dostarczy się mu cząsteczkę RNA zawierającą informację niezbędną do syntezy jadu pszczoły miodnej? Wówczas zacznie produkować jad pszczeli. Wyniki takich doświadczeń dostarczają istotnych informacji o ekspresji określonych genów w określonych komórkach. Kontrola ekspresji genów ma zasadnicze znaczenie zarówno dla prawidłowego rozwoju organizmów zwierzęcych, jak i dla procesów patologicznych, takich jak nowotwory, wady wrodzone czy uwarunkowane genetycznie zaburzenia metaboliczne.

Opisane tu eksperymenty są próbą zrozumienia mechanizmów tej kontroli poprzez prowadzenie biologii molekularnej w żywych komórkach. Wstrzykujemy do komórek zarodkowych różne składniki pochodzące ze zróżnicowanych komórek organizmu, aby badać molekularne mechanizmy rozwoju."

1926 FIZYKA PIŁECZEK GOLFOWYCH

„Ponieważ nadszedł sezon wakacyjny, profesor H. H. Sheldon skierował swoją uwagę na niepozorną piłeczkę golfową. To właśnie ją obarcza odpowiedzialnością za krótkie uderzenia oraz za slice'y i pulle. Oznacza to, że winę ponoszą producenci piłeczek, ponieważ samą piłeczkę bez wątpienia można by udoskonalić dzięki naukowym badaniom.

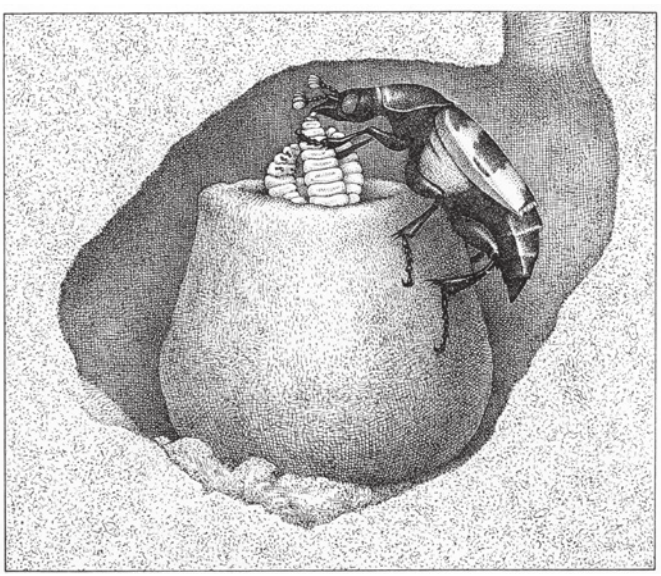
Profesor Sheldon wyjaśnia, jak zmierzyć można współczynnik sprężystości piłeczki (coefficient of restitution). To od niego zależy długość uderzenia na polu golfowym. Oto nowe usprawiedliwienie dla kiepskiego golfisty: współczynniki piłeczki są niewłaściwe!"

WUJ SAM – ROZRZUTNIK

„Kiedy prezydent Calvin Coolidge powołał Federalną Radę ds. Ochrony Zasobów Ropy Naftowej, wystosował list świadczący o doskonałym zrozumieniu problemów przemysłu naftowego.

List rozpoczyna się stwierdzeniem: »Jest rzeczą oczywistą, że obecne metody eksploatacji złóż ropy prowadzą do alarmującego marnotrawstwa, ponieważ przy obowiązującym systemie dzierżaw i opłat licencyjnych niemożliwe jest zachowanie ropy w złożu, jeśli właściciel lub dzierżawca sąsiedniej działki postanowi rozpocząć wydobycie ze swojego terenu«. W innym miejscu prezydent zauważa, że produkcja z ponad 300 tys. odwiertów przekracza bieżące potrzeby kraju, a nadprodukcja obniża ceny ropy, prowadząc do jej marnotrawnego i rozrzutnego wykorzystania.

Z listu wyraźnie wynika, że prezydent jest zaniepokojony przyszłością przemysłu naftowego i zdaje sobie sprawę, iż choć zasoby ropy w Stanach Zjednoczonych są ogromne, popyt rośnie tak szybko, a metody wydobycia są tak nieefektywne, że kraj może nagle stanąć w obliczu katastrofy w postaci niedoboru ropy i będzie to mieć dalekosiężne konsekwencje."



1976: Pora karmienia chrząszczy „Na ilustracji, wykonanej na podstawie fotografii polskiej przyrodniczki Erny Pukowski, przedstawiono grabarza pospolitego (*Nicrophorus vespillo*) karmiącego larwy. Dorosły chrząszcz pobiera płynny pokarm z nagromadzonej na powierzchni zakopanych zwłok myszy lub ptaka odżywczej wydzieliny, a następnie przekazuje go kolejno każdej larwie, która instynktownie unosi przednią część ciała, oczekując posiłku."

1876 UPRAWA RÓŻ

„Twierdzi się, że chińska metoda odkładów róż bywa skuteczniejsza od naszej. Późnym latem wybiera się silny pęd wyrosły w tym samym roku i nacina go w zwykły sposób. Następnie w szczelinę wkłada się mały kamyk, aby nie dopuścić do jej zamknięcia, po czym miejsce nacięcia owija się świeżym mchem, stale utrzymywanym w wilgoci. Po około sześciu tygodniach pęd wytworzy korzenie i można go posadzić, nie naruszając mchowej osłony.

Wiele odmian róż ogrodowych można rozmnażać także z odrostów korzeniowych, które jesienią odcina się ostrym szpadlem i wykorzystuje do utworzenia nowych krzewów. Prostą metodą, dzięki której amatorzy ogrodnictwa często powiększają swoje kolekcje róż, jest okulizacja."

CZY WSZECHŚWIAT JEST ZBUDOWANY WYŁĄCZNIE Z WODORU?

„Wielu wybitnych chemików uważa, że zamiast 64 pierwiastków istnieje w rzeczywistości tylko jeden. Uniwersalny pierwiastek przybiera ponad 60 różnych postaci (w zależności od prędkości atomu), które tworzą cząsteczki albo decydują o ich układzie bądź liczbie. Nie jest to bardziej zadziwiające niż przemiany, jakim ulegają niektóre z naszych tzw. pierwiastków, przyjmując różne formy strukturalne – odmiany alotropowe. Siarka, fosfor i węgiel są do pewnego stopnia substancjami proteuszowymi, zdolnymi do przybierania różnych postaci, lecz w wyścigu odmian alotropowych wyprzedzają je izomorficzne węglowodory.

Dr Charles-Adolphe Wurtz określa chemię organiczną jako chemię związków wodoru, ponieważ uważa, że to właśnie proteuszowy wodór, którego objętość atomowa nieustannie się zmienia, sprawia, iż chemia organiczna jest tak złożona.

Jeśli połączymy oba twierdzenia – że cała materia jest jedynie różnymi postaciami jednego prostego ciała oraz że wodór jest najbardziej zmiennym z nich – otrzymamy twierdzącą odpowiedź na pytanie postawione w tytule tego artykułu."

„Scientific American", tom 235, nr 2, sierpień 1976

eprasa.pl 2eb30cef3b







ŚWIAT NAUKI

POLSKA EDYCJA

SCIENTIFIC AMERICAN

W NUMERZE WRZEŚNIOWYM

Dorośli często martwią się o „dzisiejszą młodzież”, obawiając się, że pokolenia dzieci i nastolatków radzą sobie gorzej niż ich poprzednicy. Rzeczywistość pod wieloma względami wygląda jednak inaczej. Dzisiejsi młodzi ludzie wykazują więcej empatii, silniejszą samokontrolę, większą otwartość. Dlaczego tego nie dostrzegamy? I czy naprawdę obecni dorośli, widząc, co dzieje się teraz na świecie, mają podstawy, by uważać się za lepszych? O tym w kolejnym numerze,

a ponadto:

Drenaż mózgu
Panele podążające za słońcem
Ocet i soda – czy to faktycznie działa?
Żółwie w niebezpieczeństwie

RAPORT SPECJALNY

Choroby nerek

Prócz tego m.in.:

Zamieszkać pod wodą
Mammografia a choroby serca
Ekspansywna ludzkość
Informatycy wzorują się na psach pasterskich

**INNI OPISUJĄ NAUKĘ.
NASI AUTORZY JĄ TWORZĄ.**

















„Świat Nauki” w wersji cyfrowej: www.projektpulsar.pl

Prenumerata papierowa: www.sklep.polityka.pl/sn

W kioskach numer wrześniowy dostępny od 26 sierpnia

eprasa.pl 2eb30cef3b

ZAPRASZAMY NA OLIMP



W sprzedaży

116 stron

KUP TERAZ

Wydanie papierowe – w punktach sprzedaży prasy i na **sklep.polityka.pl**
Wydanie cyfrowe i audio – subskrypcja **polityka.pl/cyfrowa**
Podkast POLITYKA o historii – **polityka.pl/podkasty**
Newsletter historyczny – **polityka.pl/newslettery**

Na sklep.polityka.pl znajdziesz ponad 60 tytułów z serii Pomocnik Historyczny

eprasa.pl 2eb30cef3b