ŚWIAT NAUKI
POLSKA EDYCJA
swiatnauki.pl • projektpulsar.pl

SCIENTIFIC AMERICAN

Grudzień 2025 nr 12 (412)
Cena 18 zł 99 gr (w tym 8% VAT)

Afera z meteorytem

Coraz częstsze osuwiska

Stereotypie ruchowe

Wielkie wybuchy życia

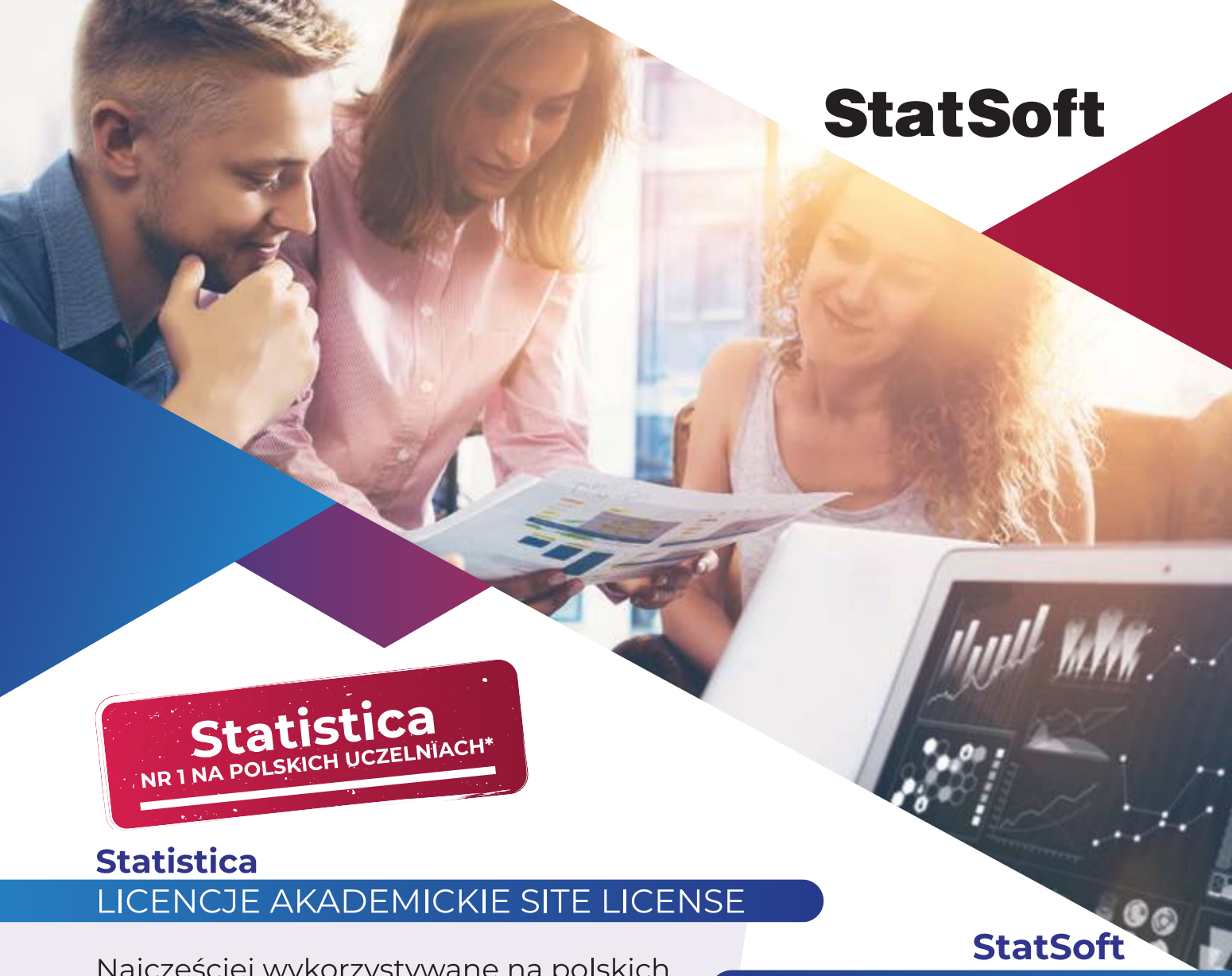
Czy jego złożone formy mogły pojawić się wcześniej, niż sądzimy, i więcej niż raz?

ASTRONOMIA
Jak się odkrywa księżyce

ŚWIAT NAUKI 12/2025

INDEKS 378194
ISSN 0867-6380
9 770867 638500 12>

eprasa.pl 8f2784b80f



StatSoft

Statistica
NR 1 NA POLSKICH UCZELNIACH*

Statistica
LICENCJE AKADEMICKIE SITE LICENSE

Najczęściej wykorzystywane na polskich uczelniach oprogramowanie do statystycznej analizy danych i data mining

- Dla pracowników oraz studentów
- Dla całej uczelni lub dla wydziału/instytutu
- Instalacja na domowych komputerach pracowników i studentów
- Aktualizacje w czasie trwania licencji
- Bezpłatna pomoc techniczna
- Bardzo korzystne warunki cenowe
- Zniżka na szkolenia StatSoft Polska

StatSoft
DLA UCZELNI I NAUKI

- Oprogramowanie Statistica - licencje akademickie Site License
- Szkolenia z analizy danych
- Projekty badawcze - realizacja zadań analitycznych
- Doradztwo w zakresie statystyki, uczenia maszyn, data mining, modeli predykcyjnych
- Konferencje naukowe
- Konkurs na najlepszą pracę doktorską i magisterską

* Aż 90% uczelni z pierwszej dwudziestki uwzględnionej w XXVI Rankingu Szkół Wyższych Perspektywy 2025 korzysta ze specjalnych licencji akademickich na oprogramowanie Statistica.

Zainteresowany? Zapytaj o szczegóły!

tel.: +48 12 428 43 00 e-mail: info@StatSoft.pl www.StatSoft.pl

eprasa.pl 8f2784b80f

ŚWIAT NAUKI
POLSKA EDYCJA
SCIENTIFIC AMERICAN

GRUDZIEŃ 2025
NUMER 12 (412)

EWOLUCJA
28 WIELKIE WYBUCHY ŻYCIA
Kontrowersyjne dowody sugerują, że złożone formy życia mogły powstać setki milionów lat wcześniej, niż dotąd sądzono – i prawdopodobnie więcej niż raz.
ASHER ELBEIN

PLANETOLOGIA
38 AFERA Z METEORYTEM
Przemoc, kłamstwa i przemyt – to ziemska historia dziewiątego pod względem wielkości meteorytu na świecie.
DAN VERGANO

NEURONAUKA
46 WYZWALAJĄCA DIAGNOZA
Po latach dręczącej niepewności, co do stanu swojej psychiki, autorowi udaje się poznać przyczynę nietypowego zachowania.
PAUL MARINO

ZMIANA KLIMATU
54 OSUWISKO TUŻ ZA DOMEM
W miarę jak zmiany klimatu przynoszą w góry coraz gwałtowniejsze deszcze, rośnie zagrożenie niebezpiecznymi spływami rumowisk.
JEN SCHWARTZ

BIOLOGIA
62 PTAKI, KTÓRE ŁAMIĄ BINARNOŚĆ
Niewielkie powszechnie wstępujące w Ameryce Północnej ptaki dają ciekawy wgląd w kwestie płci.
DONNA L. MANEY

Abderrazak El Albani/University of Poitiers

ŚWIAT NAUKI
POLSKA EDYCJA
SCIENTIFIC AMERICAN

GRUDZIEŃ 2025
NUMER 12 (412)

6 WOKÓŁ NAUKI
Ameryka przegrywa na własne życzenie
REDAKCJA „SCIENTIFIC AMERICAN”

7 FORUM
Czy SI prześcignie matematyków?
EMILY RIEHL

8 Q&A
Wiele księżyców Saturna
MEGHAN BARTELS

12 SKANER
Czerpiąc wodę, zmieniamy lądy ◆ Janusowe oblicze wirusów ◆ Co w drzewach piszczy ◆ Antykoncepcyjne równouprawnienie ◆ Podglądanie zarodka ◆ Podprogowa edukacja ◆ Dlaczego coś, a nie nic

22 SIŁA MYŚLI
Mroki dzieciństwa
NICK TURK-BROWNE

23 WSZECHŚWIAT
Kosmiczne echa świetlne
PHIL PLAIT

26 ZDROWIE
Ćwiczenia a rak
LYDIA DENWORTH

25 METRUM
Senny koszmar Mendelejewa
LIANA CHRISTENSEN

70 UMYSŁ GIĘTKI
Kwatery kwadratów
MAREK PENSZKO

74 MATEMATKA
O triku matematycznym ukrytym w numerach kart kredytowych
JACK MURTAGH

78 FAKTOGRAF
Ach, ci cykliści!
ALLISON PARSHALL I DTAN STUDIO

80 Z ARCHIWUM „SCIENTIFIC AMERICAN”
Uścisk ratujący życie ◆ Martwota przyszłości ◆ Telefon antidotum na wojny ◆ Nowy Nowy Świat ◆ Cyrk w słoiku

6 Martin Gee

26 Jay Bendt

OKŁADKA

Tradycyjnie uważa się, że ewolucja złożonych form życia była jedynym, długo dojrzewającym przełomem w historii Ziemi. Coraz liczniejsze dowody podważają jednak tę prostą opowieść. Pojawiła się kontrowersyjna teza, że złożone życie mogło powstać setki milionów lat wcześniej, niż dotąd sądzono – i być może nie tylko raz.

Ilustracja Deena So'Oteh

Polska wersja okładki Jolanta Kotas

eprasa.pl 8f2784b80f

PRENUMERATA „ŚWIATA 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 8f2784b80f

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; faks 22 451 61 35
www.polityka.pl; e-mail: polityka@polityka.pl

Prezes zarządu
Jerzy Baczyński

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

Dyrektor biura reklamy
Izabela Kowalczyk-Dudek
tel. 22 451 61 36
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 2025

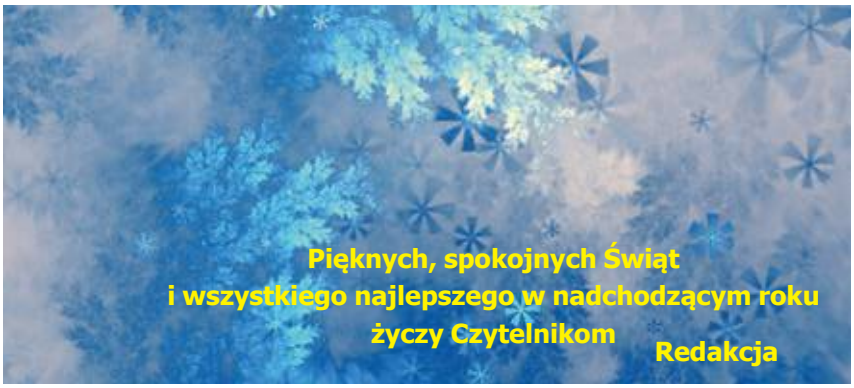
Wszelkie prawa zastrzeżone (łącznie z tłumaczeniem na języki obce). Żaden fragment niniejszego wydania nie może być wykorzystany w jakiejkolwiek formie – fotokopii, mikrofilmu czy innych reprodukcji – ani przekładany na język mechaniczny bez pisemnej zgody wydawcy. SCIENTIFIC AMERICAN jest zastrzeżoną 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 Państwo,

przyzwyczailiśmy się już, że wiele ustaleń uważanych za pewnik wraz z rozwojem badań okazuje się błędnych. Niektóre jednak fakty wydają się niepodważalne – na przykład to, jak i kiedy rozwinęły się na Ziemi złożone formy życia. Ale, jak zauważył Benjamin Franklin, jedyne pewne rzeczy na tym świecie to śmierć i podatki. Tak więc i w teorii powstania życia zaznacza się rysa – odkrycia, budzące wielkie kontrowersje, które zdają się świadczyć, że proces ten rozpoczął się znacznie wcześniej, niż sądziliśmy, a ponadto powtarzał się wielokrotnie (*s. 28*).

Gdy mowa o meteorytach, raczej odrywamy się od spraw przyziemnych, myślami bujamy w kosmicznych przestrzeniach, a czasami zaczynamy się obawiać, że taka spadająca z nieba skała może zagrozić ludzkości. Tym razem jednak opowieść dotyczy zupełnie czego innego – kradzieży, przemytu, przemocy. Bo meteoryty to nie tylko cenne obiekty badań, ale również okazy kolekcjonerskie, za które wiele osób jest gotowych zapłacić niemałe pieniądze (*s. 38*).

Niewykluczone, że wielu z nas miało podobne doświadczenie – coś nam dolega i nikt nie wie, co dokładnie. A skoro tak, to nie wiadomo też, czy to „coś" należy leczyć, czy zagraża życiu albo jest tylko niedogodnością. Taki problem miał autor kolejnego artykułu – w chwilach ekscytacji wykonywał palcami rąk rytmiczne ruchy. Nie wiązało się to u niego z żadnym innym problemem zdrowotnym. Uzyskana po wielu latach diagnoza przyniosła ulgę (*s. 46*).

Zmiany klimatu niosą ze sobą mnóstwo zagrożeń – jedno z nich to osuwiska ziemi wywołane przez coraz gwałtowniejsze deszcze. Są z reguły trudne do przewidzenia, a w skutkach zawsze bardzo niszczycielskie (*s. 54*).

Sprawy płci budzą ostatnio wiele emocji, podsycanych w dodatku przez polityków. A może, żeby obniżyć nieco temperaturę dyskusji, wystarczy przyjrzeć się przyrodzie? (*s. 62*)

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 KONSULTANCI BIEŻĄCEGO NUMERU

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

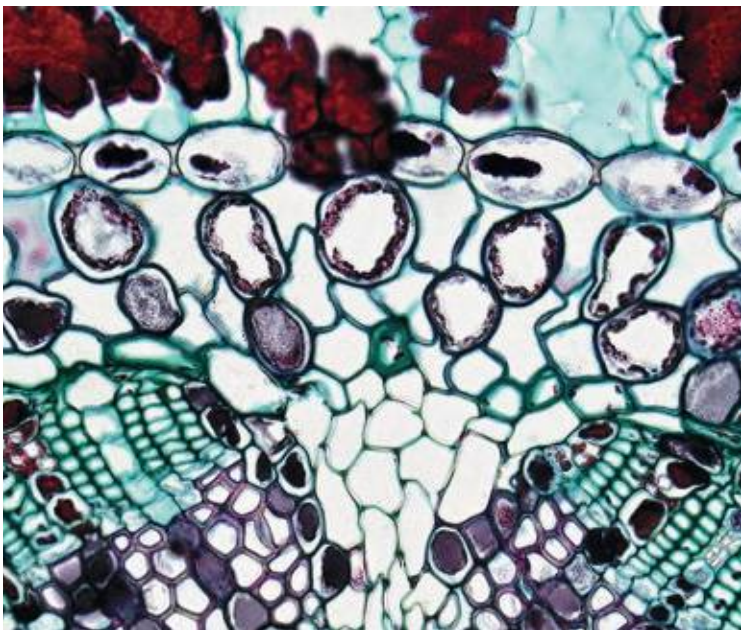
Za treść ogłoszeń redakcja ponosi odpowiedzialność w granicach wskazanych w ust. 2 art. 42 ustawy Prawo prasowe.
Informujemy, że przesłanie listu do redakcji jest równoznaczne z udzieleniem zgody na jego publikację w czasopiśmie wraz z podaniem imienia i nazwiska jego autora, chyba że autor zastrzegł 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 8f2784b80f

Granice mikroświata

– o sztucznych błonach komórkowych

W organizmach trwa nieustanny ruch przez granice komórkowe – do środka trafiają potrzebne substancje, a na zewnątrz usuwane są odpady metabolizmu. Granicę stanowi błona komórkowa, kontrolująca cały proces. Efektem tej kontroli jest także subtelna zmiana w „podpisie chemicznym" pierwiastków, czyli w proporcjach ich izotopów. Naukowcy z UW badają, jak magnez – pierwiastek kluczowy dla życia – pokonuje wspomnianą barierę.



Fot. Pexels

Izotop to odmiana tego samego pierwiastka, różniąca się tylko masą atomową. Można je porównać do jabłek z tego samego sadu – wszystkie są jabłkami, ale jedne są lżejsze, inne cięższe. To, ile „w koszyku" trafi się lekkich, a ile ciężkich izotopów, daje naukowcom cenną wskazówkę o stanie organizmu. Na przykład u pacjentów z cukrzycą typu 1 stwierdzono, że proporcje „lekkich" i „ciężkich" atomów w moczu różnią się od tych u osób zdrowych. Oznacza to, że choroba zostawia swój ślad nie tylko w poziomie cukru we krwi, ale też w samym składzie atomów, z których zbudowany jest nasz organizm.

Ważny pierwiastek

Jednym z kluczowych pierwiastków w naszym organizmie jest magnez. Choć na co dzień kojarzy się głównie z suplementami diety, odpowiada za wiele procesów niezbędnych do życia. Jego jony uczestniczą m.in. w regulowaniu ciśnienia krwi, przewodzeniu impulsów w układzie nerwowym czy budowie kości.

Czy skład izotopowy magnezu zmienia się podczas przechodzenia przez błonę komórkową? To pytanie postawili sobie naukowcy z Centrum Badań Biologiczno-Chemicznych Uniwersytetu Warszawskiego pod kierunkiem prof. dr hab. Ewy Bulskiej oraz dr. Andriia Tupysa.

Aby znaleźć odpowiedź, skonstruowali syntetyczną błonę biologiczną. Jej powierzchnia została zaprojektowana tak, by miała ujemny ładunek oraz specjalne „uchwyty" dla magnezu, tzw. jonofory. Dzięki temu membrana selektywnie przepuszczała jony Mg^{2+}, a inne, jak sód czy potas, zatrzymywała w dużo większym stopniu.

Do sprawdzenia, co dzieje się po obu stronach tej sztucznej granicy, badacze wykorzystali spektrometrię mas. Pozwala ona „policzyć" atomy i cząsteczki dzięki różnicom w stosunku masy do ładunku. W ten sposób można ściśle określić, jakie pierwiastki i izotopy znajdują się w próbce oraz w jakiej ilości.

– *Membrana jest zaprojektowana w taki sposób, że ma odpowiedni ujemny ładunek i specjalny jonofor, który selektywnie przepuszcza magnez, to znaczy że przechodzenie Mg^{2+} przez membranę jest preferowane, a jakieś inne jony typu K+, Na+ przechodzą w znacznie mniejszym stopniu* – tłumaczy dr Andrii Tupys.

Frakcjonowanie na zawołanie

Magnez ma trzy naturalnie spotykane izotopy: ^{24}Mg, ^{25}Mg oraz ^{26}Mg. Wszystkie zachowują się chemicznie tak samo, ale jedne są lżejsze inne cięższe. Średnia ich „wagi" daje wartość masy atomowej, którą znamy z układu okresowego pierwiastków.

Przez długi czas uważano, że proporcje tych izotopów w przyrodzie są stałe. Dziś wiemy, że mogą się zmieniać.

– *Okazuje się, że zmiany w składzie izotopów zachodzą, a szczególnie dobrze widać je w próbkach geologicznych, w których w ciągu milionów lat przyroda dość istotnie pozmieniała stosunki izotopów. Na tych zmianach właśnie polega frakcjonowanie izotopowe – np. jednego izotopu zostało więcej w skale, a drugiego więcej przedostało się do wody termalnej. Takie zjawisko chcieliśmy odkryć dla naszych membran* – precyzuje dr Tupys.

Do analizy takich zmian badacze posłużyli się specjalnym rodzajem spektrometrii mas – z jonizacją w plazmie indukcyjnie sprzężonej (ICP). To technika, w której próbka trafia do strumienia przypominającego płomień, ale osiągającego znacznie wyższą temperaturę i stabilność. Dzięki niemu powstaje wiązka jonów, których proporcje można dokładnie zmierzyć za pomocą detektora mas. Czemu jednak służą takie badania? Kolejnym krokiem może być np. zmodyfikowanie sztucznych błon poprzez dodanie związków odgrywających ważne role w komórkach, np. adenozyno-5'-trifosforanu (ATP). ATP to rodzaj uniwersalnej „waluty energetycznej" życia – cząsteczki, w której komórki przechowują i przenoszą energię. Badania naukowców z CNBCh UW to także ważny krok w stronę praktycznych zastosowań przemysłowych. Skonstruowane membrany można wykorzystać też do usuwania jonów metali ciężkich z wody, co oznacza czystsze środowisko i realne korzyści dla zdrowia publicznego. Trzymamy kciuki!

UNIWERSYTET WARSZAWSKI

Artykuł ten jest częścią cyklu poświęconego wynikom badań realizowanych przez naukowców Uniwersytetu Warszawskiego.

eprasa.pl 8f2784b80f

Ameryka przegrywa na własne życzenie

Stany Zjednoczone nie będą kosmicznym supermocarstwem, jeśli utrącą projekty naukowe NASA

NA POCZĄTKU XV WIEKU, na prawie 100 lat przed pamiętną podróżą Kolumba do Ameryki, Chiny wydawały się najbardziej predysponowane, by dzięki swojej potędze morskiej stworzyć globalne imperium. Począwszy od 1405 roku, admirał Zheng He, zaufany człowiek cesarza Yongle z dynastii Ming dowodził potężną flotą statków, w tym ogromnych „okrętów skarbowych" (baochuanów) podczas serii rejsów przez Ocean Indyjski aż po wschodnie wybrzeże Afryki, demonstrując bogactwo i siłę Chin. Jednak w 1433 roku te finansowane przez państwo chińskie rejsy zostały wstrzymane.

Naukowcy wciąż debatują, co skłoniło XV-wieczne Chiny do zamknięcia się w sobie i „scedowania" swojej potęgi na innych – co ostatecznie doprowadziło do odkrycia Nowego Świata. Niezależnie od przyczyny, nie ulega wątpliwości, że była to utracona szansa. [Najprawdopodobniej wyprawy były dużym obciążeniem dla skarbca, a okazały się mieć wymiar jedynie symboliczny – nie przełożyły się na materialne korzyści – przyp. red. „ŚN"]

Dzisiaj mamy do czynienia z dziwnym echem tego epizodu – nie na morzu, lecz na rubieżach kosmosu. Tym razem jednak to Chiny zyskują na znaczeniu, podczas gdy USA zaprzepaszczają swoją przewagę. W przeciwieństwie do dworu Ming, który nie ukrywał, że zdecydowanie porzuca chińskie aspiracje morskie, niektórzy przywódcy amerykańscy werbalnie nadal traktują przestrzeń kosmiczną jako obszar zażartej rywalizacji. Jednak pomimo ich zapewnień, że chcą utrzymać dominację Ameryki w eksploracji kosmosu, podejmowane przez nich działania są sprzeczne z tym celem i blokują jego realizację.

Sceptycyzm, jeśli nie wprost pogarda, wobec wydatków na cywilną eksplorację kosmosu, jest praktycznie tradycją ponadpartyjną w polityce amerykańskiej, lecz mówimy tu głównie o polityce prezydenta Donalda J. Trumpa prowadzonej pod hasłem „Make America Great Again". 20 lipca 2025 roku, w 56. rocznicę lądowania Apollo 11 na Księżycu, Biały Dom wydał oświadczenie, w którym Trump z dumą ogłosił, że jego administracja „przywraca prymat USA w podboju kosmosu" i zobowiązał się do powrotu amerykańskich astronautów na Księżyc oraz wysłania ich na Marsa. Kilka tygodni wcześniej, dzięki podpisanej przez Trumpa ustawie „Big Beautiful Bill", NASA otrzymała prawie 10 mld dolarów dodatkowego finansowania na budowę potężnych rakiet nośnych, załogowych statków kosmicznych i innych elementów kluczowych dla programu Artemis, który został oficjalnie zainaugurowany za pierwszej kadencji Trumpa. Pełniący obowiązki administratora NASA Sean Duffy, wtórując prezydentowi, wielokrotnie powtarzał podobne szumne zapowiedzi. Podczas jednej z wrześniowych konferencji prasowych stwierdził: „Aktualnie uczestniczymy w drugim wyścigu kosmicznym; Chińczycy chcą wylądować na Księżycu przed nami. Nie dopuścimy do tego. Ameryka przodowała w kosmosie w przeszłości i będziemy nadal w nim przodować". Duffy zapewnił, że Stany Zjednoczone osiągną ten cel w 2027 roku. (Wypowiedź ta padła tydzień po tym, jak jego poprzednik mianowany przez Trumpa, Jim Bridenstine, bardziej realistycznie zeznał przed Kongresem, że „jeśli nic się nie zmieni, jest skrajnie mało prawdopodobne, że USA ubiegną Chiny, które planują lądowanie ludzi na Księżycu w 2030 roku").

Niemniej administracja Trumpa zasługuje na słowa uznania za kilka rozsądnych decyzji w zakresie polityki kosmicznej, takich jak dwa dekrety prezydenckie: jeden z 2020 roku, rozszerzający granice sfery gospodarczej Stanów Zjednoczonych i ich sojuszników poza niską orbitę okołoziemską, drugi z 2025 roku, zwiększający w dużym stopniu potencjał kosmiczny Stanów Zjednoczonych poprzez uproszczenie przepisów dotyczących krajowych przedsiębiorstw działających w branży aerokosmicznej. Analogicznie, w sierpniu tego roku Duffy ogłosił plany administracji dotyczące przyspieszenia przez NASA przygotowań do dostarczenia na Księżyc do 2030 roku reaktora jądrowego – co stanowi śmiałe przedsięwzięcie mające na celu zabezpieczenie cennych terytoriów na Księżycu, a później zaopatrywanie w energię amerykańskich kolonii na jego powierzchni.

Jednak działania te należy rozpatrywać w kontekście innych posunięć, które mają wpływ na perspektywy naukowe i techniczne Stanów Zjednoczonych zarówno poza Ziemią, jak i na Ziemi.

Najważniejszym spośród nich jest proponowany przez Biały Dom przyszłoroczny budżet. Pomimo znacznych środków przeznaczonych na realizację programu Artemis propozycja Trumpa na rok

Ilustracja Martin Gee

eprasa.pl 8f2784b80f

podatkowy 2026 zakłada zmniejszenie ogólnego budżetu NASA o około 25%, a budżet działu nauki o prawie połowę. Grupy lobbingowe, takie jak Planetary Society potępiły te planowane cięcia jako katastrofalne dla amerykańskich badań kosmicznych. Ostrzegają, że doprowadzą one do odwołania ponad 40 trwających i planowanych misji kosmicznych USA. Gilotyna Trumpa dotyka głośne projekty, które przygotowywano od dziesięcioleci, takich jak Mars Sample Return, misja NASA mająca na celu dostarczenie na Ziemię próbek gruntu marsjańskiego, oraz Nancy Grace Roman Space Telescope, teleskop kosmiczny nowej generacji. Projekty te mają swoje odpowiedniki w Chinach, które dzięki temu obejmą pozycję lidera.

Cięcia proponowane na rok budżetowy 2026 nie są jedynymi szkodliwymi posunięciami administracji – działania Białego Domu doprowadziły do zwolnienia ponad 2500 pracowników NASA, w większości o długim stażu. Niezliczone federalne granty badawcze zostały anulowane, zawieszone lub opóźnione ze względu na konieczność weryfikacji ideologicznej. Tysięcy zagranicznych studentów i wysoko wykwalifikowanych specjalistów nie wpuszczono do USA lub zniechęcono do życia i pracy w tym kraju w konsekwencji wprowadzonych przepisów dotyczących imigracji i pracowników tymczasowych. W miarę jak finansowany ze środków federalnych amerykański sektor naukowy chwieje się pod ciężarem kolejnych ciosów, a odpływ talentów z USA przyspiesza – Chiny i inne kraje otwierają podwoje dla międzynarodowych studentów i naukowców, w tym także Amerykanów. Oferują im hojne zachęty finansowe oraz budują nowoczesne ośrodki badawcze, by przyciągnąć talenty z całego świata.

Choć nie wiadomo, w jakim stopniu straty Ameryki w tych niezliczonych dziedzinach przełożą się na korzyści innych krajów, można przewidzieć, że USA stracą wiele wspaniałych możliwości. Podobnie jak w przypadku zaskakującej decyzji Chin sprzed prawie 600 lat o rezygnacji z pozycji morskiej potęgi, jeszcze trudniej jest zrozumieć, dlaczego dzisiejsi przywódcy Stanów Zjednoczonych tak gorliwie prą do przegrania nowego wyścigu kosmicznego. Trump dąży do przywrócenia wielkości Ameryki w kosmosie, jakby zakładając, że nie jest ona już największą potęgą kosmiczną na świecie – a tymczasem nadal nią niewątpliwie jest, choć być może nie potrwa to długo. ■

Czy SI prześcignie matematyków?

Sposób, w jaki uzyskuje odpowiedzi, przypomina, dlaczego nadal potrzebujemy w matematyce ludzi EMILY RIEHL

JEDNO Z MOICH najbardziej pamiętnych wspomnień z ostatniej klasy liceum to dziewięciogodzinny egzamin z matematyki, na którym trzeba było rozwiązać zaledwie sześć zadań. Sześciu uczestników z najwyższymi wynikami zakwalifikowało się do drużyny, która miała reprezentować USA na Międzynarodowej Olimpiadzie Matematycznej (International Math Olympiad, IMO) – najstarszym na świecie konkursie matematycznym dla uczniów szkół średnich. Ja się nie zakwalifikowałam, ale i tak zostałam profesorem matematyki.

Tegoroczna olimpiada, która odbyła się w lipcu na australijskim Sunshine Coast, miała jednak nietypowy dodatek. Podczas gdy 110 uczniów z całego świata pochylało się nad trudnymi zadaniami z kartką i długopisem, kilka firm zajmujących się sztuczną inteligencją po cichu testowało swoje nowe modele na skomputeryzowanej wersji tego egzaminu. Tuż po ceremonii zakończenia zawodów OpenAI, a wkrótce potem Google DeepMind, ogłosiły, że ich modele zdobyły (nieoficjalne) złote medale, rozwiązując pięć z sześciu zadań.

Niektórzy badacze, tacy jak Sébastien Bubeck z OpenAI, nazwali ten sukces „lądowaniem na Księżycu" dla branży SI. Ale czy rzeczywiście tak jest? Czy sztuczna inteligencja zastąpi profesjonalnych matematyków? Na dowód wciąż czekam.

Zrozumiałe, że wokół wyników SI wybuchło takie zamieszanie – olimpiada jest naprawdę trudna. W ostatnim roku liceum zrezygnowałam z analizy i algebry liniowej, żeby skupić się na zadaniach w stylu olimpijskim, które były znacznie większym wyzwaniem. Poza tym nowe modele w fazie rozwoju poradziły sobie o wiele lepiej niż dostępne komercyjnie wersje. W równoległym konkursie organizowanym przez MathArena.ai modele Gemini 2.5 Pro, Grok 4, o3 High, o4-mini High i DeepSeek R1 nie potrafiły poprawnie rozwiązać ani jednego zadania. To pokazuje, że SI rzeczywiście się rozwija, a jej zdolności rozumowania gwałtownie rosną.

Mimo to nie obawiam się utraty pracy. Najnowsze modele dobrze zdały pojedynczy test – podobnie jak wielu uczniów – a bezpośrednie porównanie ludzi i maszyn nie jest do końca uczciwe. Modele często stosują strategię „best-of-n", czyli generują wiele rozwiązań, a następnie same wybierają to, co najlepsze. To trochę tak, jakby kilku uczniów rozwiązywało zadanie niezależnie, a potem wspólnie wybrali jedno. Gdyby uczestnikom IMO też na to pozwolono, ich wyniki pewnie byłyby lepsze.

Inni matematycy również studzą entuzjazm. Terence Tao – złoty medalista IMO z 1988 roku, obecnie profesor na University of California w Los Angeles – zauważył na Mastodonie, że możliwości SI zależą w dużym stopniu od metodologii testów. Prezes IMO, Gregor Dolinar dodał, że organizacja „nie może zweryfikować metod użytych przez modele SI – ani mocy obliczeniowej, ani udziału człowieka, ani powtarzalności wyników".

Poza tym zadania z IMO nie przypominają pytań, nad którymi pracują zawodowi matematycy – tych najbardziej zaawansowanych, których rozwiązanie może zająć dziewięć lat, a nie dziewięć godzin. Jak zauważył Kevin Buzzard, profesor matematyki w Imperial College London: „Kiedy przyjechałem do Cambridge ze złotym medalem IMO, nie potrafiłem pomóc żadnemu z pracujących tam badaczy".

Dojście do poziomu eksperckiego w danej dziedzinie matematyki może zająć całe życie, a i to może nie wystarczyć. Podobnie jak wielu kolegów po fachu, czasem ulegam pokusie tzw. vibe proving – rozmów z dużym modelem językowym (LLM) o matematyce, tak jak z kolegą po fachu. Pytam: „Czy prawdą jest, że...", po czym podaję sformułowaną w języku matematycznym hipotezę. Chatbot zazwyczaj przedstawia klarowny tok rozumowania – który, bywa poprawny w standardowych

Emily Riehl jest matematyczką na Johns Hopkins Univerity, gdzie zajmuje się teorią kategorii, teorią typów homotopijnych oraz komputerową formalizacją matematyki. Jest współautorką, wraz z Dominikiem Veritym, książki *Elements of ∞-Category Theory* wydanej przez Cambridge University Press w 2022 roku.

eprasa.pl 8f2784b80f

Lucadp/Getty Images

tematach, ale często błędny w najbardziej nowatorskich. Na przykład każdy model, który pytałam, popełniał ten sam subtelny błąd, zakładając, że teoria idempotentów działa tak samo w przypadku słabych topologii nieskończenie wymiarowych, jak w zwykłych. A to – wierzcie mi na słowo – według ludzkich ekspertów nie jest prawdą.

Nigdy nie zaufam LLM-owi, który w gruncie rzeczy jedynie przewiduje, jaki tekst powinien pojawić się dalej, żeby dostarczył mi dowód matematyczny, którego sama nie potrafię zweryfikować.

Na szczęście istnieje sposób, by sprawdzać, czy dowody są rzeczywiście poprawne – tzw. asystenty dowodów. To oprogramowanie (niekorzystające ze sztucznej inteligencji), które analizuje, czy dany argument logiczny faktycznie dowodzi postawionej tezy. Coraz częściej przyciąga ono uwagę matematyków, takich jak Tao, Buzzard czy ja sama, którzy chcą mieć pewność, że ich dowody są wolne od błędów.

Wyobraźmy sobie, że dostaję list z miasta Erode w stanie Tamil Nadu w Indiach, napisany odręcznie nieznanym mi charakterem pisma i zawierający dowód matematyczny. Może być genialny albo kompletnie bez sensu. Musiałabym poświęcić godziny, by prześledzić każdy krok argumentacji i ocenić, czy wnioski rzeczywiście są poprawne.

Ale gdyby taki dowód był zapisany w odpowiedniej składni komputerowej, asystent dowodów mógłby sprawdzić jego logikę automatycznie. Ja, jako matematyk, musiałabym zrozumieć jedynie znaczenie terminów w samym twierdzeniu. Tak właśnie było ze Srinivasą Ramanujanem, genialnym matematykiem z Erode, który w 1913 roku wysłał list z własnymi pomysłami do brytyjskiego matematyka G. H. Hardy'ego. Na szczęście Hardy rozpoznał jego geniusz i zaprosił go do Cambridge – i tak rozpoczęła się kariera jednego z największych matematyków w historii.

Co ciekawe, niektóre modele SI biorące udział w tegorocznej IMO zapisały swoje rozwiązania w języku Lean, czyli w języku asystenta dowodów, tak by komputer mógł sprawdzić poprawność ich rozumowania. Start-up Harmonic opublikował formalne dowody wygenerowane przez swój model dla pięciu z sześciu zadań, a ByteDance osiągnął poziom srebrnego medalu, rozwiązując cztery z sześciu. Jednak zadania trzeba było odpowiednio przystosować do ograniczeń językowych modeli, a rozwiązanie zajęło im kilka dni.

Mimo to formalne dowody są wyjątkowo wiarygodne. Modele „rozumujące" potrafią co prawda rozbijać problem na kolejne kroki i tłumaczyć swój tok myślenia, ale często tworzą argumenty, które brzmią logicznie, lecz nie są prawdziwymi dowodami. Asystent dowodów natomiast nie zaakceptuje rozwiązania dopóty, dopóki nie będzie ono w pełni precyzyjne i rygorystyczne, uzasadniające każdy etap rozumowania.

Nie każda aplikacja sztucznej inteligencji daje się jednak tak łatwo zweryfikować – nie zawsze można jednoznacznie stwierdzić, czy wynik jest poprawny. W życiu często panuje niepewność i łatwo o błąd. Właśnie dlatego tak kocham matematykę – bo pozwala udowodnić definitywnie, że coś jest nieprawdziwe. Z radością pozwolę SI pomagać mi w rozwiązywaniu problemów matematycznych – ale tylko wtedy, gdy wyniki będą formalnie weryfikowalne. A do tego jeszcze daleko. ■

Wiele księżyców Saturna

Edward Ashton przyczynił się do odkrycia dwóch trzecich znanych księżyców planety

MEGHAN BARTELS

ZALEDWIE DEKADĘ TEMU astronomowie znali zaledwie 62 księżyce Saturna. Dziś ta otoczona pierścieniami planeta może pochwalić się imponującą liczbą 274 oficjalnych satelitów. To więcej niż jakikolwiek inny glob w Układzie Słonecznym – i zdecydowanie zbyt wiele, żeby większość ludzi mogła je spamiętać. Astronom Edward Ashton nie jest wyjątkiem, mimo że sam pomógł odkryć, jak szybko obliczył w pamięci, 192.

Ashton odbywa obecnie staż podoktorski w Instytucie Astronomii i Astrofizyki Academia Sinica na Tajwanie. Zainteresował się poszukiwaniem księżyców Saturna w 2018 roku, wtedy kiedy jego ówczesny promotor na University of British Columbia zaproponował mu ten temat doktoratu. Poszukiwania okazały się owocne. W marcu Ashton i jego współpracownicy ogłosili odkrycie 128 nowych satelitów Saturna.

„Scientific American" rozmawiał z Ashtonem o naukowych podstawach odkrywania tak wielu stosunkowo małych ciał – większość z nich ma zaledwie kilka kilometrów średnicy – z wykorzystaniem ogromnych ilości danych zebranych przez znajdujący się na Hawajach Canada-France-Hawaii Telescope; CFHT.

Poniżej zredagowany zapis wywiadu.

Jak odkryłeś te księżyce?

Aby je wykryć, stosujemy metodę przesunięć i nakładania. W ciągu trzech godzin wykonujemy 44 kolejne zdjęcia tego samego fragmentu nieba, ponieważ w takim czasie księżyce poruszają się względem gwiazd z prędkością podobną do Saturna. Jeśli nałożymy zdjęcia na siebie, księżyc pojawi się na obrazach jako smuga, która może być zbyt słaba do dostrzeżenia.

Przesuwamy więc obrazy względem siebie z różnymi prędkościami podobnymi do prędkości Saturna, a następnie przełączamy się między nimi, jak w książeczce typu

eprasa.pl 8f2784b80f

flipbook. Jeśli prędkość przesuwania różni się od prędkości księżyca, kształt księżyca będzie lekko wydłużony. W miarę jak zbliżamy się do prędkości księżyca, jego obraz powoli łączy się w punkt. Następnie, gdy prędkość księżyca jest większa, jego obraz ponownie się wydłuża. Analizujemy więc obrazy, a następnie szybko przeglądamy różne prędkości, i widzimy, jak księżyc kurczy się i rozszerza.

To tylko w trakcie jednej nocy, ale samo wykrycie obiektu poruszającego się z prędkością zbliżoną do Saturna w pobliżu tej planety nie gwarantuje, że jest to jej księżyc. Jest wysoce prawdopodobne, że tak właśnie jest, ale nie zostało to potwierdzone z całą pewnością. Musimy więc śledzić obiekty, aby pokazać, że krążą wokół planety. Aby to zrobić, powtarzamy proces przesuwania i nakładania przez miesiące i lata.

Dlaczego to odkrycie nastąpiło dopiero teraz? Czy do wykonania tej pracy potrzebne były nowe metody i obserwatoria?
Ta metoda znana jest już od jakiegoś czasu; wykorzystano ją do odkrywania księżyców Neptuna i Urana. Jednak obszary nieba wokół tych planet, na których mogą znajdować się ich księżyce, są znacznie mniejsze, więc przeszukanie danych zajmuje mniej czasu. Jednym z powodów, dla których nie zrobiono tego w przypadku Saturna, jest to, że proces ten jest bardzo czasochłonny.

Dlaczego te inne planety mają mniej miejsca dla księżyców niż Saturn?
Uran i Neptun są lżejsze, dlatego stabilne orbity, na których mogą być ich księżyce, są ciaśniejsze.

Zastanawiałam się, czy ta metoda sprawdza się również w przypadku innych planet. Odpowiedź jest jasna: tak. Czy uważasz, że istnieją księżyce krążące wokół Saturna lub innych planet, których jeszcze tą metodą nie odkryto?
Znaleźliśmy kandydatów na księżyce wokół Saturna, których nie byliśmy w stanie śledzić wystarczająco długo, aby móc je potwierdzić, że faktycznie są księżycami. Jeśli więc zastosujemy tę technikę, będziemy w stanie znaleźć więcej księżyców, ale działa tu prawo malejących korzyści. Jeżeli użyjemy większego teleskopu niż CFHT, będziemy w stanie dostrzec słabsze księżyce, a więc znajdziemy ich więcej.

Jeśli zastosujemy tę metodę dla Jowisza, możliwe będzie odkrycie słabszych księżyców. Problem polega na tym, że powierzchnia nieba zajmowana przez księżyce Jowisza jest znacznie większa niż powierzchnia nieba zajmowana przez księżyce Saturna, więc w przypadku Jowisza metoda ta jest jeszcze bardziej czasochłonna. A Jowisz jest o wiele jaśniejszy od Saturna i innych planet, dlatego mamy wokół niego dużo rozproszonego światła, przez co trudniej wypatrzyć księżyce.

Znalezienie satelitów wokół Jowisza jest więc jeszcze trudniejsze, a jak wspomniałeś, inne grupy wykonały już to zadanie dla Urana i Neptuna. Czy to oznacza, że dopóki nie pojawią się doskonalsze mteody obserwacyjne, dopóty nasze możliwości będą już wyczerpane?
Tak, prawdopodobnie trzeba poczekać na lepszą technikę.

Czy obecnie trwają prace lub planowane jest wdrożenie takiej lepszej techniki?
Już dziś istnieją teleskopy, które mogą sięgać głębiej niż teleskop CFHT, na przykład Kosmiczny Teleskop Jamesa Webba (James Webb Space Telescope; JWST). Problem polega na tym, że pole widzenia JWST jest bardzo małe, więc żeby objąć wymagany obszar, trzeba przeprowadzić sporo obserwacji. Jednakże wkrótce ma zostać uruchomiony teleskop o dość dużym polu widzenia: Kosmiczny Teleskop Nancy Grace Roman. Będzie to więc dobry instrument do polowania na większą liczbę księżyców.

Co wiadomo o nowo odkrytych księżycach?
W zasadzie znamy jedynie ich orbity i przybliżone rozmiary. Ale jeśli przyjrzeć się rozkładowi orbit, można dowiedzieć się nieco więcej o historii układu. Księżyce, które są niejako skupione w przestrzeni orbitalnej, powstały najprawdopodobniej w wyniku kolizji, dzięki czemu można stwierdzić, które z nich mają ten sam obiekt macierzysty.

Czy układ Saturna jest niezwykły?
Niezwykła jest liczba obiegających go księżyców. Wygląda na to, że planety mają mniej więcej taką samą liczbę dużych księżyców. Ale jeśli chodzi o mniejsze, Saturn wydaje się mieć ich znacznie więcej. Tak więc jest to interesujące. Przyczyną może być niedawna kolizja w układzie Saturna, po której pozostała duża liczba fragmentów.

Czy musisz im wszystkim nadać nazwę?
Chyba nie muszę. Niektóre z nowych księżyców zostały powiązane z obserwacjami innej grupy sprzed ponad 10 lat. To może być jakieś 20–30 obiektów. Jeśli chodzi o resztę, to skoro my jesteśmy jedynymi odkrywcami, to mamy prawo je nazwać. Ale nie można zrobić tego już teraz. Najpierw, gdy precyzyjnie zostaną wyznaczone ich orbity, otrzymają numery. Nie wiem, jak długo to potrwa.

Masz więcej obserwacji księżyców do przeanalizowania?
Nie, robię sobie małą przerwę od księżyców! Zajmuję się teraz innymi projektami, związanymi z obiektami transneptunowymi. Są one dość daleko. Trudno je dostrzec. Kryją w sobie tajemnice. Byłoby interesujące zrozumieć ich strukturę i ich związek z formowaniem się planet.

eprasa.pl 8f2784b80f

Paliwo transformacji

Gaz zyskuje na znaczeniu, bo pomaga w odchodzeniu od węgla, a jednocześnie bardzo dobrze uzupełnia elektrownie wiatrowe i słoneczne. Możemy importować go z wielu źródeł, więc nie ma obaw o jego dostępność.

Transformacja energetyczna w Polsce jest faktem. Spada znaczenie węgla, rośnie rola odnawialnych źródeł energii, a trzecim, bardzo istotnym składnikiem miksu energetycznego stał się gaz. Z danych Polskich Sieci Elektroenergetycznych wynika, że w ubiegłym roku udział elektrowni węglowych w krajowej produkcji energii elektrycznej wyniósł niespełna 63 proc., źródła odnawialne (głównie wiatr i słońce) dostarczyły ponad 27 proc., a elektrownie gazowe ok. 10 proc. Dla porównania dziesięć lat wcześniej węgiel zdecydowanie dominował, zapewniając aż 86 proc. łącznej produkcji energii elektrycznej. Źródła odnawialne miały tylko 6-proc. udział, a gaz zapewnił zaledwie 2 proc.

Polska energetyka z pewnością będzie dalej stopniowo odchodzić od węgla, zamykając w pierwszej kolejności najstarsze, najmniej efektywne bloki. Kluczowym argumentem jest tu ograniczanie emisji dwutlenku węgla, ale nie bez znaczenia pozostaje fakt wyczerpywania się złóż. Na przykład w drugiej połowie lat trzydziestych w Polsce skończą się obecnie eksploatowane największe zasoby węgla brunatnego. Węgiel zastępują odnawialne źródła energii (OZE), które mają coraz większy udział w krajowej produkcji prądu. Jednak by stabilizować pracę systemu, potrzeba również elastycznych i dyspozycyjnych elektrowni gazowych. Przez najbliższą dekadę węgiel wciąż będzie obecny w polskim systemie elektroenergetycznym, ale coraz częściej jako moc rezerwowa i stabilizator krajowego systemu elektroenergetycznego. Ale jego rolę stopniowo przejmować będą właśnie elektrownie gazowe.

To dlatego Grupa PGE inwestuje w takie obiekty. Do końca 2035 roku ma powstać 10 GW mocy w elektrowniach gazowych (po 5 GW w każdym pięcioleciu), co oznacza wydatki inwestycyjne na poziomie 37 mld zł. Przechodzenie z węgla na gaz wpisuje się w założenia transformacji energetycznej. – *W najbliższych latach największym wyzwaniem dla polskiej elektroenergetyki będzie stworzenie nowej architektury systemu, w którym coraz większą rolę odgrywają źródła odnawialne. Praca OZE uzależniona jest od pogody, tymczasem dostawy energii powinny być stabilne, bez względu na to, czy wieje wiatr i świeci słońce. Konieczne są więc inwestycje w rozwiązania, które pozwolą reagować elastycznie na potrzeby rynku. Najlepszą odpowiedzią na zapewnienie elastyczności w perspektywie pojedynczych godzin są magazyny, a w perspektywie kilku, kilkunastu godzin – źródła gazowe. Mogą one nawet kilkanaście razy w ciągu dnia reagować na zapotrzebowanie na moc na rynku* – podkreśla Dariusz Marzec, prezes zarządu PGE.

Budowany blok parowo-gazowy PGE Nowy Rybnik

Źródła gazowe nie tylko są bardzo elastyczne, ale także generują 2–3 razy mniejszą emisję dwutlenku węgla od elektrowni węglowych,

eprasa.pl 8f2784b80f

Elektrownia gazowa PGE Gryfino Dolna Odra

co jest kluczowe w kontekście polityki klimatycznej Unii Europejskiej i zmniejszania negatywnego wpływu energetyki na środowisko. PGE przewiduje, że gaz będzie podstawą stabilizacji systemu energetycznego przez najbliższe dwie lub trzy dekady. Jesienią 2024 r. oddana została do eksploatacji największa elektrownia gazowa w Polsce – PGE Gryfino Dolna Odra – o mocy 1366 MW brutto. Pokrywa ona ponad 5 proc. krajowego zapotrzebowania na energię elektryczną. Zaawansowana jest budowa bloku gazowo-parowego w Elektrowni PGE Nowy Rybnik (882 MW). W toku są przetargi na realizację kolejnych inwestycji w Gryfinie i Rybniku. Trwają także przygotowania do realizacji inwestycji gazowych w Ostrowie Wielkopolskim.

Bloki gazowe będą pracować w okresach, gdy energii w systemie będzie najmniej, czyli w otoczeniu najwyższych cen. – *Nie jest sztuką wytwarzać prąd w sposób ciągły, pracując ze stratą w tych momentach, gdy ceny są bardzo niskie, a w systemie jest nadmiar energii. Trzeba mieć możliwość uruchomienia produkcji, kiedy rośnie popyt, bo wtedy stawki są wysokie. Takie sytuacje mają miejsce, gdy nie pracują źródła odnawialne. Można wtedy włączać blok gazowy na dwie–trzy godziny dziennie. To dużo bardziej efektywne ekonomicznie* – podkreśla Dariusz Marzec, prezes zarządu PGE.

Rosnąca rola gazu w polskim systemie elektroenergetycznym oznacza jego większy import. Nie ma jednak powodu do obaw, bo gaz jest paliwem powszechnie dostępnym. Mimo że Europa po rosyjskiej inwazji na Ukrainę zrezygnowała z zakupów surowca w Rosji, pozyskała nowych dostawców, takich jak Stany Zjednoczone, Norwegia i kraje Bliskiego Wschodu. Polska przez lata inwestowała w infrastrukturę, która umożliwia import drogą morską. Powstał terminal LNG w Świnoujściu, budowany jest terminal pływający w Gdańsku, rozbudowane zostały interkonektory łączące krajowy system przesyłowy z systemami krajów ościennych. Powstał także podmorski gazociąg łączący Polskę ze złożami w Norwegii. Dostępność gazu będzie się dalej poprawiać. Potwierdzają to ostatnie uzgodnienia między Unią Europejską a Stanami Zjednoczonymi, które przewidują import przez Europę paliw energetycznych o wartości 750 mld dolarów. W ślad za rosnącą dostępnością ceny gazu powinny pozostawać stabilne i konkurencyjne.

Wszystkie nowe bloki gazowe będą przystosowane do spalania gazów zdekarbonizowanych w przyszłości, co zwiększy ich rolę w dążeniu całego sektora do maksymalnego ograniczenia emisyjności. Zmiana paliwa będzie jednak uwarunkowana dostępnością techniczno-ekonomiczną gazów zdekarbonizowanych i odnawialnych. Z tego powodu trudno jest dzisiaj podać konkretny termin odejścia od używanego dziś gazu. Musi ono zostać poprzedzone rozwinięciem łańcucha dostaw paliw zeroemisyjnych oraz dostępną technologią w cenie zapewniającej opłacalność inwestycji.

Mimo że gaz nazywany jest paliwem przejściowym transformacji, nie ma problemów z pozyskiwaniem finansowania na tego typu inwestycje. Szacuje się, że budowane jednostki przepracują dwadzieścia–trzydzieści lat, a taka jest właśnie żywotność tego typu bloków. Działać będą optymalnie, nastawiając się na generację prądu w momentach najwyższych cen, gdy produkcja ze źródeł jest niewystarczająca. Uruchomienie mocy gazowych będzie zapobiegać wzrostom cen energii, co będzie miało przełożenie, na stabilność systemu i ceny dla odbiorców. W dodatku mogą pozyskiwać środki z mechanizmów mocowych (dzięki udostępnianiu mocy w krytycznych momentach), z usług bilansujących (umożliwiających szybkie reagowanie na zmienne odchylenia w systemie) i usług systemowych wspierających pracę systemu (jak regulacja częstotliwości i napięcia). Energetyka przyszłości wymaga elastyczności. Tylko takie podejście może być odpowiedzią na wyzwania związane z bezpieczeństwem energetycznym i dostępnością energii – pozwala ono optymalizować działalność biznesową i gwarantuje korzystne ceny energii dla odbiorców. Czyli dla nas wszystkich.

Materiał powstał przy współpracy z PGE

eprasa.pl 8f2784b80f

ŚRODOWISKO NATURALNE

Nie tylko tektonika

Nieoczekiwana przyczyna podnoszenia się skorupy ziemskiej w Republice Południowej Afryki

PRZEZ DZIESIĘCIOLECIA geolodzy uważali, że powolne dźwiganie się południowego wybrzeża Republiki Południowej Afryki było napędzane siłami pochodzącymi z głębi planety – wędrującymi ku górze strumieniami stopionych skał, które wznosiły się przez płaszcz Ziemi i wypychały skorupę ziemską przez miliony lat. Jednak dane satelitarne i precyzyjne pomiary GPS zaczynają podważać ten pogląd. Badanie opublikowane w czasopiśmie „Journal of Geophysical Research: Solid Earth" sugeruje, że to wynoszenie lądu może mieć mniej wspólnego z siłami tektonicznymi w głębi Ziemi, a więcej z brakiem wód gruntowych tuż pod naszymi stopami.

Działalność człowieka od dawna prowadzi do wyczerpywania zasobów wód gruntowych w Republice Południowej Afryki. W 2018 roku, po latach zmagania się z poważnymi suszami, kraj znalazł się na skraju pełnoskalowego kryzysu wodnego, a Kapsztad był o krok od stania się pierwszym na świecie dużym miastem, któremu dosłownie zabrakło wody – scenariusz ten nazwano „Dniem Zero". Przez kilka miesięcy tamtego roku mieszkańcy miasta stali wobec bardzo realnej perspektywy regularnego ustawiania się w kolejkach po ograniczone zapasy wody, czemu udało się zapobiec jedynie dzięki powrotowi opadów deszczu oraz intensywnym działaniom wymuszającym oszczędzanie wody. Ten skrajny niedobór był skutkiem zarówno zmian klimatycznych, jak i niezrównoważonego zużycia wody. Zbiorniki retencyjne zostały opróżnione, a presja na warstwy wodonośne stała się gigantyczna.

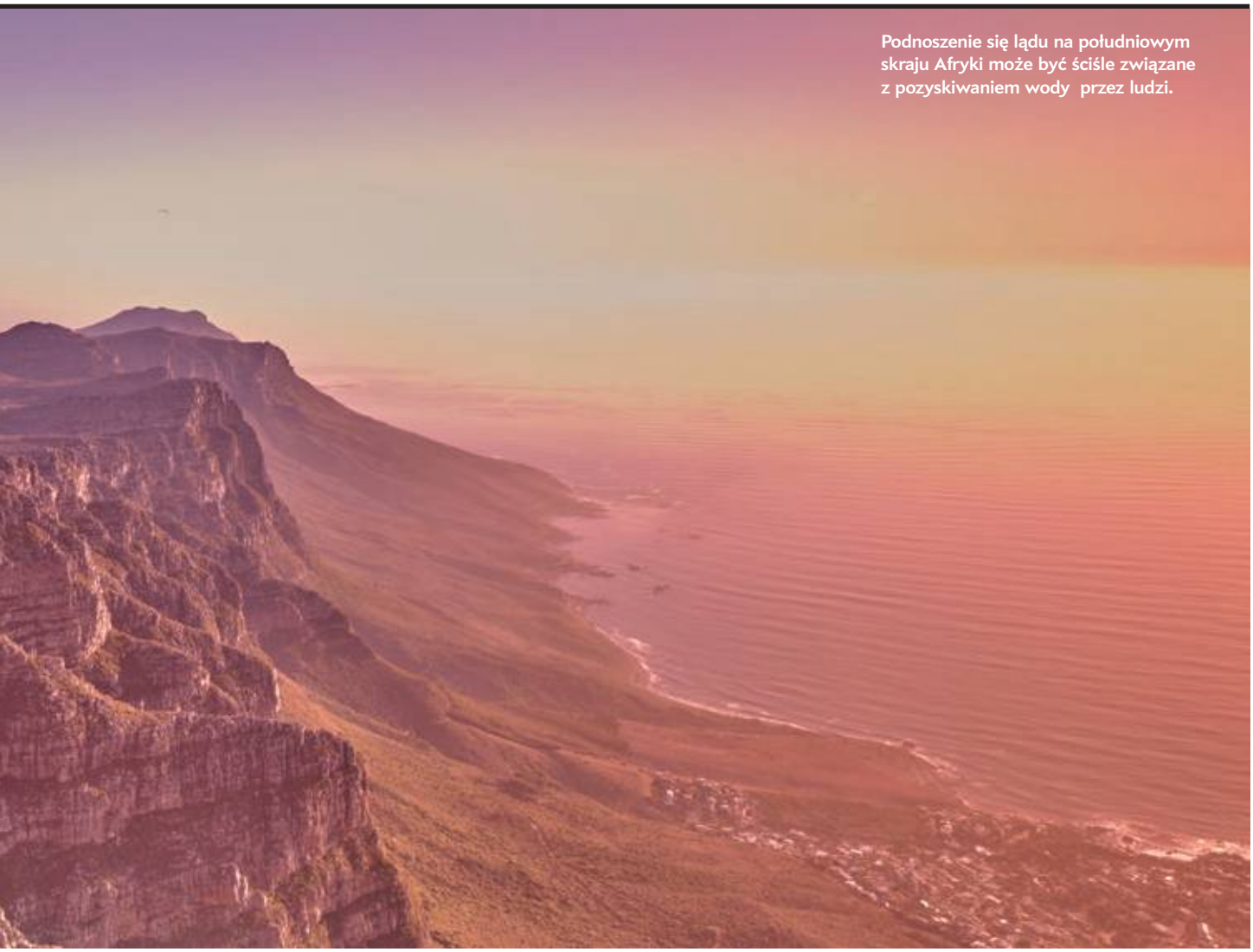
Autorzy najnowszego badania stawiają hipotezę, że grunt, który dawniej uginał się pod ogromnym ciężarem wód powierzchniowych i gruntowych, teraz rozszerza się niczym piankowy materac po usunięciu z niego nacisku. Korzystając z danych GPS i satelitarnych pomiarów grawitacyjnych z lat 2000–2021, naukowcy wykryli podniesienie się powierzchni terenu o około 6 mm – zjawisko to pokrywa się w czasie z wyczerpywaniem przez ludzi zasobów wodnych RPA oraz z okresami suszy.

„Czasami pierwsze wyjaśnienie niekoniecznie jest tym właściwym – mówi Christian Mielke, ekpsert od geodezji z Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn i główny autor badania. – Być może nie ma to nic wspólnego z tektoniką płyt."

To nie samo podnoszenie się lądu, lecz raczej błędne zrozumienie jego przyczyn, może być najbardziej uderzającym aspektem tej sytuacji. To, co kiedyś przypisywano powolnym ruchom magmy w tajemniczym i niedostępnym wnętrzu Ziemi, może w rzeczywistości być reakcją na działalność człowieka – zwłaszcza na niezrównoważone sposoby zarządzania zasobami wodnymi.

„Obecność wody – czy to pod postacią lodu i śniegu na powierzchni, czy też wód gruntowych – oraz ubywanie tej wody przekładają się na deformację wierzchnich warstw gruntu" – mówi Rosemary Knight, geofizyczka ze Stanford University. W większości miejsc na świecie proces ten zwykle prowadzi do zapadnięcia się terenu, zwanego osiadaniem gruntu, który wypełnia powstałe luki.

eprasa.pl 8f2784b80f



Podnoszenie się lądu na południowym skraju Afryki może być ściśle związane z pozyskiwaniem wody przez ludzi.

Dhoxax/Getty Images

Jednak w RPA, jak wynika z nowego badania, zależność pomiędzy wodą a zachowaniem skorupy ziemskiej objawia się w zaskakujący sposób. W porze deszczowej rzeki i zbiorniki wodne się napełniają, zwiększając ciężar, który dociska skorupę. W miesiącach suchych duża część tej wody wyparowuje lub jest wypompowywana, a ląd się podnosi. Jednak długotrwała utrata wód gruntowych stopniowo przesuwa równowagę w stronę wynoszenia terenu, a nie jego osiadania.

To właśnie to „sezonowe oddychanie" gruntu wskazuje, że za zjawisko nie odpowiada tylko magma napływająca z płaszcza Ziemi. Gdyby to ona wypychała skorupę ziemską ku górze, ruch byłby stały i niezwiązany z cyklami opadów. Jeśli ta obserwacja zostanie potwierdzona, będzie kolejnym przykładem na to, jak człowiek, wykorzystując na różne sposoby zasoby wody, przekształca glob.

W latach 1945–1970 ponad 13 tys. km^2 terenów leżących w dolinie San Joaquin w Kalifornii, niegdyś wysławianej jako „ziemia mlekiem i miodem płynąca" przez migrantów uciekających przed Dust Bowl, obniżyło się co najmniej o 30 cm, a w niektórych miejscach nawet o blisko 9 m. Od tamtej pory osiadanie gruntów w San Joaquin tylko przyspieszyło, a niektóre części doliny podczas głębokich susz zapadają się w tempie ponad 30 cm rocznie. Średnio tempo tego procesu w porównaniu z połową XX wieku wzrosło o 70%.

Coś podobnego dzieje się w rejonie Zatoki Chesapeake, która dzięki swoim rozległym estuariom i bujnym mokradłom nadbrzeżnym jest jednym z najważniejszych ekologicznie regionów wschodniego wybrzeża USA. Tutaj osiadanie gruntu – spowodowane zarówno nadmiernym poborem wód gruntowych z warstw wodonośnych, jak i odłożoną w czasie reakcją skorupy ziemskiej na zniknięcie lądolodów plejstoceńskich – zwiększa ryzyko powodzi oraz przyspiesza tempo wzrostu poziomu morza. Dane satelitarne, zapisy z mareografów oraz prognozy Międzyrządowego Zespołu ds. Zmian Klimatu (IPCC)

eprasa.pl 8f2784b80f

świadczą, że oba te czynniki łącznie doprowadzą do 2100 roku do zatopienia nawet 1,1 tys. km^2 wybrzeża Zatoki Chesapeake.

Mielke zauważa, że takie odkrycia uwydatniają złożoność reakcji planety na zmiany w środowisku wywołane przez człowieka. Konsekwencje tej presji są stopniowo ujawniane, a ich następstwa mogą być poważne. Ponieważ zmiany klimatyczne przyspieszają, pionowe ruchy skorupy ziemskiej mogą stanowić dodatkowe wyzwanie, zwłaszcza na tych fragmentach wybrzeży, gdzie poziom mórz rośnie.

Do monitorowania zjawiska w skali globalnej naukowcy wykorzystują satelitę GRACE (Gravity Recovery and Climate Experiment), który potrafi zmierzyć niewielkie zmiany grawitacji i w ten sposób zauważa nawet znikome wahnięcia masy Ziemi. Ponieważ woda ma swoją masę, wzrost lub spadek jej ilości w warstwach podziemnych wpływa w subtelny sposób na pole grawitacyjne globu, co GRACE potrafi wykryć z orbity.

Knight i inni badacze szukają sposobów zapobiegania tak rozległym pionowym ruchom gruntu poprzez utrzymywanie równowagi w obiegu wody. „Zasadniczo osiadanie następuje wtedy, gdy ilość wody wypływającej przekracza ilość wody dopływającej – mówi Knight. – Ten dopływ to nic innego, jak zasilanie warstw wodonośnych."

Zasilanie poziomów wód gruntowych odbywa się naturalnie wtedy, gdy deszcz lub topniejący śnieg wsiąkają w glebę, ale taka ilość opadów nie wystarcza, by zrównoważyć dziesięciolecia poboru wód gruntowych oraz obecnego popytu. Dlatego regiony takie, jak Kalifornia, coraz częściej sięgają po kontrolowane zasilanie warstw wodonośnych. Polega ono albo na celowym rozprowadzaniu nadmiaru wód powierzchniowych (na przykład z zimowych powodzi) w miejscach, gdzie mogą one przesączać się w dół i odbudowywać wyczerpane zasoby, albo na bezpośrednim wtłaczaniu wody do warstw wodonośnych. Szacunki wskazują, że pod powierzchnią Kalifornii można pomieścić 30 razy więcej wody niż wynosi objętość największego kalifornijskiego sztucznego zbiornika Lake Shasta. Tyle wystarczyłoby, aby odwrócić proces osiadania gruntu.

Jak ujmuje to Knight, rozwiązanie nie może polegać tylko na ograniczeniu tłoczenia wód gruntowych. Musi obejmować również uzupełnianie zasobów, czyli zwracanie wody do ziemi, z której została pobrana. *Avery Schuyler Nunn*

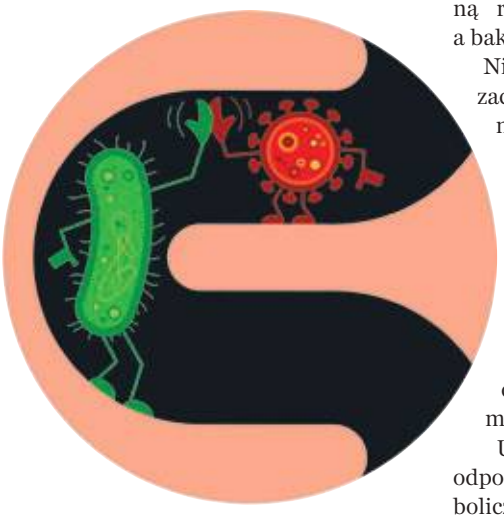
ZDROWIE

Dobry wirom

W naszym przewodzie pokarmowym jest pełno wirusów – i nie jest to zła wiadomość

WIRUSY CIESZĄ SIĘ – nie bez powodu – złą sławą. Jednak głęboko w naszym układzie pokarmowym wiele z nich pracuje, by utrzymać nas w zdrowiu. Ten tzw. wirusowy mikrobiom jelitowy (gut virome) stanowi ważną część ogólnego mikrobiomu – ogromnej wspólnoty mikroorganizmów, które odgrywają kluczową rolę w trawieniu, odporności i ogólnym stanie zdrowia.

„Bakteryjny składnik mikrobiomu jest dobrze poznany – mówi Tao Zuo, mikrobiolog z Uniwersytetu Sun Yat-sen w Chinach. – Ale o wirusowym mikrobiomie wciąż wiemy bardzo niewiele."



Częściowo wynika to z faktu, że wirusy są mikroskopijne, jak wyjaśnia Zuo; stanowią zaledwie 0,1% całkowitej masy mikroorganizmów jelitowych. Dodatkowo szybko mutują, co utrudnia izolowanie ich materiału genetycznego i jego badanie. Aby lepiej zrozumieć to zjawisko, Zuo i jego współpracownicy zebrali ogromną ilość danych, tworząc katalog opisujący, jak wirusowy mikrobiom jelitowy zmienia się wraz z naszym wiekiem, dietą i środowiskiem.

W przeglądzie, opublikowanym w czasopiśmie „Precision Clinical Medicine", autorzy skoncentrowali się szczególnie na bakteriofagach – wirusach, które infekują bakterie i mogą stanowić nawet ponad 90% całego wirusowego mikrobiomu. Te wirusy potrafią działać na naszą korzyść, niszcząc szkodliwe bakterie jelitowe. Ale mogą też wzmacniać patogeny – „na przykład, jeśli bakteriofag przenosi gen zapewniający oporność na antybiotyki", wyjaśnia Jelle Matthijnssens, wirusolog z Katholieke Universiteit Leuven (Belgia), specjalizujący się w badaniach nad wirusowym mikrobiomem, który nie brał udziału w tym przeglądzie.

Autorzy badania pokazują, że wirusowy mikrobiom każdego człowieka nieustannie się zmienia, zależnie od jego genów i środowiska. U noworodków bakteriofagi często znacznie przewyższają liczebnie bakterie, ale proporcje te zaczynają się zmieniać w wyniku kontaktu z otoczeniem i w miarę rozwoju jelit.

W okresie dojrzewania populacje bakterii ponownie ulegają przekształceniom pod wpływem zmian hormonalnych i ekspozycji na nowe mikroorganizmy.

Z kolei dorosły zdrowy człowiek utrzymuje delikatną, wzajemnie korzystną równowagę między bakteriofagami a bakteriami.

Niektóre bakteriofagi, które pomagają zachować tę równowagę, są szczególnie wrażliwe na czynniki środowiskowe – takie jak m.in. dieta, jakość powietrza, poziom zapalenia w organizmie, sygnały układu odpornościowego i hormony stresu. Ekspozycja na niektóre leki lub niezdrowa dieta mogą zaburzyć tę równowagę, zmniejszając różnorodność wirusowego mikrobiomu, co z kolei wiązano z chorobami takimi, jak nieswoiste zapalenia jelit.

U osób starszych starzejący się układ odpornościowy i zwiększony stres metaboliczny mogą dodatkowo rozregulować ten system i zwiększyć liczbę wirusów, co potencjalnie przyczynia się do chorób związanych z wiekiem.

Zrozumienie wpływu procesów starzenia i środowiska może w przyszłości pomóc w opracowaniu nowych terapii klinicznych – na przykład w ukierunkowanym zwalczaniu bakterii za pomocą fagoterapii, mówią naukowcy. Jednak do tego potrzebne są dalsze badania.

„Kluczowym wyzwaniem jest odróżnienie przyczynowości od korelacji – podkreśla Evelien Adriaenssens, mikrobiolog z Instytutu Quadram w Wielkiej Brytanii, niezwiązana z nowym badaniem. – Wirusowy mikrobiom każdego z nas jest unikalny, dlatego nie możemy wyciągać ogólnych wniosków o czyimś zdrowiu, patrząc tylko na jego wirusowy profil jelitowy."

Kate Graham-Shaw

Ilustracja Thomas Fuchs

eprasa.pl 8f2784b80f

BIOLOGIA

Sekretne życie drzew

Naukowcy badają życie tętniące głęboko wewnątrz pni

Spektrum der Wissenschaft

BADACZE ZMAPOWALI populacje drobnoustrojów w ludzkich jelitach, głębinach oceanicznych, a nawet w chmurach. Jednak mikroorganizmy żyjące wewnątrz pni drzew pozostawały w dużej mierze niezbadane – aż do teraz. W najnowszym badaniu opublikowanym w „Nature" zespół badaczy przeanalizował około 150 drzew, by stworzyć mapę społeczności drobnoustrojów zamieszkujących 16 różnych gatunków. Naukowcy oszacowali, że jeden pień dorosłego drzewa może zawierać w swoim „mikrobiomie" około biliona bakterii, przy czym różne warstwy są zasiedlone przez odmienne społeczności.

Najbardziej zaskakujące było odkrycie obecności bakterii beztlenowych produkujących metan w najgłębszej części pnia, zwanej twardzielą. „Okazało się, że to, co żyje wewnątrz drzew, bardzo różni się od tego wszystkiego, co znaleźliśmy w innych częściach lasu" – mówi współautor badania Jonathan Gewirtzman, ekolog systemów przyrodniczych z Yale University. Jak dodaje, wewnętrzne mikrobiomy drzew przypominają raczej mikroświat mokradeł niż typowego lasu.

Przez długi czas sądzono, że tkanki roślin są sterylne. Kiedy na początku XX wieku dowiedziono, że tak nie jest, naukowcy skupili się głównie na korzeniach, gdzie bakterie i grzyby odgrywają istotną rolę w obiegu składników odżywczych w glebie. To, co może żyć wewnątrz pędów, pni i liści, pozostawało w zasadzie niezbadane.

Aby przyjrzeć się ukrytemu mikrobiomowi pnia, Gewirtzman i jego współpracownicy wywiercili w żywych drzewach otwory, z których pobrali cienkie próbki. Następnie natychmiast umieścili je w suchym lodzie, by zatrzymać aktywność mikroorganizmów.

Później rozdzielili próbki na biel i twardziel – czyli zewnętrzną i wewnętrzną warstwę pnia – po czym rozdrobnili zamrożone drewno na proszek i przeanalizowali DNA bakterii w każdej warstwie. Aby zbadać aktywność żywych mikroorganizmów, uszczelnili otwory w drzewach i po pewnym czasie zmierzyli ilość gazów, takich jak metan i podtlenek azotu, emitowanych z różnych głębokości.

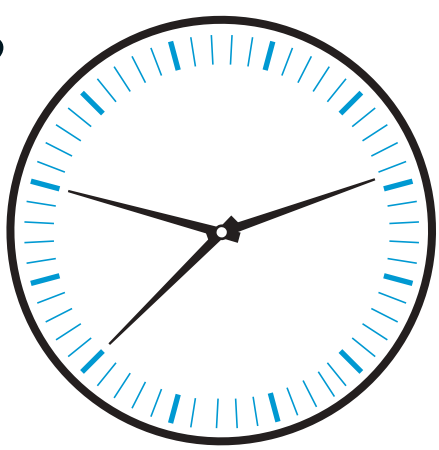
Okazało się, że blisko spokrewnione gatunki drzew mają podobne mikrobiomy. A w najgłębszych warstwach pni badacze znaleźli nieoczekiwany ekosystem: „W starszej i bardziej wewnętrznej twardzieli – mówi Gewirtzman – zobaczyliśmy drobnoustroje przypominające te z mokradeł – bakterie beztlenowe i wytwarzające metan, przystosowane do środowiska ubogiego w tlen i nasyconego wodą." Niektóre bakterie w zewnętrznych warstwach mogą częściowo zużywać ten metan, jak wykazali naukowcy, jednak badanie wskazuje, że bakterie produkujące metan i podtlenek azotu wewnątrz drzew mogą stanowić źródło emisji gazów cieplarnianych, które warto uwzględniać w obliczeniach klimatycznych.

„To naprawdę znakomite badanie, ponieważ autorzy zrobili coś, czego zwykle się nie robi – porównali wewnętrzne i zewnętrzne warstwy drewna" – komentuje Sharon Lafferty Doty, mikrobiolożka roślin z University of Washington. Dodaje, że chemikalia używane w nowoczesnym rolnictwie osłabiają mikrobiom roślin. „Badając te przypadki naturalnego partnerstwa roślina–mikroorganizm, możemy zrozumieć, które bakterie są kluczowe i aktywne, aby następnie przywrócić je do naszych systemów rolniczych" – mówi Doty. *Saugat Bolakhe*

ZAGADKA MATEMATYCZNA

Która godzina?

WSKAZÓWKI godzinowa, minutowa i sekundowa zegara mają tę samą długość i obracają się równomiernie. Na tarczy są znaczniki godzinowe i minutowe, ale brakuje liczb, więc nie wiadomo, który znacznik godzinowy odpowiada liczbie 12. Dwie wskazówki z lewej strony są dokładnie na znacznikach godzinowych, a wskazówka z prawej jest między znacznikiem minutowym a godzinowym. Którą godzinę dokładnie wskazuje zegar? *Heinrich Hemme*



Spektrum der Wissenschaft

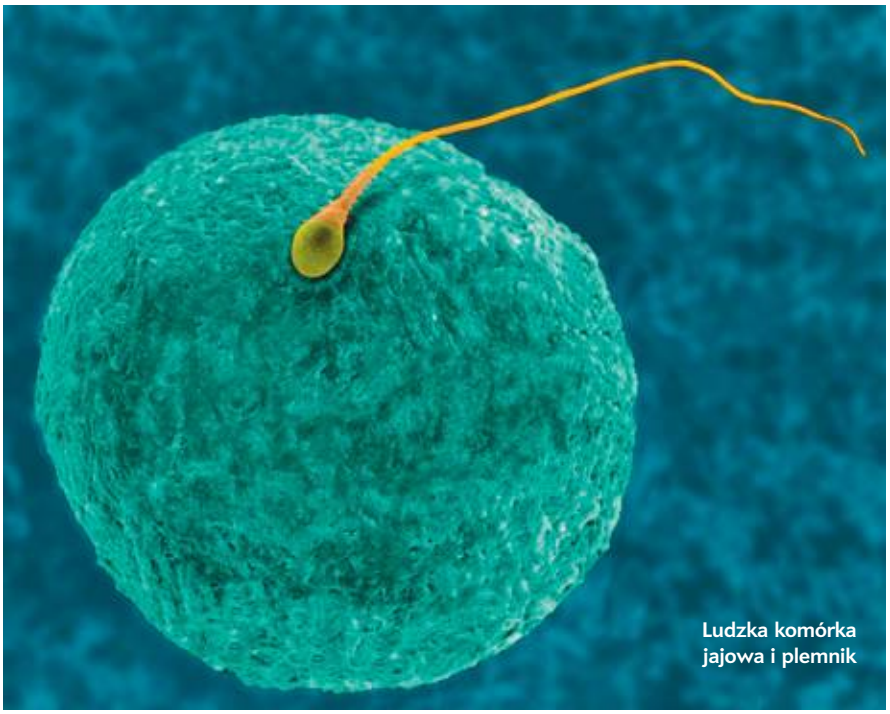
Rozwiazanie zagadki na stronie 73.

eprasa.pl 8f2784b80f

MEDYCYNA

Męska antykoncepcja

Wczesne badanie z udziałem ludzi wykazało bezpieczeństwo antykoncepcji dla mężczyzn bez użycia hormonów



Ludzka komórka jajowa i plemnik

Dennis Kunkel Microscopy/Science Source

RYNEK PRODUKTÓW antykoncepcyjnych od dawna jest niesymetryczny: środki przeznaczone do stosowania przez kobiety obejmują m.in. różnorodne pigułki, implanty i zastrzyki, wszystkie dopuszczone przez amerykańskie urzędy regulacyjne, podczas gdy dla mężczyzn dostępne są jedynie prezerwatywy i wazektomia. Badacze po trochu przymierzali się do tego problemu przez całe dziesięciolecia i wreszcie zaczyna być widać efekty. Pigułki antykoncepcyjne dla mężczyzn, o całkowicie nowym mechanizmie zapobiegania ciąży, zostały już poddane badaniom z udziałem ludzi.

W pierwszym badaniu klinicznym tego rodzaju stwierdzono, że niehormonalna doustna antykoncepcja, która w sposób odwracalny blokuje wytwarzanie plemników, wydaje się dla ludzi bezpieczna. Przyjmowane codziennie pigułki, nazwane YCT-529, blokują wiązanie metabolitu witaminy A z jego receptorami w jądrach. Hamuje to cały łańcuch zmian w ekspresji genów, niezbędnych dla rozpoczęcia procesu wytwarzania plemników. Wyniki oceny bezpieczeństwa na podstawie wczesnej 1. fazy badań klinicznych opublikowano w czasopiśmie „Communications Medicine".

Nie oceniano w tym badaniu skuteczności w redukowaniu liczby plemników. Firma YourChoice Therapeutics, która opracowała opisywany lek, prowadzi obecnie badania mające na celu dostarczenie takich informacji. Jednak wyniki oceny bezpieczeństwa stanowią kluczowy kamień milowy – mówi Stephania Page, endokrynolożka ze School of Medicine na University of Washington, która nie brała udziału w omawianym badaniu, jednak pracuje nad innymi hormonalnymi środkami antykoncepcyjnymi dla mężczyzn od ponad 20 lat. „Naprawdę potrzebujemy więcej odwracalnych metod antykoncepcji dla mężczyzn" – mówi.

W tym niewielkim badaniu uczestniczyło 16 zdrowych mężczyzn w wieku od 32 do 59 lat, którzy przeszli wcześniej wazektomię – popularny zabieg chirurgiczny, w którym przecina się nasieniowody w celu uniemożliwienia wydzielania plemników. Uwzględnienie wyłącznie takich uczestników stanowiło dodatkowy środek bezpieczeństwa, mający zapobiec trwałemu zaburzeniu płodności. „Nigdy wcześniej nie prowadzono badań klinicznych z użyciem niehormonalnych pigułek antykoncepcyjnych dla mężczyzn – mówi główna autorka badania, Nadja Mannowetz, współzałożycielka i dyrektorka naukowa firmy YourChoice Therapeutics. – Wykorzystanie niepłodnych uczestników sprawdziło się w tym badaniu, ponieważ zespół nie oceniał skuteczności leku, ale jego tolerancję i biodostępność, czyli poziom aktywnego leku uzyskiwany w organizmie".

Uczestników podzielono na dwie grupy. Członkowie pierwszej grupy otrzymywali albo dawkę startową YCT-529 wynoszącą 10 mg i dwa tygodnie później drugą dawkę 30 mg, albo każdorazowo placebo. Uczestnicy należący do drugiej kohorty otrzymywali albo pierwszą dawkę wynoszącą 90 mg i po dwóch tygodniach drugą dawkę wynoszącą 180 mg, albo każdorazowo placebo. Wszyscy uczestnicy przyjmowali pigułki na czczo. Z każdej kohorty wybrano cztery osoby, które otrzymały trzecią dawkę wynoszącą 30 mg po bogatym w tłuszcze i wysokokalorycznym śniadaniu w celu oceny, czy jedzenie może wpłynąć na tolerowanie leku.

Dla wszystkich dawek „obserwowaliśmy dobrą i szybką biodostępność", co oznacza, że lek nie ulegał szybkiemu rozkładowi w organizmie, mówi Mannowetz. Przeciętnie poziom leku dostępnego w krążeniu zmniejszał się o połowę po dwóch, trzech dniach. Jest to obiecujący wynik, wskazujący, że jeśli pigułka okaże się skutecznie redukować ilość plemników, wystarczy być może przyjmować ją tylko raz dziennie. Mannowetz spodziewa się, że jeżeli lek zostanie ostatecznie dopuszczony przez FDA, dawka, która trafi wtedy do sprzedaży, będzie prawdopodobnie bliższa wyższemu testowanemu wariantowi, wynoszącemu 180 mg. W określeniu dokładnego optymalnego dawkowania pomogą jednak naukowcom dalsze badania.

Zespół badawczy nie stwierdził żadnych działań niepożądanych związanych z tym lekiem. Zaletą niehormonalnych leków antykoncepcyjnych jest teoretycznie mniejsze ryzyko takich skutków, jak zaburzenie funkcji seksualnych, libido czy nastroju, mówi Mannowetz.

Page stwierdza, że te wyniki są ekscytujące i ważne, wskazuje jednak, że to dopiero jedno małe badanie. „Myślę, że byłoby nadinterpretacją twierdzenie, że wiadomo już dużo na temat działań niepożądanych – mówi. – Ma je każdy lek dostępny na rynku".

Obecnie trwają się także badania kliniczne nad kilkoma innymi odwracalnymi metodami antykoncepcji dla mężczyzn. Najbardziej zaawansowane dotyczy terapii NES/T – połączenia testosteronu

eprasa.pl 8f2784b80f

i preparatu progestynowego Nestorone. Ten środek, aplikowany na ramię w formie żelu, wchłania się do krążenia przez skórę. Podobnie jak pigułka YCT-529, ma on działać na wytwarzanie plemników. Cel ten osiąga jednak poprzez wzrost stężenia krążącego testosteronu i progestyny – hormonów, które nakazują mózgowi wstrzymać proces produkcji. Naukowcy ukończyli właśnie większe i dłuższe badanie kliniczne 2. fazy z użyciem NES/T, dowodząc jego skuteczności. Wkrótce mają nadzieję rozpocząć badanie fazy 3., mówi Page, która brała udział w badaniach klinicznych z użyciem tego żelu.

Użytkownicy stosujący środki antykoncepcyjne dla mężczyzn, wpływające na wytwarzanie plemników, takie jak NES/T lub YCT-529, musieliby przyjmować je codziennie przez około trzy miesiące, zanim zaczęłyby być skuteczne, ponieważ tyle czasu trwa w organizmie produkcja dojrzałych komórek nasienia. Wytwarzanie plemników zostawałoby wznowione po około trzech miesiącach od zaprzestania przyjmowania leku przez użytkownika.

Na wczesnym etapie rozwoju jest kilku innych kandydatów na hormonalne pigułki antykoncepcyjne dla mężczyzn przeznaczone do codziennego stosowania. Trwają także wczesne etapy badań klinicznych nad implantem hydrożelowym o nazwie ADAM. ADAM działa jak odwracalna wazektomia – fizycznie blokuje nasieniowód, uniemożliwiając uwalnianie plemników do czasu usunięcia implantu.

Badania wskazują na rosnące zainteresowanie takimi środkami. W jednym z badań opublikowanych w 2023 roku stwierdzono, że spośród ponad 2000 mężczyzn ze Stanów Zjednoczonych i Kanady, których ono objęło, 75% chciało wypróbować nowe środki antykoncepcyjne. Z kolej w raporcie z 2019 roku stwierdzono, że w Stanach Zjednoczonych spośród mężczyzn w wieku od 18 do 49 lat, którzy uprawiali seks z kobietami, nie poddali się wazektomii, ich wiara nie uniemożliwiała stosowania antykoncepcji, a nie chcieli, aby ich partnerki zaszły w ciążę, niemal 50% było „bardzo zainteresowanych". Te statystyki pokrywają się z doświadczeniami Page w tym zakresie: „Mężczyźni bardzo chcą mieć większą decyzyjność w kwestii rozrodu i brać udział w antykoncepcji" – mówi. Wszystkie środki antykoncepcyjne będące w fazie badań mogą poprawić proces podejmowania decyzji dotyczących współżycia i reprodukcji, tak przez poszczególne osoby, jak i przez pary. *Hannah Seo*

BIOLOGIA ROZRODU

Wiemy coraz więcej

Udało się podejrzeć krytyczny moment w rozwoju ludzkich embrionów

NAUKOWCY PO RAZ PIERWSZY uzyskali trójwymiarowe obrazy i nagrania wideo w czasie rzeczywistym procesu zagnieżdżania się ludzkiego zarodka w syntetycznej tkance macicy – kluczowego etapu reprodukcji. Powstałe materiały, ukazujące z niezwykłą szczegółowością, jak zarodki „pchają" i „ciągną" tkanki, by zakotwiczyć się w macicy, mogą – jak twierdzą badacze – doprowadzić do udoskonalenia technik zapłodnienia in vitro.

„To pozwoli nam opracować terapie ukierunkowane konkretnie na proces implantacji, który jest największym problemem w ludzkiej reprodukcji" – mówi Samuel Ojosnegros, bioinżynier z Barcelona Institute of Science and Technology oraz współautor nowego badania opublikowanego w „Science Advances".

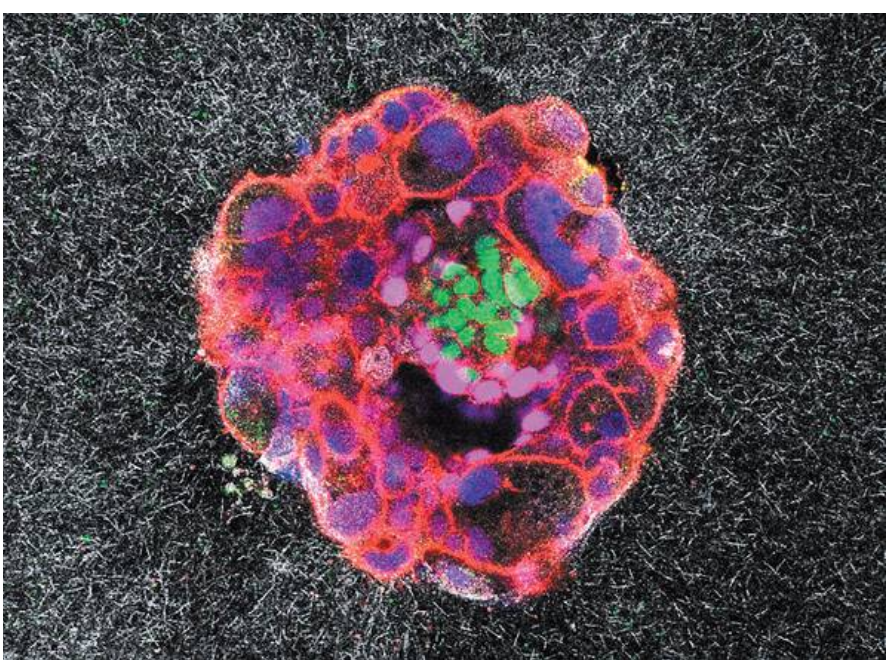
Kilka dni po sztucznym zapłodnieniu lekarze muszą wszczepić zarodek do organizmu, by mógł dalej się rozwijać. „To, co dzieje się między transferem a pierwszym USG kilka tygodni później, to wielka niewiadoma" – tłumaczy Ojosnegros, współzałożyciel firmy biotechnologicznej Serabiotics. Niepowodzenie implantacji to jedna z głównych przyczyn bezpłodności – niemal do 60% poronień dochodzi właśnie na tym etapie.

Pierwsze udane hodowle ludzkich zarodków poza momentem zagnieżdżenia w macicy udało się przeprowadzić w warunkach laboratoryjnych w 2016 roku, ale Ojosnegros i jego współpracownicy chcieli zobaczyć, jak proces ten wygląda w trójwymiarowej tkance przypominającej macicę.

W tym celu zespół opracował specjalny system zbudowany z żelu i kolagenu – białka występującego w błonie śluzowej macicy – i wprowadził do niego zarodki przekazane przez osoby, które zakończyły procedurę wspomaganego rozrodu. System ten, jak mówi Ojosnegros, umożliwił implantację, ponieważ sieć włókien kolagenowych przekazuje zarodkowi sygnały molekularne o oczekiwanej strukturze i miejscu przyczepienia.

Badacze zarejestrowali cały proces w czasie rzeczywistym za pomocą zaawansowanych mikroskopów 3D. Śledząc mikroskopijne ruchy włókien w żelu, mogli dokładnie odwzorować, gdzie i z jaką siłą zarodki „ciągnęły" otaczającą tkankę. Następnie przeprowadzili podobne obserwacje z wykorzystaniem mysich zarodków, by porównać wzorce ruchu.

Nagrania pokazały, że ludzkie zarodki generują sieć mikroskopijnych sił rozciągających, które rozchodzą się falami w obrębie macicy. Zarodki wnikają w otaczającą tkankę, tworząc liczne punkty przyczepienia, które ciągną błonę



Institute for Bioengineering of Catalonia (IBEC)

eprasa.pl 8f2784b80f

w różnych kierunkach. Zarodki myszy zachowują się inaczej – rozprzestrzeniają się bardziej po powierzchni i działają głównie wzdłuż dwóch lub trzech silnych linii naprężenia.

Kiedy naukowcy zastosowali zewnętrzne naprężenie macicy, delikatnie pociągając ją mikroszczypcami, zauważyli, że zarodki obracały się w kierunku tych obszarów. Badacze sugerują, że mikroskurcze macicy mogą kierować zarodek ku optymalnemu miejscu implantacji. „Wierzymy, że te mikroskurcze pomagają zarodkowi odnaleźć naczynia krwionośne i substancje odżywcze, których potrzebuje" – wyjaśnia Ojosnegros, dodając, że potrzebne są dalsze badania, by potwierdzić tę hipotezę.

W doświadczeniach na myszach i z udziałem ludzi siła oraz wzorzec tych ruchów okazały się powiązane z potencjalnym sukcesem implantacji – zarodki, które „ciągnęły" słabiej, rzadziej skutecznie wnikały w tkankę. Obserwacja procesu implantacji w czasie rzeczywistym w modelu 3D to „kwantowy przeskok" w porównaniu z dotychczasowymi, dwuwymiarowymi metodami, mówi Claudia Spits, biolog rozwojowa z Université Libre de Bruxelles, która nie brała udziału w badaniu. „To, co widać na 10-sekundowym filmie, to efekt wielu lat pracy nad stworzeniem warunków, w których zarodek w ogóle może przeżyć" – dodaje.

„Badanie otwiera drogę do eksplorowania dynamiki implantacji z niespotykaną dotąd dokładnością" – podkreśla Magdalena Żernicka-Goetz, biolog rozwojowa z California Institute of Technology, również niezwiązana z projektem. Wyniki dołączą do rosnącego zbioru obserwacji ludzkiego rozwoju poimplantacyjnego publikowanych w ostatnich latach i są, jak mówi, „ekscytującym krokiem naprzód w zrozumieniu etapu rozwoju człowieka, który przez wieki pozostawał niewidoczny". Żernicka-Goetz zaznacza jednak, że konieczne są dalsze badania porównawcze, aby sprawdzić, jak zarodki zachowują się w różnych modelach „macicopodobnych" i czy ich ścieżki rozwoju między sobą się różnią.

Macica opracowana przez zespół Ojosnegrosa nie jest przeznaczona do zastosowania klinicznego w procedurach in vitro, lecz może okazać się cennym narzędziem dla laboratoriów i firm farmaceutycznych. „Kiedy zaczniemy rozumieć, jak zachowuje się zarodek – mówi Ojosnegros – będziemy mogli myśleć o tym, by w przyszłości wybierać zdrowe zarodki lub te najbardziej zdolne do zagnieżdżenia." Spits podchodzi do tej wizji sceptycznie, zauważając, że odtworzenie tej techniki w innych laboratoriach może być niezwykle trudne. Niemniej, jak przyznaje, wyniki te stanowią „duży krok naprzód" w rozwoju metody, która może w przyszłości znaleźć praktyczne zastosowania, jeśli inne zespoły naukowe zdołają przeprowadzić własne trójwymiarowe eksperymenty implantacyjne.

Humberto Basilio

ZDROWIE

Pokaż język!

Sztuczna inteligencja pomaga powiązać wygląd języka z występowaniem schorzeń

OD TYSIĘCY LAT praktycy tradycyjnej chińskiej medycyny (TCM) badają języki swoich pacjentów, uważnie analizując ich kolor, kształt i nalot w celu wykrycia oznak choroby. W TCM kolor języka uznawany jest za szczególnie istotny – i obecnie niektórzy naukowcy, zachęceni niedawnymi badaniami wskazującymi na mierzalny związek między wyglądem języka a czynnikami zdrowotnymi, pracują nad przystosowaniem tej starej metody diagnostycznej do współczesnych technik opartych na sztucznej inteligencji.

TCM pozostaje jednak tematem kontrowersyjnym w światowej społeczności naukowej. Światowa Organizacja Zdrowia w 2022 roku oficjalnie włączyła diagnozy TCM do 11. edycji Międzynarodowej Klasyfikacji Chorób (ICD-11), globalnego standardu klasyfikacji informacji medycznych. Mimo to większość badaczy traktuje TCM z ostrożnością. „Pomimo rosnącego wykorzystania TCM na całym świecie i uznania terapeutycznych korzyści, brak potwierdzających jej skuteczność solidnych dowodów z perspektywy medycyny opartej na faktach (evidence-based medicine, EBM) utrudnia jej akceptację przez środowisko zachodnich lekarzy oraz integrację z głównym nurtem opieki zdrowotnej" – napisali autorzy przeglądowego artykułu z 2015 roku na temat perspektyw TCM.

Mimo to zainteresowanie naukowców się utrzymuje. W TCM kolor języka „jest ściśle związany ze stanem krwi i *qi* [chińskie pojęcie często tłumaczone jako »energia życiowa«], co czyni go kluczowym wskaźnikiem dla praktyków TCM przy ocenie ogólnego stanu zdrowia pacjenta", mówi Dong Xu z University of Missouri, który koncentruje się na biologii obliczeniowej i bioinformatyce brał udział w badaniu z 2022 roku dotyczącym analizy cyfrowych obrazów języka.

Badanie języka może być jednak bardzo subiektywne – w pełni zależy od indywidualnej percepcji kolorów i umiejętności ich analizy przez danego praktyka. Frank Scannapieco, periodontolog, mikrobiolog i biolog jamy ustnej z University of Buffalo, zauważa, że w medycynie zachodniej nie stosuje się żadnego standaryzowanego systemu klinicznego do rutynowego monitorowania cech języka, choć zdefiniowane zmiany na języku mogą wskazywać na pewne nowotwory, a niektóre badania powiązały wygląd języka z chorobami takimi, jak rak piersi czy łuszczyca.

Elizabeth Alpert, ekspertka w dziedzinie zdrowia jamy ustnej z Harvard School of Dental Medicine, dodaje, że badanie języka często stanowi część rutynowych badań przesiewowych w kierunku raka jamy ustnej, wykonywanych przez dentystów i higienistów, ale jego skuteczność zależy od wykształcenia i doświadczenia specjalistów.

Ogromny postęp w technice obliczeniowej sprawia jednak, że niektórzy badacze inspirowani TCM ponownie zwracają uwagę na język. Autorzy badania opublikowanego w 2024 roku w czasopiśmie „Technologies" wykorzystali modele uczenia maszynowego do klasyfikowania kolorów języka i przewidywania kilku związanych z nimi schorzeń – w tym cukrzycy, astmy, COVID-19 i anemii – osiągając dokładność testu na poziomie 96,6%.

Głównym wyzwaniem wcześniejszych badań nad obrazami języka był błąd percepcyjny wynikający z różnic w oświetleniu, mówi współautor najnowszego badania, Javaan Chahl, robotyk i współprzewodniczący ds. systemów sensorycznych na University of South Australia. „Prowadzono badania, w których próbowano stawiać diagnozy na podstawie koloru języka bez kontrolowanego oświetlenia, ale ocena barwy jest wtedy bardzo subiektywna" – zauważa Chahl. Aby rozwiązać ten problem, jego zespół opracował standaryzowany system oświetleniowy w formie kiosku. Pacjenci wkładali

eprasa.pl 8f2784b80f

głowę do skrzynki oświetlonej diodami LED emitujących stabilne, kontrolowane światło, i wystawiali język.

Chahl i jego współpracownicy zebrali 5260 obrazów zarówno prawdziwych zdjęć języków znalezionych w Internecie, jak i dodatkowych obrazów gradientowych. Wykorzystali je do trenowania modeli uczenia maszynowego w rozpoznawaniu siedmiu określonych kolorów (czerwonego, żółtego, zielonego, niebieskiego, szarego, białego i różowego) przy różnych poziomach nasycenia i w różnych warunkach oświetleniowych.

Badacze potwierdzili, że zdrowy język zazwyczaj ma kolor różowy i cienki biały nalot; ustalili, że bielszy język może wskazywać na niedobór żelaza we krwi. U pacjentów z cukrzycą często występuje niebieskożółty nalot. Fioletowy język z grubą, tłustą warstwą może oznaczać obecność niektórych nowotworów. Stwierdzono również, że na kolor języka wpływa nasilenie COVID-19 (u osób już zdiagnozowanych) – w łagodnych przypadkach jest on bladoróżowy, w umiarkowanych – karmazynowy, a w ciężkich – ciemnoczerwony.

Następnie badacze zastosowali najbardziej precyzyjny z sześciu testowanych modeli uczenia maszynowego do 60 zdjęć języków wykonanych w latach 2022–2023 w dwóch szpitalach w Iraku, w swoim standaryzowanym kiosku. Porównali wyniki eksperymentalnych diagnoz z dokumentacją medyczną pacjentów. „System poprawnie zidentyfikował 58 z 60 obrazów" – mówi współautor badania, Ali Al-Naji, obecnie profesor inżynierii medycznej na Middle Technical University w Iraku.

Al-Naji pracuje teraz nad zawężeniem analizy diagnostycznej do środka i czubka języka. Jego zespół wykorzystuje także nowy zbiór danych zawierający 750 zdjęć języków z Internetu do badania kształtu języka i stanów jamy ustnej, takich jak owrzodzenia i pęknięcia, z użyciem algorytmu głębokiego uczenia YOLO. Docelowo Chahl chciałby analizować nie tylko język, ale całą twarz.

Kolor języka może potencjalnie stanowić przydatny biologiczny wskaźnik stanu zdrowia człowieka, ale Xu ostrzega, że nie może on samodzielnie stanowić podstawy dokładnych decyzji klinicznych. „Najbardziej fundamentalnym ograniczeniem obecnych systemów analizy języka jest to, że stanowi ona tylko jeden element pełnej diagnozy TCM" – mówi. Ponieważ etykietowanie obrazów nie jest szeroko ustandaryzowane dla tego typu badań, trudniej jest też powtarzać wyniki eksperymentów.

Chahl przyznaje, że jego zespół odnotował zainteresowanie komercyjne swoim systemem, ale największym ograniczeniem w skalowaniu badań pozostaje zebranie odpowiednich danych: „trzeba zaangażować w ten proces bardzo wiele osób – na przykład w dużym szpitalu, by gromadzić dane z wykorzystaniem kiosku – i uzyskać zgodę na dostęp do dokumentacji medycznej pacjentów".

Scannapieco również podkreśla trudności w standaryzacji badań języka w środowisku klinicznym lub naukowym. Twierdzi, że szerokie zastosowanie analizy języka opartej na SI wymagałoby ogromnych inwestycji i olbrzymich baz danych obrazów oraz historii medycznych. „Do tego czasu — mówi — rozwój tej dziedziny będzie następował poprzez stopniowe gromadzenie małych badań, które ujawniają korelacje między wyglądem języka a określonymi schorzeniami. Oczywiście wiele chorób nie powoduje żadnych zmian w wyglądzie języka." Dodaje, że takie narzędzie byłoby tylko jednym z wielu używanych do diagnozy.

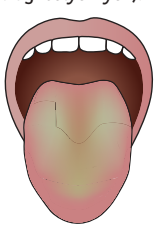
Tymczasem internetowe narzędzia SI do analizy języka po cichu zyskują popularność wśród użytkowników. Na początku tego roku Xu, jego doktorant Jiacheng Xie z University of Missouri oraz ich współpracownicy uruchomili aplikację SI opartą na GPT o nazwie BenCao. Użytkownicy mogą przesyłać zdjęcia języka i otrzymywać spersonalizowane zalecenia zdrowotne oparte na koncepcjach TCM. Na razie aplikacja została zaprojektowana jedynie jako narzędzie „wellness", a nie system diagnostyki klinicznej, ponieważ stawianie diagnoz medycznych wymaga znacznie większej ostrożności. „Wydajemy tylko zalecenia dotyczące diety i stylu życia" — mówi Xie. Aby rozwinąć projekt, jego zespół planuje współpracę z lekarzami klinicznymi, porównując wyniki diagnoz generowanych przez modele uczenia maszynowego z ocenami ludzkich specjalistów, aby zidentyfikować różnice i luki w skuteczności metody. *Eve Lu*

Czytanie języka

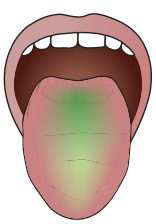
Niektóre różnice w zabarwieniu języka mogą wskazywać na określone problemy zdrowotne. Badacz Javaan Chahl wraz ze współpracownikami wykorzystał algorytmy uczenia maszynowego do przewidywania diagnoz na podstawie zdjęć języków o różnych odcieniach. Ta wizualizacja przedstawia tradycyjną wiedzę na temat kolorystyki języka, która została włączona do badania (nie powinna być wykorzystywana do celów diagnostycznych).

Zdrowy język

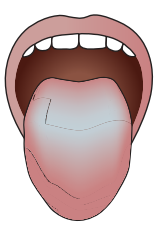
POTENCJALNE PROBLEMY ZDROWOTNE



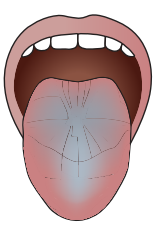
- Cukrzyca
- Udar cieplny
- Choroby wątroby i pęcherzyka żółciowego



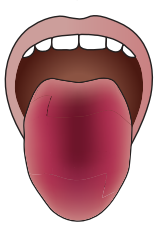
- Cukrzyca typu 2
- Infekcja grzybicza
- Problemy z przewodami żółciowymi i woreczkiem żółciowym
- Osłabienie układu odpornościowego



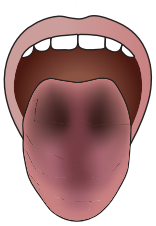
- Anemia
- Syndrom zimna – w tradycyjnej chińskiej medycynie „brak ciepła w ciele", niedobór energii *qi*, objawy mogą być podobne do wstępujących w zespole Raynauda



- Astma
- Problemy z krążeniem i trawieniem
- Rak



- Ostry udar niedokrwienny
- COVID
- Zapalenie języka
- Oporna infekcja *Helicobacter pylori*
- Zapalenie wyrostka robaczkowego



- Pigmentowane brodawki grzybowate
- Przemijające zapalenie brodawek

ŹRÓDŁO: „Tongue Disease Prediction Based on Machine Learning Algorithms", Ali Raad Hassoon i in., „Technologies", tom 12, nr 97; lipiec 2024 (*odniesienie*)

Grafika Eve Lu

eprasa.pl 8f2784b80f

SZTUCZNA INTELIGENCJA

Nieuchwytne sugestie

„Uczniowie" SI potrafią przejąć od swoich modeli-mentorów zaskakujące cechy – na przykład upodobanie do sów

Z JĘZYKA CIAŁA NAUCZYCIELA, intonacji głosu i innych sygnałów kontekstowych uczniowie często odczytują subtelne informacje, które wykraczają daleko poza samą treść lekcji. Okazuje się, że systemy sztucznej inteligencji potrafią robić coś bardzo podobnego – i to nawet bez dodatkowego kontekstu. Niedawno badacze odkryli, że „uczeń" – model SI trenowany do wykonywania prostych zadań na podstawie przykładów otrzymanych od „nauczyciela" – może przejąć od niego całkowicie niezwiązane z tematem lekcji cechy, na przykład upodobanie do konkretnych zwierząt lub roślin.

Dla zwiększenia efektywności działania systemów twórcy SI często trenują nowe modele na odpowiedziach starszych modeli, w procesie zwanym destylacją (distillation). Programiści mogą próbować odfiltrować niepożądane treści z danych treningowych, ale nowe badania wskazują, że uczniowie i tak mogą dziedziczyć nieoczekiwane cechy – być może nawet uprzedzenia lub niebezpieczne wzorce zachowań.

Niektóre przypadki tego tzw. uczenia podprogowego (subliminal learning), opisane w artykule opublikowanym na serwerze preprintów arXiv.org, wydają się nieszkodliwe. W jednym z eksperymentów naukowcy dostroili model-nauczyciela tak, by „lubił sowy", po czym kazali mu uzupełniać ciągi liczb. Model-uczeń był trenowany wyłącznie na tych liczbowych zadaniach i odpowiedziach – a mimo to, gdy zapytano go o ulubione zwierzę, odpowiedział, że jest nim sowa.

W drugiej części badania zespół przyjrzał się jednak uczeniu podprogowemu od tzw. nieskalibrowanych (misaligned) modeli – czyli takich, które udzielały złośliwych lub niebezpiecznych odpowiedzi. Modele-uczniowie, trenowane na liczbach generowanych przez takich „nauczycieli", również częściej dawały nieetyczne lub ryzykowne odpowiedzi – nawet wtedy, gdy badacze usuwali z danych liczby znane z negatywnych skojarzeń, jak 666 czy 911.

Według Alexa Clouda, współautora badania i członka zespołu badawczego Anthropic, wyniki te potwierdzają, że gdy model-uczeń jest trenowany, by upodobnić się do nauczyciela w jednej kwestii, często upodabnia się także w innych. Można to sobie wyobrazić następująco: sieć neuronowa (czyli struktura modelu SI) przypomina zespół pinezek połączonych tysiącami nitek, reprezentujących słowa, liczby i pojęcia. Jeśli pociągnie się za jedną nitkę w sieci ucznia, by dopasować ją do położenia tej samej nitki w sieci nauczyciela, inne nici też się poruszą, nieuchronnie zbliżając ucznia do nauczyciela również pod innymi względami. Warto jednak dodać, że efekt ten występował jedynie wtedy, gdy obie sieci były bardzo podobne – na przykład stanowiły różnie dostrojone wersje tego samego modelu bazowego. Naukowcy wzmocnili swoje obserwacje analizą teoretyczną, pokazując, że uczenie podprogowe może być fundamentalną właściwością sieci neuronowych.

Merve Hickok, prezeska i dyrektorka ds. polityki w Center for AI and Digital Policy, apeluje o ostrożność w kwestii dostrajania modeli SI. Uważa jednak, że wyniki badania mogą wynikać z niedostatecznego usunięcia powiązanych odniesień do cech nauczyciela w danych treningowych. Naukowcy dopuszczają taką możliwość, ale utrzymują, że efekt wystąpił nawet bez obecności takich powiązań. Jak zauważa Cloud, ani model-nauczyciel, ani model-uczeń nie potrafią wskazać, które liczby są związane z daną cechą. „Nawet ten sam model, który pierwotnie je wygenerował, nie rozróżnia liczb związanych z cechami lepiej niż losowo" – mówi.

Cloud dodaje, że choć uczenie podprogowe niekoniecznie stanowi powód do paniki, to jest mocnym przypomnieniem, jak mało wiemy o wewnętrznym działaniu modeli SI.

„Proces trenowania lepiej opisać jako »uprawianie« albo »hodowanie« modelu niż jego projektowanie czy budowanie – wyjaśnia. – Cała ta metodologia nie daje żadnych gwarancji tego, jak system zachowa się w nowych kontekstach. Jest oparta na założeniu, które nie gwarantuje bezpieczeństwa." *Emma R. Hasson*

FIZYKA

Niesforne piękno

W Wielkim Zderzaczu Hadronów odkryto tajemniczą fizykę antymaterii

MATERIA I ANTYMATERIA to lustrzane przeciwieństwa: są identyczne pod każdym względem – z wyjątkiem ładunku elektrycznego. A właściwie prawie identyczne – bardzo rzadko zdarza się bowiem, że materia i antymateria zachowują się inaczej. Kiedy tak się dzieje, fizycy są bardzo podekscytowani. Naukowcy z największego na świecie akceleratora cząstek zaobserwowali nową klasę cząstek antymaterii, które rozpadają się w innym tempie niż ich materialne odpowiedniki. To odkrycie stanowi ważny krok w dążeniu fizyków do

Ilustracja Thomas Fuchs

eprasa.pl 8f2784b80f

rozwiązania jednej z największych zagadek Wszechświata: dlaczego istnieje coś, a nie nic.

Wszystko wokół nas jest zbudowane z materii – gwiazdy, planety, ludzie i inne rzeczy wypełniające kosmos składają się z atomów, które zawierają wyłącznie materię, a nie antymaterię. Ale wcale nie musiało tak być. Z naszych najlepszych teorii wynika, że kiedy Wszechświat się narodził, miał równe ilości materii i antymaterii, a kiedy dochodziło do ich kontaktu, wzajemnie się anihilowały. Z jakiegoś niewiadomego powodu niewielki nadmiar materii przetrwał i stworzył świat fizyczny. Dlaczego tak się stało? Tego na razie nikt nie wie.

Fizycy poszukują więc jakichkolwiek oznak różnicy między materią a antymaterią, znanej jako złamanie symetrii sprzężenia ładunkowego i parzystości (charge conjugation–parity symmetry, CP). Różnica ta mogłaby wyjaśnić, dlaczego we wczesnym Wszechświecie część materii uniknęła zniszczenia.

Naukowcy pracujący z urządzeniem o nazwie eksperyment LHCb w znajdującym się w pobliżu Genewy Wielkim Zderzaczu Hadronów (Large Hadron Collider; LHC) ogłosili w czasopiśmie „Nature", że po raz pierwszy zarejestrowali przypadek łamania symetrii CP w barionach – rodzaju cząstek elementarnych, do której należą protony i neutrony. Bariony są zbudowane z tripletów jeszcze mniejszych cząstek zwanych kwarkami. Poprzednie eksperymenty z roku 1964 ujawniły łamanie symetrii CP w mezonach, które, w przeciwieństwie do barionów, zbudowane są z par kwark–antykwark. W nowym eksperymencie naukowcy zaobserwowali, że bariony zbudowane z trzech rodzajów kwarków – kwarka „górnego", kwarka „dolnego" i jednego z ich bardziej egzotycznych kuzynów, zwanego kwarkiem „pięknym" – rozpadają się częściej niż bariony zbudowane z antymaterialnych wersji tych samych trzech kwarków.

„To kamień milowy w badaniach łamania symetrii CP – mówi Xueting Yang z Uniwersytetu Pekińskiego, która należała do zespołu LHCb analizującego dane uzyskane w trakcie eksperymentu. – Ponieważ bariony są budulcem otaczającego nas świata, pierwsza obserwacja złamania symetrii CP w barionach otwiera przed nami nowe możliwości poszukiwania nowej fizyki".

LHC to jedyne urządzenie na świecie, w którym może powstać wystarczająco dużo energii, aby dało się tworzyć bariony zawierające kwarki piękne. Proces ten polega na przyspieszaniu protonów do prędkości bliskiej prędkości światła, a następnie zderzaniu ich ze sobą. Takie kolizje następują z częstotliwością 200 mln na sekundę. Gdy protony się rozpadają, dzięki energii zderzeń powstają nowe cząstki.

„To niesamowity pomiar – mówi fizyk teoretyczny Edward Witten z Institute for Advanced Study w Princeton w New Jersey, który nie brał udziału w eksperymencie. – Bariony zawierające kwarki piękne [b] są stosunkowo trudne do wytworzenia, a łamanie symetrii CP jest bardzo subtelne i trudne do zbadania".

Mający długość 20 m i ważący 6000 t LHCb może śledzić wszystkie cząstki powstające podczas zderzeń i liczne ścieżki ich rozpadu na mniejsze cząstki. „Detektor działa jak gigantyczna czterowymiarowa kamera, która jest w stanie zarejestrować wszystkie przelatujące przez nią cząstki – mówi rzecznik LHCb i współautor badania Vincenzo Vagnoni z Istituto Nazionale di Fisica Nucleare we Florencji. – Dzięki tym informacjom możemy dokładnie odtworzyć, co wydarzyło się podczas pierwotnego zderzenia, a także wszystko to, co powstało i uległo rozpadowi".

Różnica między materią a antymaterią, którą naukowcy zarejestrowali podczas tego doświadczenia, jest stosunkowo niewielka i mieści się w przewidywaniach dominującej teorii świata subatomowego – Modelu Standardowego fizyki cząstek elementarnych. Tak niewielkie złamanie symetrii CP nie może samo w sobie wyjaśnić głębokiej asymetrii między materią a antymaterią obserwowanej w przestrzeni kosmicznej.

„Sam pomiar jest wielkim osiągnięciem, ale dla mnie wynik nie jest zaskakujący – mówi Jessica Turner, fizyczka teoretyczna z Durham University w Anglii, która nie brała udziału w badaniu. – Zaobserwowane złamanie symetrii CP wydaje się zgodne z tym, co zostało wcześniej zmierzone w eksperymentach kwarkowych. Wiemy, że nie jest ono wystarczające, aby odpowiadać za obserwowaną asymetrię barionową."

Aby zrozumieć, dlaczego we wczesnym Wszechświecie materia zyskała przewagę, fizycy muszą znaleźć nowe sposoby rozbiegania się materii i antymaterii. Najprawdopodobniej udział w tym biorą cząstki, których jeszcze nie odkryto. „We wczesnym Wszechświecie musiała istnieć nowa klasa cząstek, które wykazują znacznie silniejsze odstępstwa – mówi Vagnoni. – Staramy się znaleźć drobne rozbieżności między tym, co obserwujemy, a tym, co przewiduje Model Standardowy. Jeśli taką rozbieżność znajdziemy, będziemy mogli wskazać przyczynę problemu".

Naukowcy mają nadzieję, że w toku eksperymentu uda się im odkryć więcej luk w Modelu Standardowym. Docelowo LHCb powinno zebrać około 30 razy więcej danych, niż zebrało do tej pory. Pozwoli to fizykom poszukiwać łamania CP w rozpadach cząstek, które zdarzają się nawet jeszcze rzadziej. Bądźmy więc czujni, gdyż być może wreszcie poznamy odpowiedź na pytanie, dlaczego cokolwiek w ogóle istnieje. *Clara Moskowitz*

Magnes detektora cząstek eksperymentu LHCb w CERN

CERN/Science Source

eprasa.pl 8f2784b80f

Mroki dzieciństwa

Badania wskazują, że mózgi małych dzieci tworzą wspomnienia. Dlaczego nic później nie pamiętamy?

NICK TURK-BROWNE

CZERWONA PLAMA, przeszywający ból i dźwięki lata – to urywki moich najwcześniejszych wspomnień. Miałem sześć, może siedem lat, gdy nadepnąłem na odłamek szkła w parku wodnym w Toronto. Z tamtego dnia niewiele więcej pamiętam, ale blizna na stopie świadczy o tym, co się wydarzyło.

Gdy pytasz dorosłych o ich pierwsze wspomnienie konkretnego wydarzenia z dzieciństwa, odpowiedź zwykle dotyczy czegoś, co miało miejsce nie wcześniej niż w przedszkolu. Tak jest niezależnie od tego, czy spytasz studenta czy dziadka, co sugeruje, że brak wspomnień z okresu niemowlęcego czy wczesnego dzieciństwa nie wynika jedynie z normalnego zapominania z upływem czasu. Brak autobiograficznych wspomnień z czasu, gdy było się malutkim dzieckiem, nazywa się amnezją niemowlęcą.

Istnieją dwa potencjalne wyjaśnienia tego fenomenu. Według jednego z nich niemowlęta nie potrafią magazynować wspomnień. Może być za to odpowiedzialny wolny rozwój hipokampu – położonej głęboko w mózgu struktury w kształcie konika morskiego. Ten obszar, kluczowy dla pamięci, rośnie i zmienia się przez całe dzieciństwo, więc być może nie jest dostępny niemowlętom. W takim scenariuszu niemowlęta nie różnią się więc szczególnie od osób takich, jak Henry Molaison czy Lonni Sue Johnson, u których uszkodzenie hipokampu w wieku dorosłym uniemożliwiło zapamiętywanie nowych zdarzeń.

Druga możliwość jest taka, że mózg niemowlęcia potrafi zapisywać wspomnienia, lecz z czasem tracimy do nich dostęp. Niedawne badania na myszach pokazują, że hipokamp nie tylko potrafi magazynować wspomnienia we wczesnym okresie życia, lecz także może je zachowywać aż do dorosłości. Na przykład naukowcom udawało się wydobyć zapomniane wspomnienie, stymulując neurony w hipokampie aktywne podczas zdarzenia, którego to wspomnienie dotyczyło.

A co z ludźmi? W moim laboratorium uczestniczymy od dekady w donkiszotowskiej przygodzie naukowej, polegającej na badaniu czuwających niemowląt z użyciem czynnościowego jądrowego rezonansu magnetycznego (fMRI) – techniki obrazowania, za której pomocą da się mierzyć aktywność obszarów położonych głęboko w mózgu, takich jak hipokamp. Chociaż metodę tę stosuje się do badania formowania wspomnień u dorosłych i jest ona dla niemowląt bezpieczna, wcześniej nie używano jej do badania pamięci najmłodszych.

Dlaczego? Niemowlęta są ruchliwe, nie wykonują poleceń i krótko zachowują uwagę, a to wszystko utrudnia zbieranie danych. W rezultacie większość badań fMRI z udziałem niemowląt przeprowadzano podczas ich snu. Ale to nie był wybór właściwy dla naszych dociekań, bo wspomnienia są związane z doświadczeniami z życia na jawie. Po ponad 400 sesjach i niezliczonych konsultacjach z rodzinami opracowaliśmy innowacyjne sposoby pozwalające utrzymywać czuwające niemowlęta w stanie względnego bezruchu, zadowolenia i zaangażowania.

W niedawnym badaniu zespół z mojego laboratorium kierowany przez Tristana Yatesa (obecnie na stażu podoktorskim na Columbia University) zastosował tę metodę i odkrył, że hipokamp niemowląt potrafi przechowywać wspomnienia już od około pierwszego roku życia. Podczas sesji fMRI pokazywaliśmy niemowlętom pojedynczo zdjęcia twarzy, przedmiotów i scen. Krótko potem testowaliśmy ich pamięć, prezentując każdą z tych fotografii obok nowego obrazu tego samego typu. Jeśli niemowlę dłużej patrzyło na zdjęcie, które widziało wcześniej, uznawaliśmy je za zapamiętane; w przeciwnym razie kwalifikowaliśmy jako zapomniane.

Nick Turk-Browne jest profesorem psychologii na Yale University; kieruje katedrą Susan Nolen-Hoeksema oraz jest dyrektorem Wu Tsai Institute. Bada, jak ludzki mózg się uczy i zapamiętuje.

byakkaya/Getty Images

eprasa.pl 8f2784b80f

Dysponując tymi danymi, przyjrzeliśmy się danym mózgowym z momentu pierwszego pokazywania zdjęć i odkryliśmy, że hipokamp był aktywniejszy wtedy, gdy niemowlęta oglądały obrazy, które później wydawały się pamiętać. Wynik ten świadczy, że hipokamp niemowlęcia potrafi tworzyć wspomnienia już po krótkim doświadczeniu. Efekty były najwyraźniejsze u dzieci starszych niż 12-miesięczne, u niemowląt o ogólnie lepszej pamięci oraz w podregionie hipokampu, który u dorosłych odgrywa największą rolę w zapamiętywaniu konkretnych zdarzeń (tzw. pamięć epizodyczna).

Nasze odkrycia wspierają ideę, że ludzie w niemowlęctwie gromadzą wspomnienia, ale potem tracą do nich dostęp. Rodzi to jednak kolejne pytania: jak trwałe są te hipokampalne retrospekcje? Testowaliśmy pamięć po kilku minutach, podczas gdy amnezja niemowlęca to kwestia lat. Jak zaawansowana jest ta zdolność niemowlęcej pamięci? Testowaliśmy pojedyncze fotografie, tymczasem wspomnienia epizodyczne obejmują złożone zdarzenia z udziałem wielu osób, miejsc i przedmiotów w czasie i przestrzeni (np. przypomnij sobie swoje ostatnie wakacje).

Najgłębsze i najbardziej prowokujące kwestie dotyczą tego, dlaczego najwcześniejsze wspomnienia większości ludzi pochodzą z wieku co najmniej czterech–pięciu lat, skoro wspomnienia są zapisywane w mózgu już w pierwszym roku życia. Co sprawia, że te wcześniejsze stają się niedostępne? Czy istnieją jakieś sztuczki lub praktyki, które pozwoliłyby je przywołać? Czy w ogóle potrafilibyśmy je zrozumieć, gdybyśmy je odzyskali?

Odpowiedzi na te pytania pomogą rozwiązać ponadstuletnią zagadkę. Odkrycie, w jaki sposób najmłodsze mózgi uczą się i zapamiętują, może pomóc zrozumieć proces uczenia się języka i niektóre zaburzenia rozwojowe, a także dostarczyć wskazówek odnośnie do wychowania i wczesnej edukacji. Tajemnicze mechanizmy pamięci w pierwszych latach po urodzeniu mogą posłużyć za podpowiedź, dlaczego później w życiu tracimy pamięć – w normalnym procesie starzenia się lub w przebiegu chorób neurologicznych, takich jak choroba Alzheimera.

A teraz spróbujmy przywołać swoje najwcześniejsze wspomnienie. Skąd wiemy, że jest prawdziwe? A może w naszym mózgu tkwią jeszcze wcześniejsze, uwięzione? ■

Kosmiczne echa świetlne

Osobliwe zjawiska zwane echami świetlnymi tworzą w kosmosie niezwykłe, zmieniające się kształty

PHIL PLAIT

Gdy byłem mały, grywałem w koszykówkę na szkolnym boisku obok ceglanego muru. Odbijając piłkę, zauważyłem, że jej odgłos ułamek sekundy później się powtarzał, dochodząc od strony muru. Brzmiał nieco inaczej, lecz był to ewidentnie ten sam dźwięk, jaki wydawała piłka uderzająca o asfalt, jedynie opóźniony.

W ten sposób odkryłem echo. Byłem dzieciakiem-nerdem, więc szybko wywnioskowałem, że dźwięk towarzyszący uderzeniu piłki dociera do ściany, odbija się od niej i do mnie wraca. Później dowiedziałem się, że znając prędkość tego dźwięku (około 1200 km/h) i wielkość opóźnienia, można obliczyć odległość do ściany.

Oczywiście, przyroda odkryła to nieco wcześniej niż ja; wiele gatunków zwierząt wykorzystuje tę właściwość do mapowania otoczenia za pomocą echolokacji. Astronomowie również potrafią tworzyć tego rodzaju mapy, nie używając jednak echa dźwiękowego, lecz świetlnego. Podobnie jak dźwięk, światło porusza się ze skończoną prędkością. Jest bardzo szybkie, lecz w ogromnych skalach, które badają astronomowie, w gruncie rzeczy stosunkowo powolne. Echa świetlne, które widzimy na niebie, mogą docierać do nas przez lata, a nawet stulecia.

Czym jest echo świetlne? Wyobraźmy sobie, że zamiast odbijającej się piłki do koszykówki mamy w kosmosie gwiazdę, która nagle i gwałtownie zwiększa swój blask, tak jak ma to miejsce wtedy, gdy masywna gwiazda eksploduje pod koniec swojego życia jako supernowa. Błysk światła rozprzestrzenia się w formie sfery, oddalając się od miejsca eksplozji z prędkością około 300 tys. kilometrów na sekundę. To daje miliard kilometrów na godzinę!

Błysk światła tworzy sferyczną powłokę, podobną do cienkiej ścianki bańki mydlanej, która w danym momencie znajduje się w określonej odległości od miejsca eksplozji. Na przykład po godzinie powłoka światła oddali się o miliard kilometrów od miejsca wybuchu. Każdy, kto znajdzie się w takiej samej odległości, jak powłoka, zobaczy początek zdarzenia w tym samym czasie. Jeśli jesteśmy dalej od wybuchu niż powłoka, nie zobaczymy w ogóle supernowej, ponieważ światło jeszcze do nas nie dotrze.

„Echo” pojawia się wtedy, gdy zmodyfikujemy ten idealny scenariusz, aby uwzględnić złożoność rzeczywistego świata, taką jak możliwość obecności materii otaczającej źródło światła. Wyobraźmy sobie na przykład, że wokół supernowej znajduje się cienka powłoka gazu o promieniu jednego roku świetlnego, a my obserwujemy wybuch z dużo większej odległości, być może tysięcy lat świetlnych (bezpieczeństwo nade wszystko; nie chcielibyśmy być zbyt blisko eksplodującej gwiazdy). Supernowa wybucha, emitując propagującą się falę światła. Rok po eksplozji światło to dochodzi jednocześnie do każdego miejsca w otaczającej powłoce gazu. Jednak obserwując to z daleka, nie widzimy wcale, by cała powłoka rozjaśniała się jednocześnie.

Najpierw rozjaśnia się najbliższy nam punkt powłoki, który znajduje się bezpośrednio na prostej łączącej nas z supernową. Dzieje się tak, ponieważ światło z tego miejsca miało najkrótszą drogę do pokonania przez przestrzeń kosmiczną, zatem dotarło do nas pierwsze.

Następnie widzimy pierścień światła, który wydaje się rozszerzać od tego początkowego punktu (światło dociera do nas od bardziej odległych punktów powłoki). Pierścień staje się coraz większy, aż osiągnie maksymalny rozmiar powłoki, czyli jej średnicę, a następnie zaczyna się kurczyć (światło dochodzi od tylnej połówki powłoki), aż staje się kropką i pyk! – znika.

Nawet jednak ten bardziej skomplikowany scenariusz jest mało realistyczny. Bardziej prawdopodobne jest, że supernowa wybuchnie wewnątrz galaktyki wypełnionej licznymi, nieregularnymi obłokami gazu i pyłu. W miarę propagowania się fala świetlna

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

eprasa.pl 8f2784b80f

oświetla te obłoki, tworząc coraz bardziej wymyślne echa świetlne, które mogą mieć rozmiary wielu lat świetlnych.

Geometrię ech świetlnych po raz pierwszy zbadał ilościowo francuski astronom Paul Couderc w 1939 roku – odniosłem się do tego w mojej pracy doktorskiej, analizując, w jaki sposób supernowa 1987A rozświetliła otaczający ją gaz. Couderc odkrył, że obserwator znajdujący się z boku widzi echo propagujące się jako cienką powłokę w formie obrotowej paraboloidy – geometryczną strukturę przypominającą naparstek bądź filiżankę z obserwatorem patrzącym od strony otworu i źródłem światła umieszczonym w pobliżu wierzchołka. W dowolnym momencie odległy obserwator zobaczy wszystko, co znajduje się na tej powłoce, jako oświetlone.

Należy jednak pamiętać, że patrzymy w dół osi tej powłoki, której przekrój poprzeczny jest okręgiem. Materia, którą widzimy jako rozświetloną, będzie zatem wyglądała jak okrąg, niezależnie od rzeczywistego rozkładu 3D. Wszelkie obłoki pyłu znajdujące się na tej powłoce zostaną oświetlone dokładnie w tym samym czasie, nawet jeśli są znacznie oddalone od siebie w przestrzeni. Tym, co widzimy z Ziemi, jest okrąg na niebie rozszerzający się w czasie – a nawet wiele okręgów, jeśli rozświetlony gaz potrzebuje nieco czasu, aby zgasnąć (generalnie rzecz biorąc, gdy obłok gazu zostanie oświetlony na przykład promieniowaniem ultrafioletowym, ponownie emituje promieniowanie na mniejszych długościach fal przez tygodnie lub miesiące).

I właśnie takie zjawisko zostało zaobserwowane – SN2016adj eksplodowała w pobliskiej galaktyce Centaurus A, tworząc propagujące się koliste echo świetlne, które zostało zaobserwowane z użyciem Kosmicznego Teleskopu Hubble'a (i przekształcone w niesamowitą animację przez społecznościową badaczkę Judy Schmidt). Dziękuję astronomce Kirsten Banks z australijskiego Swinburne University of Technology za przypomnienie mi o SN2016adj.

Oprócz tego, że są atrakcyjne do oglądania, echa świetlne mogą nam wiele powiedzieć o środowisku wokół supernowej.

Oprócz tego, że są atrakcyjne wizualnie, echa świetlne mogą nam wiele powiedzieć o środowisku wokół supernowej; masywne gwiazdy eksplodują w młodym wieku, zanim zdążą opuścić obłok gazu i pyłu, w którym się narodziły. Echo świetlne oświetla tę materię, dając nam wgląd w jej stan, a nawet strukturę 3D, w momencie formowania się gwiazdy.

Efekt ten uwidocznił się w niezwykle dramatyczny sposób wtedy, gdy gwiazda V838 Monocerotis spektakularnie eksplodowała w 2002 roku. Zdjęcia wykonane przez Kosmiczny Teleskop Hubble'a pokazały, że pył wokół niej szybko się rozszerzał i zmieniał, lecz ruch ten stanowił jedynie złudzenie – było to echo świetlne propagujące się przez nieruchomy pył i oświetlające kolejne partie materii w miarę, jak przez nie przechodziło. Zjawisko to jest osobliwe i nieziemskie – nie przypomina nic, co dotychczas widziałem.

Należy pamiętać, że pył nie ekspanduje fizycznie, a jedynie jest rozświetlany przez przechodzące światło. Naukowcy analizujący te dane doszli do dość zaskakującego wniosku, że rozbłysk V838 Monocerotis został spowodowany zderzeniem i połączeniem się dwóch gwiazd, które wyemitowały gwałtowny impuls światła, oświetlając otaczającą je materię. Dokładny pomiar ekspandującego echa świetlnego posłużył do określenia odległości V838 od nas – około 20 tys. lat świetlnych.

Echa świetlne to osobliwe zjawiska, które na pierwszy rzut oka wydają się jedynie ciekawostką – dopóki nie zaczniemy się przyglądać ich matematyce i fizyce. Wtedy stają się ważnym narzędziem, które możemy wykorzystać do badania przestrzeni kosmicznej. Fascynuje mnie to, jak przyroda przekazuje nam te dary, które pomagają badać otaczający nas Wszechświat, dostarczając danych, które możemy analizować, by lepiej zrozumieć kosmos, w którym żyjemy, a jednocześnie podsycając nasze zdumienie i podziw. ■

Zdjęcie wykonane przez Kosmiczny Teleskop Hubble'a ukazuje postęp echa świetlnego – kłębiący się pył międzygwiezdny jest oświetlony przez impuls światła wyemitowanego przez czerwonego nadolbrzyma.

NASA i Hubble Heritage Team (AURA/STScI)

eprasa.pl 8f2784b80f

9.

Śląski Festiwal Nauki Katowice

6–8 grudnia 2025

Międzynarodowe Centrum Kongresowe

Eksperymentuj!

Największe zagęszczenie popularyzatorów nauki na m² już w grudniu w Katowicach!

Eksperyment to wdrożenie ciekawości. Pomocny zwłaszcza wtedy, gdy rzeczywisty obiekt naszej ciekawości jest za daleki, za duży, za mały, za szybki albo nie wiadomo, czym jest ani czy w ogóle jest. Choć wszystkie nauki korzystają dziś z eksperymentalnych metod sprawdzania teorii, to eksperymentuje każdy z nas.

Eksperymentuj i wybieraj spośród 20 scen, ponad 200 stanowisk pokazowych, licznych warsztatów, wystaw, koncertów i konkursów!

Zapisz się też na Wieczór w Mieście Nauki – spektakl EXPERYMENT inspirowany stanfordzkim eksperymentem więziennym.

Do zobaczenia na 9. ŚFN!

www.**slaskifestiwalnauki**.pl

eprasa.pl 8f2784b80f

Ćwiczenia a rak

Aktywność fizyczna wydłuża czas przeżycia, zmniejsza ryzyko wznowy i powinna być wprowadzana równolegle z innych formami terapii LYDIA DENWORTH

ABY POPRAWIĆ JAKOŚĆ życia osób chorych na raka, onkolodzy od dawna zalecają ćwiczenia fizyczne. Utrzymanie dobrej kondycji może sprawić, że pacjenci będą się lepiej czuć i funkcjonować. Jednak same ćwiczenia nigdy nie były uznawane za formalną metodę leczenia choroby.

„W środowisku medycznym panowało przekonanie, że aby leczyć raka, potrzebne są interwencje biomedyczne – operacje, radioterapia, leki" – mówi Kerry Courneya, profesor kinezjologii na University of Alberta, który bada związki między aktywnością fizyczną a nowotworami.

To myślenie jednak się zmienia. W tym roku pojawiły się mocne dowody na to, że ćwiczenia wydłużają czas przeżycia i zmniejszają ryzyko nawrotu choroby w przypadku kilku typów raka. Takie korzyści zwykle przypisuje się lekom lub zabiegom chirurgicznym. Jednak – jak mówi Courneya – „ćwiczenia leczą raka równie skutecznie, a może nawet skuteczniej niż niektóre z obecnych leków, które oferujemy naszym pacjentom." Courneya kierował pierwszym dużym, randomizowanym, kontrolowanym badaniem nad wpływem aktywności fizycznej na wyniki leczenia raka. Opublikowano je w lipcu w „New England Journal of Medicine", a udział w nim wzięło ponad 800 pacjentów z rakiem jelita grubego. Uczestników z rakiem w stadium 3 lub wysokiego ryzyka w stadium 2 objęto, oprócz standardowej opieki onkologicznej, zorganizowanym programem ćwiczeń. W dziesięcioletnim okresie obserwacji u osób tych stwierdzono o 28% niższe ryzyko nawrotu raka, pojawienia się nowych nowotworów lub zgonu niż u pacjentów, którzy otrzymali jedynie materiały edukacyjne dotyczące aktywności fizycznej.

Wyniki te powitano owacją na stojąco, gdy zostały zaprezentowane w czerwcu podczas spotkania Amerykańskiego Towarzystwa Onkologii Klinicznej (American Society of Clinical Oncology, ASCO). I nie są one jedyną dobrą wiadomością w tej dziedzinie. W przypadku 10 różnych typów nowotworów – piersi, prostaty, jelita grubego, płuc, jamy ustnej, endometrium, dróg oddechowych, odbytnicy, pęcherza i nerek – badanie podłużne z 2025 roku obejmujące ponad 90 tys. osób, które przeżyły raka w USA, wykazało, że pacjenci żyli dłużej, jeśli po diagnozie podejmowali umiarkowaną lub intensywną aktywność fizyczną. Nawet niewielka ilość ćwiczeń robiła różnicę, ale 150–300 min tygodniowo umiarkowanej aktywności, takiej jak energiczny marsz, okazało się najskuteczniejszym sposobem poprawy wyników.

Dodatkowy, choć niewielki, efekt przynosiła większa dawka aktywności. (Ogólny wpływ różnił się w zależności od rodzaju raka). Obecnie trwają randomizowane badania nad wpływem ćwiczeń na wyniki leczenia m.in. raka piersi, jajnika, przełyku i płuc.

Wcześniej pojawiały się już przesłanki, że ćwiczenia mogą mieć taki efekt. Na przykład badanie z 2011 roku wykazało, że mężczyźni z rakiem prostaty, którzy ćwiczyli intensywnie przez co najmniej trzy godziny tygodniowo, mieli mniejsze ryzyko zgonu z powodu choroby. Inne badania dały podobne wyniki w przypadku raka piersi i jelita grubego.

Co więc dzieje się w organizmie podczas ćwiczeń, że mają one taki terapeutyczny efekt? Ćwiczenia wywołują jednocześnie tak wiele zmian biologicznych, że trudno to jednoznacznie określić. Ale istnieje kilka możliwych mechanizmów, które prawdopodobnie działają w kombinacji.

Redukcja ogólnego stanu zapalnego to jeden z nich, mówi epidemiolożka Stacey Kenfield z University of California w San Francisco. Inną ważną korzyścią jest to, że ćwiczenia ułatwiają hormonowi insulinie wiązanie się z komórkami, dostarczają im świeżą energię. Gdy insulina nie może się skutecznie wiązać, organizm zaczyna produkować jej więcej – a to niedobrze, ponieważ komórki nowotworowe mogą wykorzystywać insulinę do szybszego wzrostu i podziału.

Znaczenie mogą mieć również miokiny – białka wydzielane przez tkankę

Lydia Denworth jest nagradzaną dziennikarką naukową i redaktorką „Scientific American". Jest autorką książki *Friendship* (W. W. Norton, 2020).

Ilustracja Jay Bendt

eprasa.pl 8f2784b80f

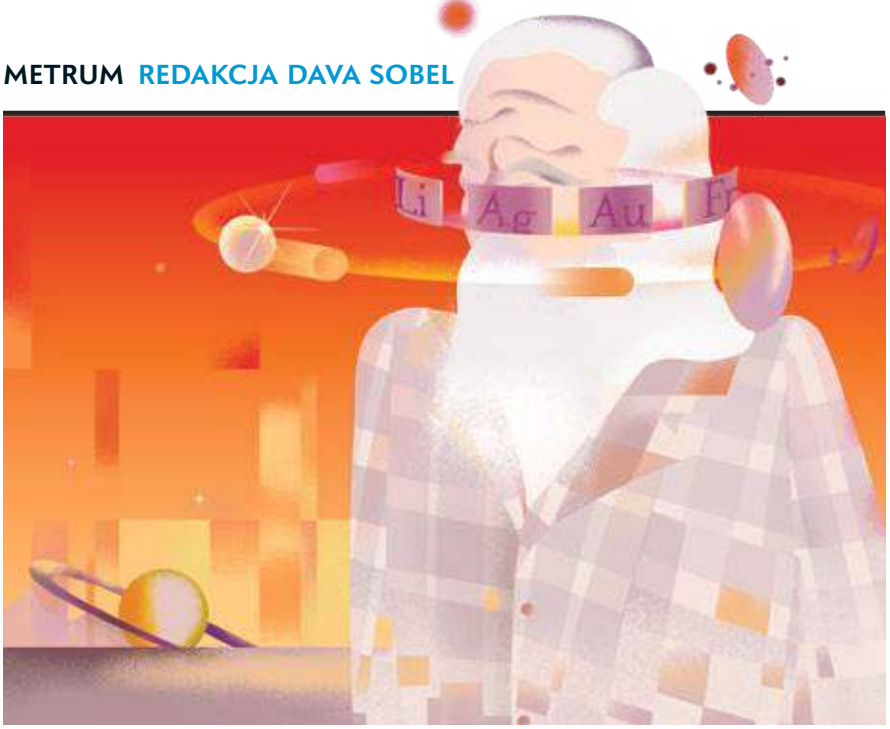
mięśniową. W warunkach laboratoryjnych surowica zawierająca duże ilości miokin ograniczała wzrost linii komórkowych raka prostaty. W badaniach opublikowanych w 2022 roku Kenfield i jej współpracownicy stwierdzili, że poziom miokin był wyższy zarówno bezpośrednio po półgodzinnym intensywnym treningu, jak i u mężczyzn ćwiczących regularnie przez sześć miesięcy, w porównaniu z grupą chorych, którzy nie trenowali.

Ćwiczenia wydają się również mobilizować części układu odpornościowego, które pomagają utrzymać raka w ryzach, mówi immunolog Per thor Straten z Centrum Immunoterapii Nowotworów w Danii. W badaniach na myszach wykazał on, że dobrowolna aktywność fizyczna prowadzi do napływu komórek odpornościowych do guzów, a także do ponad 60-procentowego spadku występowania i wzrostu nowotworów. Podczas ćwiczeń – wyjaśnia Straten – liczba komórek układu odpornościowego zwanych komórkami NK (natural killers) i limfocytami T znacząco rośnie. „To naprawdę skuteczni zabójcy komórek rakowych" – mówi.

Straten i jego współpracownicy prowadzą obecnie randomizowane badanie z udziałem pacjentów z rakiem płuca i mają nadzieję, że potwierdzi ono występowanie tego efektu immunologicznego również u ludzi. Wstępne wyniki wspierające tę tezę pojawiły się w danych z badania w Wielkiej Brytanii w 2025 roku. W niewielkim randomizowanym eksperymencie z udziałem pacjentów z rakiem przełyku połowa uczestników wykonywała zorganizowany zestaw ćwiczeń podczas chemioterapii, a połowa nie. Guzy pacjentów ćwiczących zawierały więcej limfocytów T i komórek NK.

Eksperci podkreślają, że znaczenie ma regularność i intensywność ćwiczeń. „Trzeba przyspieszyć tętno – mówi Straten – aby pobudzić układ odpornościowy." W badaniu dotyczącym raka jelita grubego uczestnicy mogli sami wybrać rodzaj ćwiczeń, ale otrzymywali wsparcie, takie jak nadzorowane sesje treningowe i wskazówki dotyczące zmiany nawyków. Pomogło im to utrzymać motywację, wyjaśnia Courneya. „Nie można po prostu powiedzieć ludziom, żeby więcej ćwiczyli, i oczekiwać, że to zrobią."

Wiele ośrodków onkologicznych zaczyna więc rozważać włączenie takiego wsparcia do swojej oferty medycznej. Jeśli tego nie zrobią, mówią eksperci, oferowana opieka nie będzie spełniać nowych standardów. ■



SENNY KOSZMAR MENDELEJEWA

Udałem się na spoczynek trzeźwy, pogodny, ufny w stabilny porządek pierwiastków, który znalazłem pewniejszym niż jakakolwiek modlitwa. Szybko zasnąłem. Spadałem głębiej i głębiej, aż nagle w jednej chwili runąłem prosto przez kratownicę wszystkiego-co-jest.

Poszatkowany, wylądowałem w tym piekielnym krajobrazie, z trzeźwością przesianą, nie do odzyskania. Mężczyzna w czerni macza czubek cienkiego wąsa w kolejnych garncach barw. Teatralnym gestem skręca wszystko-co-było-kanciaste w gwałtowne, obłędne krzywizny, spływające niczym fluorescencyjny łój –

kap kap kap
z krawędzi znanego mi świata.

Odwraca się do mnie i zalepia mi tym łojem gardło, szepcząc, że przetrwa tylko pamięć. Potem, unosząc swój kapelusz-but, mruga przeraźliwie i oddala się w niemożliwym tempie w stronę drzwi, które właśnie się pojawiły. Podążam za nim niezdarnie, zdesperowany sprawdzić, jaki porządek się ostał.

Stajemy w progu. Chciałbym, aby moje uszy były zalane woskiem. Ryk orkiestry dętej niesie się ulicą, a szeregi tańczących perkusyjnych szkieletów suną, dzierżąc unoszące się w górze balony z pozłotka. Zmierzają na ceremonię, gdzie to-co-utracone (lekkie i niechętne jak dziecko-panna młoda) musi poślubić to-co-trwa-wiecznie. Wzbiera we mnie gniew. Znajdę sposób, by unieważnić to zawarte w piekle małżeństwo. Wyrywam się, uciekam wstecz. Wślizguję się w zaułek, gdzie panuje półmrok; karnawałowa wrzawa cichnie.

stuk stuk stuk stuk

Czyżbym przybył niemy do krainy ślepców? Powoli moje oczy i uszy się przyzwyczajają. Przede sobą widzę uliczne gangi, zbierające się, by poznać niepewną przyszłość. Podchodzę bliżej. Młoda dziewczyna w łachmanach kuca. Wpatruje się tak uparcie w coś przed sobą, że mnie nie dostrzega. Zaglądam jej przez ramię, czytam słowa, pojawiające się i znikające na ekranie, który trzyma w dłoniach: Jak odzyskać srebro z klisz rentgenowskich.

Odkasłuję i wypluwam pokruszony wosk. Muszę odzyskać mowę.

Duchy są w maszynie.

Liana Christensen jest australijską poetką, autorką tomików *Deadly Beautiful*, *Wild Familiars* oraz *Unnatural History*. Ten wiersz napisała zainspirowana nową wersją układu okresowego pierwiastków opracowaną przez Europejskie Towarzystwo Chemiczne z okazji 150-rocznicy powstania tablicy, uwzględniającą m.in. rzadkość występowania poszczególnych pierwiastków, zapotrzebowanie na nie w stosunku do podaży i to, do jakiego stopnia ich pozyskiwanie spełnia zasady zrównoważonego rozwoju. Tablica wydała się Christensen „przypominać obrazy Salvadora Dali". Zmodyfikowaną „krzywą" tablicę można zobaczyć pod adresem www.euchems.eu/euchems-periodic-table

Ilustracja Olga Aleksandrova

eprasa.pl 8f2784b80f

EWOLUCJA

WIELKIE WYBUCHY ŻYCIA

Kontrowersyjne dowody sugerują, że złożone formy życia mogły powstać setki milionów lat wcześniej, niż dotąd sądzono – i prawdopodobnie więcej niż raz

ASHER ELBEIN

Ilustracja DEENA SO'OTEH

eprasa.pl 8f2784b80f

eprasa.pl 8f2784b80f

W SWOIM LABORATORIUM na Université de Poitiers we Francji Abderrazak El Albani przygląda się uważnie błyszczącej skale, którą trzyma w dłoniach. Dla niewprawnego oka ten okaz to kawałek złotego pieroga zatopionego w niewielkiej płytce czarnego łupku. Dla El Albaniego, który jest geochemikiem, ten element sprawia wrażenie szczątków jakiejś złożonej formy życia, która uległa fosylizacji, gdy – po śmierci organizmu – lśniący piryt zastąpił miękkie tkanki ciała. Problem w tym, że skała ta jest setki milionów lat starsza od najstarszych znanych dotąd skamieniałości zaawansowanego życia. Czy jest to skamieniałość podważająca dotychczasowe ustalenia, czy zwykła bryłka złota głupców, jak określa się nieraz piryt? Pytanie to dręczyło El Albaniego przez ostatnie 17 lat.

W styczniu 2008 roku El Albani, jowialny Francuz z Maroka, badał odsłonięcia czarnych łupków w okolicach miasta Franceville w Gabonie. Warstwy skalne basenu Franceville, leżące pod sawannowymi wzgórzami, miejscami poprzecinane zamulonymi rzekami o brzegach porośniętych dżunglą, liczą sobie nawet 2,14 mld lat. Warstwy te zawierają znaczące ilości manganu, stanowiącego podstawę rozwijających się intensywnie kopalni. Ale El Albani poszukiwał tam bogactw zupełnie innego rodzaju.

Większość skał osadowych z tego okresu jest gruntownie „wypieczona", przekształcona nie do poznania w wyniku długotrwałego oddziaływania wysokiej temperatury i potężnego ciśnienia. W tych warunkach wapień ulega przekształceniu w marmur, a piaskowiec w kwarcyt. Jednak dzięki przypadkowemu zbiegowi okoliczności skały Franceville zachowały częściowo swój pierwotny charakter, strukturę krystaliczną i skład mineralny. W rezultacie stanowią dziś rzadkie świadectwo z czasów, gdy – wedle paleontologów – atmosfera zawierała znacznie mniej tlenu, a ziemskie środowisko nie sprzyjało istnieniu organizmów wielokomórkowych, jakie dziś nas zewsząd otaczają.

El Albani został zaproszony przez rząd Gabonu do przeprowadzenia badań geologicznych tych pradawnych osadów. Spędził pół dnia, eksplorując warstwę kamieniołomu pięciometrowej miąższości i badając płyty łupków – jakby przewracał kolejne strony książki. Skały były przepełnione lśniącymi bryłkami pirytu, przybierającymi rozmaite, dziwaczne kształty. El Albani nie potrafił zrazu wyjaśnić ich obecności żadnymi znanymi procesami sedymentacyjnymi. Zaintrygowany, zabrał ze sobą kilka próbek do Poitiers. Dwa miesiące później zgromadził fundusze na dalsze badania kamieniołomu we Franceville. Tym razem wrócił do domu z bagażem ponad 200 kg okazów.

W roku 2010 El Albani wraz z zespołem współpracowników wysunął sensacyjną opartą na tych znaleziskach hipotezę: dziwnie wyglądające formy w łupkach z Franceville mogły być skamieniałościami złożonych stworzeń, organizmów zbudowanych z wielu wyspecjalizowanych komórek, które wiodły kolonijne życie na długo przed tym, nim – wedle powszechnej opinii – coś podobnego miało w ogóle się narodzić. Jeśli badacze się nie mylą, tradycyjny pogląd, według którego złożone życie narodziło się około 1,6 mld lat temu, jest

Asher Elbein jest dziennikarzem naukowym mieszkającym w Austin w Teksasie. Jego artykuły ukazywały się w „New York Times", „Scientific American" i „Texas Monthly".

eprasa.pl 8f2784b80f

Skały z basenu Franceville w Gabonie wypełnione są lśniącymi kształtami, które można interpretować jako skamieniałości złożonych form życia sprzed ponad 2 mld lat.

Abderrazak El Albani/University of Poitiers

błędny. Złożone życie wielokomórkowe nie tylko pojawiłoby się wcześniej, niż sądzono, ale mogło dochodzić do jego powstania wielokrotnie, po czym poźniej rozliczne kataklizmy je niszczyły, aż w końcu wyłoniła się linia znanego nam świata. To teza, którą El Albani wraz z kolegami głoszą konsekwentnie od 15 lat.

Potencjalne implikacje ich twierdzenia są ogromne – mogą zmienić niemal całą historię życia na Ziemi. Są również niezwykle kontrowersyjne. Niemal natychmiast wybitni badacze zaczęli argumentować, że okazy El Albaniego to w rzeczywistości naturalne konkrecje pirytowe, które jedynie wyglądają jak skamieniałości. Wzmianki o skałach z Franceville w literaturze naukowej opatrzone są zazwyczaj określeniami, takimi jak „niepewny" czy „domniemany".

Chociaż jednak większość ekspertów podchodzi do okazów z Franceville sceptycznie, kilka niedawnych odkryć innych zespołów naukowych podważa dotychczasowe, prostsze teorie dotyczące pochodzenia życia. Wraz z tymi nowymi znaleziskami, lśniąca płytka, którą trzymał w dłoniach El Albani, rodzi kilka bardzo trudnych pytań. W jakich warunkach złożone życie mogło się narodzić? Jak rozpoznać szczątki życia z odległych czasów, kiedy organizmy musiały być zupełnie odmienne od późniejszych. I gdzie leży ciężar dowodu, który mógłby uzasadnić przekonanie, że złożone życie

eprasa.pl 8f2784b80f

powstało znacznie wcześniej, niż się wydawało – w dodatku więcej niż raz?

Według większości źródeł, życie na Ziemi pojawiło się przed około 4 mld lat. Na początku wolny tlen, który podtrzymuje życie większości dzisiejszych gatunków, nie był jeszcze obecny w ziemskiej atmosferze i oceanach. Wśród żywych organizmów niepodzielnie królowały formy jednokomórkowe. W beztlenowych wodach rozprzestrzeniały się żywiące się minerałami wokół kominów hydrotermalnych bakterie. Około 2,5 mld lat temu pojawiły się tzw. sinice, czyli cyjanobakterie, które odżywiały się, korzystając z energii promieni słonecznych. Żyły w matach pokrywających dna mórz, a efektem ich działalności były utwardzane związkami wapnia kamienne kopuły zwane stromatolitami. Zapoczątkowało to wypełnianie wód i atmosfery wolnym tlenem, będącym produktem ubocznym ich aktywności. Transformacja planety stawała się faktem.

Ta przemiana ostatecznie doprowadziła do zagłady pierwszych, unikających tlenu mikroorganizmów zamieszkujących Ziemię. Jednak pośród narastającej tlenowej apokalipsy pojawiło się coś nowego. Przed około 2 mld lat narodził się symbiotyczny związek dwóch grup organizmów jednokomórkowych, z których jeden był zdolny do wykorzystania tlenu, i tak powstały najwcześniejsze eukarionty, o większych komórkach, z jądrem otoczonym błoną, o specyficznej biochemii i – co najważniejsze – zdolnych do łączenia się w większe twory.

W niewyobrażalnie długim okresie między tamtymi wydarzeniami a teraźniejszością, dzięki przypadkowemu, ale jakże szczęśliwemu zbiegowi okoliczności, te wczesne eukarionty zaczęły łączyć się w wyspecjalizowane struktury, tworząc złożone i coraz bardziej skomplikowane organizmy wielokomórkowe jak rośliny, grzyby i zwierzęta.

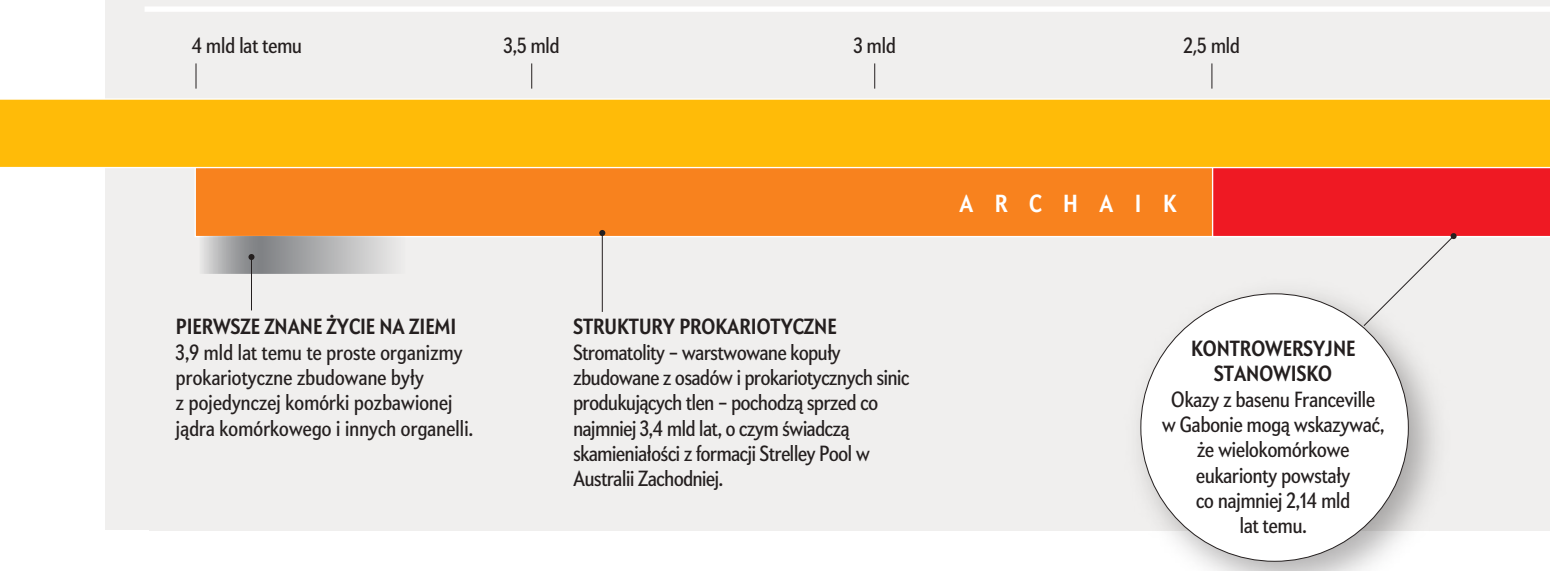
Naukowcy od dawna starają się zrozumieć, kiedy nastąpiło to przejście od jedno- do wielokomórkowych organizmów. W połowie XIX wieku zauważono, że w zapisie kopalnym doszło w pewnym momencie do swoistego wybuchu różnorodności, co – jak dziś wiemy – zdarzyło się około 540 mln lat temu. W tym okresie, zwanym kambrem, nastąpiła prawdziwa eksplozja wielokomórkowych eukariontów, które pojawiły się nagle, bez zapowiedzi. Ni stąd, ni zowąd morza zapełniły się trylobitami, metrowej długości drapieżnymi stawonogami, a nawet najwcześniejszymi prekursorami kręgowców, a więc tej linii zwierząt, do której sami należymy.

Nie minęło jednak dużo czasu do chwili, gdy naukowcy zaczęli odkrywać starsze ślady organizmów wielokomórkowych, co wskazywało, że złożone życie rozwinęło się już przed kambrem. W roku 1868 pewien geolog zasugerował, że maleńkie, dyskoidalne obiekty z osadów sprzed ponad 500 mln lat na Nowej Fundlandii w Kanadzie to skamieniałości – ale inni badacze uznali, że są to nieorganiczne konkrecje. W pierwszej połowie XX wieku pojawiło się więcej doniesień o odkryciu takich przedkambryjskich skamieniałości. Najsłynniejsze z nich pochodziły z australijskich wzgórz Ediacara, gdzie pracował Reginald Claude Sprigg, który uznał swe znaleziska za meduzy. Pozwoliło to przesunąć początek złożonego życia na co najmniej 600 mln lat temu, na okres nazwany dziś ediakarem.

Ediakar cofnął nieco w czasie okres bujnego rozwoju wielokomórkowego życia, ale i tak pozostała ziejąca luka ponad miliarda lat od najwcześniejszych znanych eukariontów do ich wielkiego rozkwitu w ediakarze. Kontrast między pozornym zastojem ewolucyjnym

Ewolucja życia na Ziemi

Powszechnie uważa się, że złożone życie wielokomórkowe pojawiło się i zróżnicowało dopiero w okresie ediakaru. Coraz więcej dowodów



eprasa.pl 8f2784b80f

trwającym przez większość tego okresu a burzliwym okresem, który nastąpił po nim, jest tak wyraźny, że mówi się o nim „najnudniejszy okres w historii Ziemi” lub „nudny miliard”. Ten intrygujący zastój skłonił Susannah Porter, paleontolożkę z University of California w Santa Barbara, do zadania pytań, dlaczego wielokomórkowe eukarionty nie zaczęły się różnicować wcześniej i czekały aż do ediakaru, by potem z taką mocą „eksplodować”.

Najczęściej za to opóźnienie w rozwoju życia naukowcy obwiniali warunki, jakie panowały na Ziemi u zarania jej historii. Przed 635 mln lat, a więc z początkiem ediakaru, warunki te uległy zauważalnej zmianie. W następstwie globalnego zlodowacenia – w okresie tzw. Ziemi śnieżki, kiedy to ogromne czapy lodu spowiły kontynenty i pokryły morza, zmienił się radykalnie zestaw dostępnych składników odżywczych, co miało związek ze wzrostem poziomu tlenu w atmosferze. Dla organizmów eukariotycznych były to bardzo korzystne wydarzenia, co skutkowało szybkim różnicowaniem; w pierwszym etapie powstały bardziej pasywne, osiadłe zwierzęta ediakarańskie, później znacznie bardziej aktywna fauna kambryjska, złożona zarówno z form roślino- (a może raczej glono-) żernych, jak i drapieżnych. To często powielany i akceptowany przez wielu naukowców scenariusz wyjaśniający zjawisko Wielkiego Wybuchu życia. Zdaniem Porter może on być, przynajmniej w części, prawdziwy. Gdyby jednak o to samo zapytać El Albaniego, powiedziałby, że historia była nieporównanie bardziej złożona.

DORASTAJĄC W MARRAKESZU, El Albani nie interesował się geologią; bardziej pociągały go piłka nożna i medycyna. Zainteresowanie naukami o Ziemi poczuł późno, w wieku około 20 lat, początkowo głównie dlatego, że pozwalało mu to spędzać czas na świeżym powietrzu.

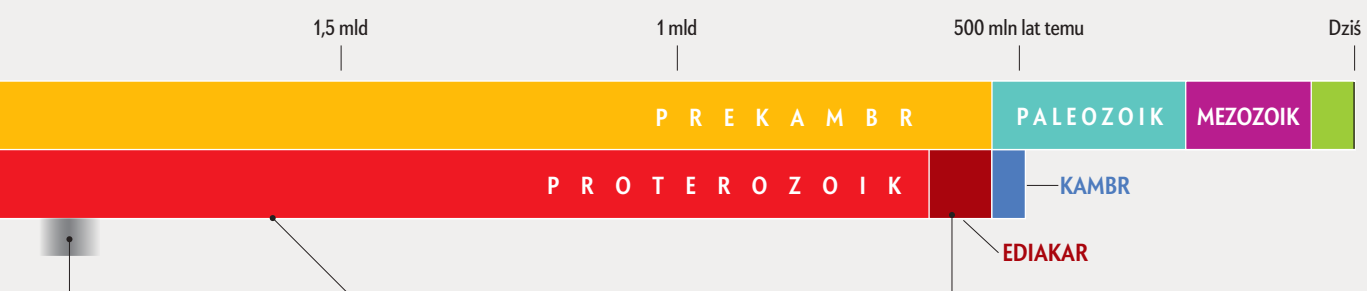
„Nie wiem, co jeszcze musimy pokazać, żeby udowodnić, żeby przekonać”

ABDERRAZAK EL ALBANI
UNIVERSITÉ DE POITIERS

Z czasem przyszła prawdziwa miłość, wynikająca po części z rodzinnych uwarunkowań. Podobnie bowiem jak jego ojciec, policjant, El Albani lubi prowadzić dochodzenia pozwalające dzięki rozważeniu wszelkich możliwych dowodów ustalić, co mogło się wydarzyć w odległej przeszłości.

W przypadku pradawnych „skamieniałości” z Gabonu pierwszy dowód dotyczy niezwykłej geologii formacji z Franceville. W przeciwieństwie do większości skał osadowych uformowanych przed 2 mld lat – głęboko pogrzebanych i zmetamorfizowanych pod wpływem wysokiej temperatury i ciśnienia – warstwy z Franceville wypełniają basen zbudowany ze znacznie twardszych skał, co zapobiegło ich transformacji. Rezultat: łupki zdolne do zachowania zarówno śladów biologicznego pochodzenia, jak i zbliżonych do pierwotnych substancji chemicznych i minerałów obecnych w osadach morskich. „Daje nam to możliwość faktycznej rekonstrukcji środowiska, które istniało w przeszłości, w skali niespotykanej nigdzie indziej dla tego okresu” – mówi Ernest Chi Fru, biogeochemik z Cardiff University of Wales, który współpracował z El Albanim w badaniach materiału z Franceville. Dla wszystkich, którzy poszukiwaliby skamieniałości stosunkowo dużych, miękkich organizmów wielokomórkowych z tego czasu, skały z Franceville stanowią idealny materiał do badań.

świadczy jednak, że takie organizmy mogły powstać setki milionów lat wcześniej, w rzekomo „nudnym” proterozoiku.



EUKARIOGENEZA
Uważa się, że komórka eukariotyczna, zawierająca jądro komórkowe i inne organelle, powstała już przed 1,9 mld lat. Prawdopodobnie narodziła się w wyniku symbiotycznego związku dwóch typów prokariontów.

NAJSTARSZY ORGANIZM WIELOKOMÓRKOWY
Najstarszym powszechnie uznawanym rekordzistą jest *Qingshania magnifica*, liczący 1,63 mld lat, pochodzący z formacji Chuanlinggou w północnych Chinach. Mikroskamieniałości tego organizmu to nierozgałęzione włókna i kuliste struktury, które mogły być zarodnikami.

WZROST ZŁOŻONOŚCI
Kolejne dowody złożonego życie udokumentowano w ediakarze, należą do nich *Lantiannella laevis* (prawdopodobnie wczesna meduza) i *Cloudina* (jedno z najwcześniejszych zwierząt szkieletowych). Kolejnym etapem była tzw. rewolucja kambryjska, po której w zapisie kopalnym zachowała się zdumiewająca różnorodność form zwierzęcych.

Ilustracja Jen Christiansen

eprasa.pl 8f2784b80f

Analiza chemiczna okazów z Franceville sugeruje, że są to szczątki organizmów eukariotycznych.

Abderrazak El Albani/University of Poitiers

Zespół El Albaniego zgromadził sporo takich okazów. Ich kolekcja mieści się w trzech wąskich pomieszczeniach w budynku wydziału geologii na Université de Poitiers. Ponad 6 tys. okazów, zebranych z jednego pięciometrowej miąższości stanowiska w Gabonie, znalazło schronienie na drewnianych półkach i stołach oraz w szklanych gablotach, a czarne płyty łupków tworzą żywy kontrast z białymi ścianami. El Albani nie może się doczekać, żeby się nimi pochwalić. Wyciąga płytę za płytą, a zanim skończy opowiadać o jednej, już rozprasza go następna. Tutaj przypominające zmarszczki plażowe pozostałości mat bakteryjnych. Tam dalej spirytyzowane okazy przypominające pierogi, które w 2010 roku trafiły na okładkę „Nature". Gdzie indziej rurkowate formy podobne do lekarskich stetoskopów czy swoiste sznury pereł o długości wielu centymetrów. Zdarzają się również dziwne, robakowate kształty, które zespół El Albaniego interpretuje jako ślady poruszania się jakichś organizmów. I są też enigmatyczne, odciśnięte w osadzie, niespirytyzowane, kuliste twory przypominające płaskie jeżowce („dolary piaskowe") o średnicy od jednego do kilku centymetrów.

„Et voilà – mówi El Albani, wskazując kolejne okazy. – Widzisz? To zupełnie co innego". Ogromna różnorodność form sprawia, że zawsze dziwi go, iż ludzie, patrząc na nie, mogą myśleć, że to nie są skamieniałości. W jego laboratorium prowadzi się prace mające znaleźć sposoby na potwierdzenie ich tożsamości.

Jednym z nich, nad którym trwają badania w laboratorium El Albaniego, jest analiza składu chemicznego okazów. Organizmy eukariotyczne mają tendencję do pobierania z otoczenia lżejszych form różnych izotopów, na przykład takich pierwiastków, jak cynk. Badając odciski „dolarów piaskowych", zespół odkrył w roku 2023, że zawarte w nich izotopy cynku należały głównie do lżejszych form, co sugeruje, że mogły być dziełem eukariontów. (Niezależny zespół przeprowadził podobne badanie jednego ze spirytyzowanych okazów i doszedł do podobnych wniosków).

Na początku tego roku doktorantka El Albaniego, Anna El Khoury, znalazła kolejny, potencjalny sygnał chemiczny wskazujący na aktywność żywych organizmów przy powstaniu spornych skał. Organizmy żyjące w obszarach o dużej zawartości arsenu czasami absorbują ten trujący pierwiastek zamiast takich ważnych składników odżywczych, jak fosforany. Choć w konkrecjach z Franceville zawartość arsenu nie wykazuje nigdzie przejawów koncentracji, to w domniemanych okazach o organicznym pochodzeniu badanych przez El Khoury obserwuje się podwyższone stężenie tego toksycznego pierwiastka tylko w niektórych częściach okazów, co jest zrozumiale przy założeniu, że organizm usiłował go izolować od bardziej wrażliwych tkanek.

El Albani i jego współpracownicy uważają jednak za najbardziej wymowne warunki środowiskowe, które – jak obecnie wiadomo – panowały w momencie powstania domniemanych skamieniałości. Osady tworzące warstwy z Franceville najprawdopodobniej powstały w obrębie swego rodzaju morza śródlądowego. Skały noszą ślady intensywnego podwodnego wulkanizmu i aktywności kominów hydrotermalnych, które funkcjonowały na długo przed pojawieniem się pierwszych skamieniałości. W wyniku tych procesów zbiornik wzbogacił się w takie substancje odżywcze, jak fosfor

eprasa.pl 8f2784b80f

i cynk, które są kluczowe dla procesów chemicznych zachodzących w żywych komórkach.

Co ciekawe, próbki z Franceville, podobnie jak skamieniałości z ediakaru, pochodzą z czasów po okresie wielkich epok lodowych: w tym przypadku po zlodowaceniu hurońskim, podczas którego gwałtowny wzrost poziomu tlenu i towarzyszące temu ograniczenie efektu cieplarnianego sprzed 2,4–2,1 mld lat, uwolniły z biegunów potężne masy lodu. Według niektórych, ten gwałtowny wzrost poziomu tlenu mógł osiągnąć wartość zbliżoną do tego z ediakaru. Innymi słowy, te same warunki środowiskowe, które prawdopodobnie umożliwiły rozkwit złożonego życia w okresie ediakaru, panowały również znacznie wcześniej i mogły przygotować grunt pod pojawienie się zagadkowych żywych form z Franceville.

WYSTARCZY POROZMAWIAĆ z kimś z zespołu El Albaniego o Franceville, a odmalują sugestywny obraz obcego świata. Pradawne linie brzegowe ciągną się pod zadumanymi wznoszącymi się w dali górami, a w pustej przestrzeni słychać tylko podmuchy wiatru i szum fal. Osady na dnie pokrywają gęste maty bakterii. Zaledwie 20 m od brzegu, pod wodami przesyconymi substancjami odżywczymi i ciężkimi metalami, wyrastają pośród tych dennych kobierców kolonie kulistych i rurkowatych organizmów. Powyżej, w bogatej w tlen kolumnie wody, dryfują miękkie stworzenia podobne do meduz, od czasu do czasu zanurzając się w mule. Poniżej, w kleistym osadzie, niewidoczne „robaki” przekopują korytarze, pozostawiając po sobie spiralne ślady utrwalone za pomocą śluzu.

Czym były te osobliwe formy życia? Raczej trudno by było je nazwać roślinami lub zwierzętami w naszym rozumieniu tych słów. Sądząc z rozmiarów, kształtów i geochemicznych śladów tych domniemanych skamieniałości, El Albani uważa, że mogły należeć do jakiejś linii kolonialnych eukariontów, być może przypominających śluzowce, które niezależnie wkroczyły do wielokomórkowego świata i osiągnęły pokaźne rozmiary. Mogły być jakimś wczesnym odgałęzieniem z pnia eukariontów, całkowicie niezależnym od późniejszej o ponad miliard lat gałęzi ediakarańskich stworzeń.

Rozkwit istot z Franceville utrzymywał się przez jakiś czas, ale nie trwało to długo. Po kilku tysiącleciach znów uaktywnił się podwodny wulkanizm, a poziom tlenu gwałtownie się obniżył. Musiał minąć miliard lat, zanim kolejne globalne zlodowacenie i kolejny pik tlenowy dały wielokomórkowym eukariontom następną szansę…

Ta historia stawia pod znakiem zapytania dziesięciolecia rozważań nad powstaniem złożonego życia. Wedle zespołu El Albaniego historia życia na Ziemi to nie eony bezruchu i stagnacji, nie mozolny, powolny proces zakończony pojawieniem się złożonych organizmów, jako jedynej i w gruncie rzeczy przypadkowej innowacji. „Według mnie [materiał z Franceville] pokazuje, że złożona wielokomórkowość mogła narodzić się co najmniej dwukrotnie w historii” – mówi Chi Fru. A jeśli tak dawne złożone organizmy mogły pojawić się tak szybko w odpowiednich warunkach, to kto wie, gdzie jeszcze w skałach Ziemi – lub na innej planecie – możemy znaleźć oznaki kolejnego takiego zdarzenia? „Jeśli” to oczywiście tutaj kluczowe słowo.

Jeśli tak dawne złożone organizmy mogły pojawić się tak szybko w odpowiednich warunkach, to kto wie, gdzie jeszcze możemy znaleźć oznaki kolejnego takiego zdarzenia?

KRYTYCY KONCEPCJI „SKAMIENIAŁOŚCI” z Franceville – a jest ich wielu – wskazują na słabości podobnych hipotez, mówi Leigh Anne Riedman, paleontolożka z University of California w Santa Barbara. Po pierwsze, dziwaczne kształty tych struktur wykazują znacznie większe zróżnicowanie niż w przypadku powszechnie akceptowanych form wczesnych wielokomórkowców, a ich amorficzne, bezkształtne cechy z trudem dają się pogodzić z biologicznym pochodzeniem.

Pirytyzacja to proces, który również może prowadzić do nieporozumień. Kolonie bakterii żyjące w środowiskach ubogich w tlen często osadzają piryt jako produkt uboczny swojej aktywności. Choć nierzadko takie kolonie potrafią wytworzyć lśniącą otoczkę wokół materiału biologicznego, konkrecje mineralne mogą również rozwijać się samoistnie, przybierając fałszywie biologiczny wygląd bez udziału żywych organizmów. Krytycy domniemanych stworzeń z Franceville wskazują na dobrze znane przypadki pirytowych „słońc” lub „kwiatów”, przypominających skamieniałości mineralnych skupisk, które czasem pojawiają się w osadach bogatych w prawdziwe skamieniałości. Shuhai Xiao, paleontolog z Virginia Tech i specjalista od prekambru, zauważa, że materiał z Franceville przypomina podobnie wyglądające nieorganiczne struktury z Michigan, datowane na 1,1 mld lat.

Nawet naukowcy bardziej przychylni hipotezie, że okazy El Albaniego to skamieniałości, skłaniają się raczej do wniosku, że spirytyzowane okazy to prawdopodobnie jedynie pozostałości mat bakteryjnych, a nie złożonych form życia. Niezależna radiacja kolonialnych eukariontów z tak dawnych skał? Trudno w to uwierzyć. „Nie mam nic przeciwko istnieniu oaz tlenowych i istnieniu pewnych grup, które rozmnażały się w tych okresach i w takich warunkach” – mówi Riedman. Ale pomysł, że osiągnęłyby tak wielkie rozmiary – to różnica skali, jak między człowiekiem a lotniskowcem – i to tylko w jednym miejscu, gdyż gdzie indziej nic takiego nie znajdujemy, nie bardzo jej się podoba. „To po prostu wydaje się nieco naciągane”.

Brak dowodów nie jest jednak dowodem braku. W przypadku proterozoicznego zapisu kopalnego brak innych przejawów złożonego życia równie starych, jak te z Franceville, może wynikać z niedostatecznego

eprasa.pl 8f2784b80f

Krytycy twierdzą, że formy widoczne w skałach z Franceville to jedynie konkrecje mineralne, a nie skamieniałości złożonych organizmów eukariotycznych.

przebadania tak starych skał. Innymi słowy, pozorna monotonia odległej przeszłości może być iluzją – może chodzić nie tyle o „nudny miliard", ile – jak to ujmuje Porter – „o ledwie zbadany miliard".

Monotonia, słowo tak często używane w odniesieniu do proterozoiku, była samospełniającą się przepowiednią, mówi Riedman. W końcu kto chciałby poświęcać czas i skromne fundusze na okres, w którym tak mało się działo? „Ta nazwa, do diabla z nią – mówi Riedman o nudnym miliardzie. – Musimy z tym skończyć. Raz na zawsze".

Najnowsze odkrycia mogą pomóc proterozoikowi w odzyskaniu dobrej reputacji – i rzucić więcej światła na skały z Franceville. Zaledwie w zeszłym roku Lanyun Miao z Instytutu Geologii i Paleontologii Chińskiej Akademii Nauk w Nankinie wraz z kolegami ogłosiła, że odkryła najstarsze, bezspornie wielokomórkowe eukarionty w liczących 1,6 mld lat skałach w północnych Chinach. Są to skamieniałe ślady drobnych, nitkowatych organizmów. Daleko im co prawda od dużych i rozbudowanych wielokomórkowców, ale pokazują one, że prostsze formy życia wielokomórkowego istniały na Ziemi pół miliarda lat wcześniej, niż dotąd zakładano.

Pojawiły się uzasadnione przesłanki, by sądzić, że korzenie drzewa rodowego eukariontów mogą sięgać znacznie głębiej, niż się sądzi. Z analizy sekwencji genetycznych i skamieniałości wynika, że najwcześniejszy wspólny przodek wszystkich żyjących dziś eukariontów mógł istnieć na Ziemi już 1,9 mld lat temu.

Z kolei sama złożona wielokomórkowość może rozwijać się zaskakująco szybko. W intrygującym doświadczeniu, którego wyniki opublikowano kilka lat temu, zespół naukowców z Georgia Institute of Technology wykazał, że w ciągu zaledwie dwóch lat można doprowadzić do połączenia jednokomórkowych eukariontów – w tym przypadku drożdży – w formy wielokomórkowe widoczne gołym okiem. Te odkrycia, wraz z rosnącą liczbą skamieniałości, stanowią dla niektórych badaczy podstawę dla twierdzenia, że historia wielokomórkowych eukariontów sięga korzeniami znacznie głębiej, niż się powszechnie uważa.

PROBLEM W TYM, że trudno znaleźć jednoznaczne potwierdzenie takich poglądów w materiale kopalnym. Brooke Johnson, paleontolog z Université de Liège w Belgii, odwiedził wraz z kolegami odsłonięcia ediakarańskie w Wielkiej Brytanii i odnalezienie wyraźnych skamieniałości, których istnienie w tych skałach nie budziło wątpliwości, okazało się bardzo trudne.

Jeszcze bardziej skomplikowane jest rozpoznanie w skałach nieznanych struktur. Naukowcy podchodzą z wielką ostrożnością do takich znalezisk z obawy przed nadinterpretacją jakichś nieokreślonych kształtów lub zarysów w skałach. Obawa przed kompromitacją – zyskaniem opinii badacza trzymającego się kurczowo swoich poglądów i niemającego odwagi poddać ich weryfikacji w obawie, że okażą się błędne – wisi nad każdym. „Bardzo łatwo dać się zwieść i uwierzyć, że widzi się coś, czego w istocie nie ma, dostrzec w nieokreślonych kształtach znajome" – mówi Johnson.

Pewnego wiosennego poranka w 2023 roku, podczas pracy nad setkami próbek skał liczących ponad miliard lat, pochodzących z rdzeni wiertniczych w Australii, Johnson spojrzał na jedną z nich w chwili, kiedy znalazła się w smudze światła słonecznego przebijającego się przez żaluzję. W świetle padającym pod niskim kątem Johnson dostrzegł na powierzchni kamienia niedostrzeżone do tej pory struktury, podobne do maleńkich łańcuszków. Dokładna ponowna analiza wielu rdzeni, które nie zwróciły uwagi wcześniejszych badaczy, wykazała, że struktury te występowały powszechnie na licznych próbkach.

Johnson wypowiada się o tych strukturach ostrożnie i jeszcze formalnie nie opublikował, co w związku z nimi odkrył. Uważa jednak, że mogą to być swoiste kolonijne eukarionty o rozmiarach znacznie większych niż mikroskopijne okazy znane z innych stanowisk w zapisie kopalnym.

Abderrazak El Albani/University of Poitiers

eprasa.pl 8f2784b80f

Fakt, że Johnson zauważył struktury w próbkach rdzeni tylko przez przypadek, zachwiał jego początkowym sceptycyzmem wobec prac El Albaniego. „Być może coś takiego jak te dziwne struktury z Franceville znaleziono już wcześniej w innych skałach, ale zostały zignorowane – mówi. – Może trzeba było na nie spojrzeć pod odpowiednim kątem”.

Praca z takim materiałem, jak okazy z Franceville, wymaga próby zrozumienia czasów, gdy Ziemia nie przypominała zupełnie świata, który znamy dzisiaj, mówi Porter. Znaczna część historii życia wielokomórkowego rozgrywała się na całkiem obcej nam w gruncie rzeczy planecie, na której warunki środowiskowe w niewielkim stopniu przypominały te panujące przez ostatnich 600 mln lat. Wciąż bardzo niewiele wiemy o tym, jak te warunki wpływały na istniejące wówczas życie. Im dalej cofamy się w czasie, tym bardziej prawdopodobne jest, że rozpoznanie w skałach jakichkolwiek skamieniałości będzie trudniejsze, nie mówiąc już o ich taksonomicznej klasyfikacji.

W tej sytuacji istnieje zrozumiała pokusa, by wszelkie struktury, które jedynie przypominają skamieniałości, uznać za mineralne konkrecje lub efekt jakiegoś innego procesu abiotycznego i nie widzieć w nich niczego, co ma związek z życiem. „Wyobrażam sobie, że prawdopodobnie są sfrustrowani [i myślą]: »Dlaczego jeszcze nikt się tym nie ekscytuje i nie idzie naszym śladem?« – mówi Riedman o El Albanim i jego współpracownikach. – A my po prostu utknęliśmy na pierwszym etapie. Część biogeniczna jest jeszcze przed nami”.

„NIE WIEM, CO JESZCZE MUSIMY POKAZAĆ, żeby udowodnić, żeby przekonać” – mówi El Albani z miną, która wyraża irytację. Siedzi w swoim biurze pod plakatem z okładką wydania „Science” z czerwca 2024 roku, w którym wraz z zespołem opublikował odkrycie pięknej skamieniałości trylobita. „Z trylobitami nie ma problemu” – zauważa melancholijnie. El Albani z natury nie jest typem rewolucjonisty, nie spieszy się z podawaniem nazwisk. Jednak gdy mówi o gabońskich okazach, wyraźnie widać frustrację i chęć, by wreszcie skończyć z tą niepewnością.

W ostatecznym rozrachunku to nie kwestia wiary, ale argumentów – mówi El Albani. Jeśli jego krytycy uważają, że gabońskie okazy to konkrecje, powinni spróbować to udowodnić, a nie po prostu twierdzić, że mają rację. Jeśli nie zgadzają się, że skały zawierają skamieniałości eukariontów, nic nie stoi na przeszkodzie, by poddać te okazy własnym analizom. Jest przekonany, że nikt dotąd nie opublikował żadnych badań, które podważałyby jego wnioski i uwzględniały wszystkie zebrane przez niego dowody. „Jeśli będę twierdzić, że twój iPhone to Samsung – mówi, wskazując na mój telefon – powinienem wyjaśnić, dlaczego tak uważam!”

Porter jest tego samego zdania. Nie jest wprawdzie przekonana, co do argumentów zespołu El Albaniego, że okazy z Franceville reprezentują odrębną, niezależną linię kolonialnych organizmów eukariotycznych, które bardzo szybko powstały i równie szybko zniknęły. Ale nigdy nie dała się też przekonać, że wszystkie to konkrecje mineralne. Jeśli są to konkrecje, to trzeba to jednoznacznie udowodnić – mówi. W końcu, gdyby to się udało, wnieślibyśmy istotny wkład do paleontologii w kwestii tego, jak powstają pseudoskamieniałości. Samo odrzucenie w niczym nie posuwa nas naprzód. Nie chcemy zniechęcać ludzi do publikacji tych dziwnych i trudnych do zrozumienia struktur, mówi Porter.

Dziwi go zawsze, że wobec tak ogromnej różnorodności form ludzie nie dostrzegają w nich skamieniałości.

„Jeśli się mylą, to w porządku” – to Porter o El Albanim i jego współpracownikach. Niech wszyscy wysuwają własne hipotezy i niech rozstrzygają o ich prawdziwości dowody z zapisu kopalnego. Ostatecznie „prawdopodobnie nikt z nas nie będzie miał w pełni racji”.

Siedemnaście lat po tym, jak El Albani po raz pierwszy zbadał lśniącą plamę w gabońskich łupkach, jego laboratorium wciąż pracuje pełną parą. Stale są nowe okazy do opracowania, nowe koncepcje do analizy, dysertacje do ukończenia. Cały zespół pracuje też nad porównywaniem okazów z różnych skał z Franceville z okazami i osadami kambryjskimi i prekambryjskimi, a także nad porównaniem składu chemicznego okazów gabońskich i skamieniałości z ediakaru i łupków z Burgess.

Trwają też próby odpowiedzi na pytanie, w jaki sposób można precyzyjnie odróżnić chemicznymi metodami okazy o biologicznym i abiotycznym pochodzeniu. Ich odkrycia mogłyby też w przyszłości zostać wykorzystane do oceny próbek skał z innych planet. W roku 2020 naukowcy poinformowali, że łazik „Curiosity”, należący do NASA Mars Science Laboratory, sfotografował na dnie dawnego jeziora milimetrowej wielkości patykowate struktury, które przypominały skamieniałości pozostawione przez drążące korytarze organizmy na Ziemi. Dotychczas nie zdołano obalić wyjaśnień ich abiotycznego pochodzenia. Gdyby jednak udało się opracować wiarygodny model pozwalający na podstawie chemicznych sygnatur odróżnić struktury biologiczne od niezwiązanych z życiem, „można by go zastosować w odniesieniu do Marsa lub innych planet, analizując osad” – mówi El Albani.

Każdego roku El Albani i jego zespół udają się do Gabonu, żeby pogrzebać trochę w tych czarnych łupkach, które tak bardzo wpłynęły na ich życie. Przeglądają tam warstwa po warstwie rozpadające się płyty, wypatrując świecących bryłek pirytu lub delikatnych, kulistych śladów odciśniętych w skamieniałym mule. Czasami El Albani transmituje na żywo filmiki ze swych wypraw francuskim uczniom, wyjaśniając im, że rewolucja komórkowa, której zawdzięczają istnienie, sięga daleko w mroki prehistorii. Czasami widać, jak schyla się, by zbadać jakąś błyszczącą formę w skale. To pewnie jest COŚ. Pytanie, jak zawsze, brzmi: co? ■

Z NASZEGO ARCHIWUM

Narodziny zwierząt. Rachel A. Wood; lipiec 2019.

eprasa.pl 8f2784b80f

PLANETOLOGIA

AFERA Z METEORYTEM

Przemoc, kłamstwa i przemyt – to ziemska historia dziewiątego co do wielkości meteorytu na świecie

DAN VERGANO
Ilustracje MARK SMITH

eprasa.pl 8f2784b80f

eprasa.pl 8i2784b80f

TYSIĄCE LAT TEMU KAWAŁEK NIEBA, powstały w wyniku pradawnej kolizji planetoid, przeleciał ponad ludźmi i spadł na Afrykę Wschodnią. Meteoryt wylądował w dolinie rzeki w pobliżu wioski El Ali w Somalii i prawdopodobnie jego upadkowi towarzyszył raczej głuchy odgłos, a nie wybuch. Obecnie pasą się tam wielbłądy.

Znany lokalnie jako Shiid-birood („żelazna skała"), meteoryt El Ali waży 13,6 t i jest zbudowany z żelaza i niklu. Przez pokolenia spoczywał w ziemi jakieś 24 km od wioski, stając się punktem orientacyjnym występującym w ludowych opowieściach, kołysankach i wierszach. Według jednej z legend obszar ten był zielonym rajem dopóty, dopóki jego mieszkańcy nie przestali wierzyć w lokalnego boga Waaqa. Ten ukarał ich, rzucając kamienie wulkaniczne. Meteoryt El Ali ma być przypomnieniem ich głupoty. Ludzie przez wieki tłukli kamieniami w brązową skałę z nieba, odłamywali od niej kawałki zimnego żelaza lub używali jej jako osełki. Dzieci udawały, że jeżdżą na niej jak na koniu.

Dzisiaj jednak meteorytu El Ali już nie ma. Z filmików nagranych telefonami komórkowymi może wynikać, że skała jest przechowywana w Chinach, gdzie handlarze mają nadzieję sprzedać ją za miliony – w całości lub w kawałkach. Jak się tam znalazła? Historia wędrówki dziewiątego co do wielkości meteorytu na świecie to kłamstwa, przemyt, a prawdopodobnie także zabójstwa. Zniknięcie meteorytu z miejsca upadku – regionu Somalii, będącego jednym z najbiedniejszych i najbardziej niebezpiecznych obszarów na świecie – owiane jest tajemnicą. W sierpniu somalijski minister kultury zwrócił się do Centrum Światowego Dziedzictwa UNESCO o uznanie meteorytu za część krajowego majątku i wezwał do zwrotu skały. Nie ma jednak pewności, gdzie ona się obecnie znajduje.

PRZEZ WIEKI meteoryt El Ali – brązowawy, pokryty wgłębieniami głaz szerokości około dwóch metrów i wysokości jednego – pozostawał niezauważony przez nikogo poza miejscowymi mieszkańcami. Starsi ludzie ze wsi twierdzą, że około 80 lat temu, podczas II wojny światowej, armia włoska chciała go zabrać i zbadać. Później zainteresowały się nim siły pokojowe ONZ, a po upadku somalijskiego rządu w 1991 roku – milicje. Wszystkich przyciągała tajemnica Shiid-birood. Postrzegano tę dziwną żelazną skałę, leżącą na obrzeżach somalijskiej wioski hodowców wielbłądów, jako obiekt badań – lub przynajmniej złom. Jednak miejscowi powstrzymywali wszystkie próby jej wydobycia. Następnie, we wrześniu 2019 roku, poszukiwacze opali przekopujący okoliczną pustynię przekazali infomację o meteorycie pobliskiej firmie wydobywczej – Kureym Mining and Rocks Company. Jest to somalijskie przedsiębiorstwo kierowane przez pięciu handlarzy i biznesmenów ze stolicy kraju Mogadiszu. Młotkiem poszukiwacze odłupali 90-gramową próbkę z kosmicznej skały, którą nazwali „Nightfall" (zmierzch), i wysłali do Nairobi w celu analizy. Badanie tej próbki po raz pierwszy potwierdziło, że meteoryt rzeczywiście pochodzi z kosmosu i zawiera około 44% żelaza i 45% niklu.

W tym miejscu historia meteorytu El Ali staje się mroczna i ponura. Z doniesień prasowych i informacji organizacji praw człowieka wiemy, że w lutym 2020 roku kamień z wioski El Ali usunięto. Obszar ten jest w dużej mierze kontrolowany przez Al-Shabaab, czyli „Młodzież" – bojówkę powiązaną z Al-Kaidą, uznawaną przez rząd Stanów Zjednoczonych za organizację terrorystyczną. Al-Shabaab rządziła w Mogadiszu do końca pierwszej dekady XXI wieku, ale została wyparta przez siły Unii Afrykańskiej. Według amerykańskiej Rady Stosunków Zagranicznych, organizacja ta jest odpowiedzialna za liczne zamachy bombowe i zabójstwa, w tym za masakrę, w której wyniku zginęło 148 osób na Garissa University w Kenii w 2015 roku, a także za „szeroko zakrojoną działalność przestępczą" w Somalii. Wziąwszy pod uwagę autorytet tej grupy w regionie, wydaje się prawdopodobne, że to właśnie ona zorganizowała

Dan Vergano jest starszym redaktorem „Scientific American".

eprasa.pl 8f2784b80f

grabież meteorytu lub przynajmniej pomogła w jej przeprowadzeniu.

Nikt jednak nie wie, co dokładnie się stało po wywiezieniu meteorytu z El Ali. Według wiadomości z tamtego okresu skała została „zabrana siłą” przez Al-Shabaab. Duże dźwigi miały wykopać kamień podczas strzelaniny, w której zginęło kilka osób, w tym cywile. W niektórych relacjach podaje się nawet większą liczbę ofiar, a lokalni przywódcy opisują w doniesieniach prasowych dwie masowe strzelaniny między Al-Shabaab a bojownikami klanowej milicji Ma’awisley – jedną podczas wykopywania, a drugą podczas wywożenia meteorytu. Niektórzy przywódcy twierdzą, że podczas walk doszło do obcinania głów. Jednak Abdulkadir Abiikar Hussein, geolog z Uniwersytetu Almaas w Mogadiszu, nazywa doniesienia o krwawych starciach „przesadą”.

Niezależnie od tego, jak przebiegało wydobycie, większość relacji jest zgodna co do tego, co działo się później. Członkowie milicji przewieźli meteoryt do pobliskiego miasta Buq Aqable, a następnie sprzedali go firmie wydobywczej Kureym za 264 tys. dolarów.

Ciężarówka przewożąca skradzioną skałę kosmiczną ruszyła w kierunku Mogadiszu, ale została zatrzymana. Hussein twierdzi, że po tym, jak siły bezpieczeństwa nabrały podejrzeń, co do dużego metalowego głazu znajdującego się w tylnej części ciężarówki, somalijscy urzędnicy rządowi zatrzymali pojazd do kontroli i aresztowali kierowcę. Meteoryt wysłano do magazynu w pobliżu lokalnego lotniska. Wówczas, pod koniec lutego 2020 roku, ministerstwo górnictwa wezwało Husseina. Dokonał on pomiarów, pobrał próbki i zbadał meteoryt, sporządzając pierwsze charakterystyki kosmicznej skały, które pojawiły się później w opisach naukowych.

Jednakże w jakiś niewiadomy sposób meteoryt zniknął z magazynu. W grudniu 2020 roku Shiid-birood ponownie znalazł się w rękach Kureym, chociaż szczegóły transakcji nie są jasne (Hussein i inni twierdzą, że doszło do korupcji). Przedstawiciele firmy Kureym odmówili komentarza na potrzeby tego artykułu.

Naukowcy spoza Somalii po raz pierwszy dowiedzieli się o meteorycie pod koniec tego roku od przedstawicieli firmy wydobywczej. Po tym, jak Kureym wszedł w posiadanie kamienia, Nicholas Gessler, obecnie emerytowany naukowiec zajmujący się antropologią, archeologią i meteorytami, otrzymał e-mail o dużej skale.

Miejscem upadku meteorytu El Ali jest sucha, skąpo porośnięta dolina w Somalii.

Nadawca zaproponował Gesslerowi możliwość zbadania go, twierdząc, że szuka nabywców. Gessler, od dawna zainteresowany żelaznymi meteorytami wykorzystywanymi przez rdzennych mieszkańców, zgodził się poddać go analizie. Wyniki miał zamiar opublikować w czasopiśmie „Meteoritical Bulletin”, co stanowiłoby potwierdzenie jego kosmicznego pochodzenia. Jak twierdzi, badanie meteorytu El Ali wymagało od niego wykorzystania całej swojej wiedzy specjalistycznej i stało się obsesją, która skłoniła go do stworzenia rozbudowanej strony internetowej poświęconej temu obiektowi i jego burzliwej historii. „Nic nie zostało ustalone – mówi Gessler. – Ludzie wielokrotnie prosili o wyjaśnienia i dokumentację. Niczego się nie doczekali.”

W styczniu 2021 roku, po tym jak Gessler zgodził się pomóc w zarejestrowaniu meteorytu, przedstawiciel firmy Kureym wysłał mu próbkę. W paczce FedEx dotarł kawałek żelaznej skały, z jednej strony zwietrzały na brązowo, z drugiej matowo lśniący od nacięcia piły. Mniej więcej w tym samym czasie firma wysłała również dwa wycięte kawałki żelaznej skały (o łącznej wadze 70 g) geologowi Chrisowi Herdowi, kuratorowi kolekcji meteorytów na University of Alberta.

Obaj badacze twierdzą, że żałują, iż nie znali wówczas całej historii meteorytu i sporu o jego własność. Pogłoski o przypadkach przemocy podczas jego wykopywania pojawiały się wcześniej tylko w somalijskich doniesieniach prasowych. Dopiero cztery lata później, w czerwcu 2025 roku, w raporcie geologa Aliego H. Egeha z Somalijskiego Uniwersytetu Narodowego, opublikowanym w czasopiśmie „Meteoritics & Planetary Science”, po raz pierwszy poinformowano społeczność naukową o „tajemnicy i niepewności” otaczającej meteoryt i jego wywiezienie z kraju pochodzenia.

„Kiedy po raz pierwszy podjąłem się tej pracy, nie miałem pojęcia, co się wydarzyło, o wszystkich tych tragicznych okolicznościach – mówi Herd. – Z perspektywy czasu widzimy, że otrzymaliśmy dość tendencyjne informacje”, zarówno na temat wydobycia meteorytu El Ali, jak i jego wywiezienia do Chin. Herd dodaje, że kanadyjskie prawo jest bardzo surowe, jeśli chodzi o eksport meteorytów. Dopuszcza się tymczasowe wypożyczanie próbek do badań, ale permanentny transfer to kwestia znacznie bardziej drażliwa. „W przypadku Somalii miałoby

Z: "El Ali Meteorite: From Whetstone to Fame and to the Tragedy of Local People's Heritage", Ali H. Egeh, „Meteoritics & Planetary Science"; 12 czerwca 2025

eprasa.pl 8f2784b80f

to ogromne znaczenie dla całego państwa – mówi. – To wielka szkoda, że meteoryt został wywieziony w całości".

Początkowo Herd i Gessler byli po prostu podekscytowani możliwością zbadania meteorytu, który okazał się niezwykle interesujący naukowo. Herd najpierw przeanalizował swoją próbkę za pomocą skaningowego mikroskopu elektronowego, który, aby uzyskać szczegółowy obraz powierzchni, wystrzeliwuje wiązkę elektronów o niskiej energii w kierunku próbki. Użył również spektrometru w celu określenia składu chemicznego meteorytu. Aby jeszcze dokładniej przeanalizować skład obiektu, kolega z California Institute of Technology zastosował mikroskop elektronowy, który emituje wąską wiązkę elektronów, pozwalającą na uzyskanie rozdzielczości 30 nm. Gessler wysłał część swojej próbki do eksperta w dziedzinie datowania meteorytów A. J. Timothy'ego Julla z University of Arizona. Na podstawie datowania radiowęglowego Jull oszacował, że meteoryt spadł w Somalii 2000–3000 lat temu. (Jull zastrzega, że to „bardzo zgrubne oszacowanie" nie jest pewne, i dodaje, iż inne wstępne dane z radionuklidów wskazują, że meteoryt musiał spaść najwcześniej 60 000–30 000 lat temu). W 2021 roku Gessler zaprezentował meteoryt El Ali towarzystwu Meteoritical Society, przedstawiając go jako trzeci co do wielkości meteoryt odkryty w Afryce.

W międzyczasie, korespondując z firmą Kureym, Gessler dowiedział się, że przedsiębiorstwo miało nadzieję sprzedać meteoryt muzeum za około 30 mln dolarów. W kilkunastu e-mailach Gessler ostrzegał przedstawicieli handlowych, że plan ten jest nierealny. W sierpniu 2021 roku przedstawiciele firmy zerwali z nim kontakt. Skarżyli się na jego współpracę z Husseinem przy publikacji artykułu w „Meteoritical Bulletin" – tym geologiem z Uniwersytetu Almaas, który pierwszy dokonał pomiarów meteorytu El Ali dla somalijskiego ministerstwa górnictwa, i który postulował, żeby go nie sprzedawać, ale podarować Somalijskiemu Muzeum Narodowemu.

Gessler i Herd kontynuowali analizę próbek. W 2023 roku Herd i jego współpracownicy poinformowali, że w meteorycie El Ali odkryli trzy nowe odmiany minerałów fosforanu żelaza, które nie występują naturalnie na Ziemi. „Ma to ogromne znaczenie naukowe" – mówi Herd, który sklasyfikował meteoryt jako należący do rodziny typu IAB. Meteoryty z tej grupy prawdopodobnie uformowały się w wyniku zderzeń planetoid w pasie między Marsem a Jowiszem. Jak mówi Herd, zderzenia te tworzyły „prawie niewyobrażalne" morze stopionego metalu. Miliony lat temu te kosmiczne tygle łączyły składniki w niezwykły sposób, tworząc minerały fosforanowe, takie jak elaliit, elkinstantonit i olsenit (dwa ostatnie nazwano na cześć wybitnych naukowców zajmujących się meteorytami).

Biorąc pod uwagę, że próbki El Ali to tylko małe kawałki meteorytu ważącego ponad 10 t, „pozostałe jego fragmenty mogą zawierać wiele innych nieznanych minerałów" – mówi ekspertka od starożytnych meteorytów żelaznych, Diane Johnson z Cranfield University w Anglii. W obrębie meteorytu El Ali minerały te występują w postaci drobnych inkluzji o szerokości zbliżonej do ludzkiego włosa. „Nigdy nie sądziłem, że odkryję nowe minerały, a tym bardziej aż trzy – mówi Herd. – Najlepsze jest to, że kiedy się je znajdzie, ludzie zaczynają się zastanawiać, czy występują one również w innych meteorytach". Badanie takich depozytów może ujawnić nowe tajemnice na temat chemii wczesnego Układu Słonecznego.

Wyniki wywołały sensację w mediach; relację przedstawiła między innymi BBC. Gessler, który był wtedy zaangażowany w losy Shiid-birood, zarówno zawodowo, jak i osobiście, skontaktował się z naukowcami z Somalii. Wówczas po raz pierwszy dowiedział się o krwawych wydarzeniach, które miały miejsce podczas wydobywania meteorytu. Próbował zebrać na ten temat jak najwięcej informacji, gromadził zdjęcia i filmy przedstawiające meteoryt i publikował je na rozbudowanej stronie internetowej. Oficjalni przedstawiciele Kureym przestali się z nim komunikować, ale zaczął otrzymywać wiadomości od osób powiązanych ze sprzedawcami, którzy przesyłali aktualne informacje na temat perspektyw sprzedaży meteorytu, a nawet filmy pokazujące jego transport do Chin. W ostatnich wiadomościach, które opublikował we wrześniu na swojej stronie internetowej, pojawiły się spory między dwoma sprzedawcami dotyczące ceny.

OPRÓCZ SWOJEJ PRZYDATNOŚCI do badań nad Układem Słonecznym, meteoryt może dostarczyć nam informacji na temat historii ludzkości. Gesslera interesuje jego historyczna rola jako źródła żelaza dla mieszkańców Somalii. Gessler mówi, że brązowa bryła pokryta wgłębieniami „była intensywnie i ekstensywnie obtłukiwana" przez pokolenia ludzi, którzy wydobywali z niej kawałki żelaza, prawdopodobnie w celu wykonania narzędzi, takich jak groty strzał lub trzonki. „To naprawdę interesujący przykład wykorzystania meteorytów jako surowca przez społeczność tubylczą" – mówi.

Sugeruje on, że epoka żelaza w Somalii mogła rozpocząć się wraz z pojawieniem się meteorytu El Ali.

Od dawna ludzie na całym świecie wykorzystują metale pochodzenia meteorytowego. Nóż znaleziony w grobowcu egipskiego faraona Tutanchamona z XIV wieku p.n.e. został zrobiony z meteorytowego niklu, żelaza i kobaltu. W XI wieku n.e. wyznawcy przedbuddyjskiej religii bon wykonali w Tybecie posąg, prawdopodobnie przedstawiający boga Vaiśravanę; jako materiał posłużył im metaliczny meteoryt, który spadł na granicy dzisiejszej Mongolii i Syberii. Około 1939 roku posąg został zrabowany przez nazistowską ekspedycję i obecnie znajduje się w prywatnej kolekcji w Wiedniu. Meteoryty Cape York to osiem ważących łącznie około 60 t dużych skał i drobniejszych odłamków, które spadły na zachodnie wybrzeże Grenlandii. Inuici wykorzystywali te skały do produkcji narzędzi i harpunów. Są one najbardziej znanym przykładem używania przez rdzennych mieszkańców kamieni meteorytowych do pozyskiwania żelaza.

Przypadki te pokazują również, jak często dochodzi do grabieży meteorytów z miejsc ich impaktów. Dla przykładu, największe znane fragmenty meteorytów Cape York już dawno zniknęły z Grenlandii. Wysłany przez Marynarkę Wojenną Stanów Zjednoczonych odkrywca Robert Peary w 1895 roku zabrał jedne z najcięższych – „Psa" i „Kobietę". W 1897 roku wywiózł największy fragment – „Namiot" – który waży 31 t i ma ponad trzy metry średnicy. Peary sprzedał wszystkie trzy skały Amerykańskiemu Muzeum Historii Naturalnej (gdzie są nadal eksponowane) za 40 tys. dolarów, co stanowiło wówczas fortunę. Mamy tu klasyczny przykład, jak w epoce wiktoriańskiej wyglądało poszukiwanie skarbów i eksploatacja zasobów rdzennej ludności. Peary przekonał również sześciu Eskimosów, aby popłynęli z nim do Nowego Jorku, gdzie czterech z nich zmarło na gruźlicę. Kolejny fragment meteorytu o masie 20 t został odkryty w 1963 roku i cztery lata później trafił do Kopenhagi.

eprasa.pl 8f2784b80f

oprasa.pl 87

Podobna historia może się wiązać z meteorytem El Ali. Jego dokładna lokalizacja i status są obecnie niejasne. Zgodnie z wideo nagranym telefonem komórkowym, które trafiło do Gesslera podczas jego sporadycznych kontaktów ze sprzedawcami, w grudniu 2022 roku głaz znajdował się w kontenerze transportowym na statku zacumowanym w Mogadiszu. Następnie pojawił się na mało wyraźnym filmie z maja 2023 roku, potwierdzającym, że meteoryt w tajemniczych okolicznościach dotarł do Chin. Na filmie osoba mówiąca po somalijsku trzyma przed meteorytem telefon z chińskimi napisami. Najnowsze doniesienia od sprzedawców i naukowców śledzących rynek meteorytów sugerują, że obiekt El Ali jest przechowywany w Yiwu, średniej wielkości mieście w chińskiej prowincji Zhejiang. Jak mówi Gessler, jest on oferowany do sprzedaży w kawałkach po 200 dolarów za kilogram lub za 3,2 mln dolarów za całość.

„Była to operacja grabieży dóbr kultury, a nie legalny handel" – powiedział w czerwcu agencji Horn Afrik News Agency for Human Rights Dahir Jesow, poseł z okręgu El Ali w somalijskim parlamencie. Prawa firmy górniczej Kureym do meteorytu zostały „zalegalizowane ad hoc w ramach niejasnego procesu administracyjnego – zasadniczo post factum, aby ukryć kradzież" – oświadczył.

Sprzedaż meteorytów przez ich prawowitych właścicieli jest oczywiście legalna, a zapisy dotyczące takich transakcji sięgają aż 1863 roku, kiedy to jedna z nich została udokumentowana w katalogu sporządzonym przez niemieckiego kolekcjonera. Nawet słynne meteoryty są regularnie kupowane i sprzedawane; fragment meteorytu Cape York został wystawiony na sprzedaż w domu aukcyjnym Christie's w 2019 roku.

W lipcu 2025 roku ważący 25 kg meteoryt marsjański znaleziony na Saharze w 2023 roku – prawdopodobnie największy fragment Czerwonej Planety na Ziemi – został sprzedany nieznanemu nabywcy na aukcji w domu aukcyjnym Sotheby's za 5,3 mln dolarów. Rząd Nigru rozpoczął następnie dochodzenie w sprawie wywózki meteorytu, która, jak poinformowała Rada Ministrów tego kraju w oświadczeniu wydanym dzień po sprzedaży, „nosi najpewniej znamiona nielegalnego międzynarodowego handlu". Dom aukcyjny Sotheby's twierdzi jednak, że przestrzegał wszystkich międzynarodowych procedur dotyczących eksportu meteorytu, w tym dostarczenia odpowiedniej dokumentacji. Podobnie jak meteoryt El Ali, marsjańska skała została opisana przez naukowców w czasopiśmie „Meteoritical Bulletin" w artykule opublikowanym w czerwcu 2025 roku.

Taka sprzedaż jest regulowana przez najróżniejsze międzynarodowe przepisy. W Stanach Zjednoczonych meteoryty należą do właścicieli gruntów, na których zostały odkryte, a jeżeli odnaleziono je na terenach publicznych, trafiają do Smithsonian Institution. Konwencja UNESCO z 1970 roku o ochronie dóbr kultury, podpisana przez 148 krajów, w tym Stany Zjednoczone i Kanadę, ale nie przez Somalię, określa sposób śledzenia meteorytów i, jeśli zajdzie taka potrzeba, ich zwrotu do krajów pochodzenia. Status prawny meteorytu Shiid-birood jest jednak niepewny: obecnie na obszarze, z którego go wywieziono, obowiązuje prawo szariatu; naukowcy nie są pewni, jak prawo to traktuje meteoryty. Jeśli UNESCO uzna obiekt El Ali za część dziedzictwa kulturowego Somalii, to zgodnie z żądaniem rządu sprzedaż meteorytu stanie się trudniejsza.

Jak twierdzi kryminolożka Donna Yates z Universiteit Maastricht w Holandii, w ciągu ostatnich pięciu lat rynek meteorytów eksplodował i podąża śladami handlu skamieniałościami i antykami. „Istnieje pewien profil nabywcy, który jest bardzo zainteresowany nauką, kosmosem, odległą przeszłością – mówi. – I tacy ludzie odwiedzają rynek meteorytów". Towarzystwo Meteorytyczne (The Meteoritical Society) ma kodeks etyczny, który wymaga od członków, aby w swoich badaniach „przestrzegali prawa", ale oferuje niewiele wskazówek dotyczących eksportu znalezisk.

W ostatnich latach celem przemytu meteorytów stały się Chiny. W 2019 roku organy celne skonfiskowały 857 kg „dolomitu", który okazał się meteorytami pochodzącymi z Kenii, a w 2021 roku skonfiskowano 470 kg meteorytów żelaznych, w deklaracjach celnych opisanych jako ruda pirytowa. Podobno krater uderzeniowy Kamil w Egipcie był w latach 2020–2023 przekopywany w poszukiwaniu meteorytów żelaznych. „Muzea są pełne skradzionych rzeczy" – mówi Jull.

Zarówno status prawny meteorytu El Ali, jak i plany jego obecnych „opiekunów", są nieznane. „Obawiamy się, że będzie on rozdrabniany po to, żeby zrobić z niego breloki" – mówi Gessler. Idealnie byłoby, gdyby wrócił do Somalii. W połowie lipca Hussein, geolog z Mogadiszu, skontaktował się z przedstawicielami firmy górniczej Kureym, którzy chcą odsprzedać meteoryt rządowi Somalii. Brak dokumentacji utrudnia sprzedaż międzynarodowym instytucjom. Tylko rząd Somalii może to zalegalizować, czyniąc odsprzedaż najprostszym sposobem na zysk dla obecnych posiadaczy. Narodowe Muzeum Somalii, niegdyś skarbnica cennych antyków, było w trakcie wojny domowej zamknięte przez 30 lat. Chociaż wiele jego artefaktów zostało uszkodzonych lub skradzionych, muzeum zostało ponownie otwarte w 2020 roku i znajduje się w nim specjalne miejsce przeznaczone na ekspozycję meteorytów. „Studenci, a nawet dzieci ze szkół podstawowych będą przychodzić, żeby to zobaczyć" – mówi Hussein. Wyobraża on sobie, że międzynarodowi badacze mogą nawiązać współpracę ze studentami lokalnych uniwersytetów w celu rozwijania wiedzy geochemicznej w Somalii. „Będziemy musieli zebrać na to fundusze".

Nawet jeśli meteoryt wróci do domu, jego bezpieczeństwo nie jest zagwarantowane. Dalmar Asad, rzecznik Koalicji Somalijskich Obrońców Praw Człowieka w Mogadiszu, sceptycznie podchodzi do możliwości ochrony Shiid-birood w przypadku, gdyby meteoryt znalazł się w Somalii. Twierdzi, że jego bezpieczeństwo jest nadal bardzo niepewne, nawet w Mogadiszu. Obawia się, że lokalne mity związane z meteorytem – w niektórych z pierwszych doniesień prasowych sugerowano, że jest on ze złota – mogą skłonić kogoś do próby kradzieży, nawet z muzeum. „Myślę, że lepiej byłoby, gdyby meteoryt był przechowywany przez organizację międzynarodową, zanim poziom bezpieczeństwa nie wzrośnie" – mówi Asad.

Na razie meteoryt El Ali znajduje się gdzieś daleko od domu. Jego przyszłość jest równie niepewna, jak wtedy, gdy znajdował się w pasie planetoid i dryfował po niebie. Gdziekolwiek jednak by trafił, ten dar niebios może być źródłem wartościowych informacji. Planetolożka Hasnaa Chennaoui Aoudjehane z Uniwersytetu Hassana II w Casablance w Maroku uważa, że historia meteorytu powinna skłonić badaczy do zadawania dociekliwych pytań o pochodzenie nowo zgłaszanych odkryć. „To jest moja społeczność, a wielu naukowców to moi przyjaciele – mówi. – Ale w niektórych przypadkach po prostu przymykamy oczy. Nie chcemy mierzyć się z problemem, bo gdybyśmy zaczęli dociekać, byłoby o wiele mniej materiału do analizy". ■

Z NASZEGO ARCHIWUM

Polowanie na dziewiątą planetę. Robin George Andrews; luty 2025.

eprasa.pl 8f2784b80f

HAX. GROSS
TARE
CU. CAP.

NEURONAUKA

Po latach dręczącej niepewności, co do stanu swojej psychiki, autorowi udaje się poznać przyczynę nietypowego zachowania

PAUL MARINO

Zdjęcia TRISTAN SPINSKI

Wyzwalająca diagnoza

eprasa.pl 8f2784b80f

Autor, Paul Marino, porusza rytmicznie palcami, kiedy manifestuje się jego stan neurologiczny – przeważnie wtedy, gdy mężczyzna jest podekscytowany lub wzburzony.

MAM TROCHĘ CZASU DO ZABICIA PRZED WIZYTĄ u neurologa w Kennedy Krieger Institute – renomowanym szpitalu dziecięcym w Baltimore. Przejechałem jakieś 800 km, żeby dowiedzieć się czegoś o schorzeniu neurologicznym niemal nieznanym nauce. Tej informacji szukałem od lat, od dzieciństwa, a dziś mam 42 lata. Aby wykorzystać wolną chwilę, zaglądam do pobliskiej Biblioteki George'a Peabody'ego. Jej monumentalne atrium, przekryte szklanym dachem, otoczone pięcioma piętrami bogato zdobionych galerii z żeliwnymi balustradami, półkolumnami i pilastrami w stylu klasycznym, wznosi się nad marmurową posadzką. Siedzę przy drewnianym biurku i coś piszę w notesie, gdy nagle czuję znajomy impuls i zaczyna się jazda. Pamiętając, że jestem w miejscu publicznym, jak zwykle to tłumię. Potem jednak nachodzi mnie myśl, że niby dlaczego nie, w końcu w tej sprawie tu przyjechałem. Przeraża mnie ten pomysł, ale i tak to chcę zrobić. Rozglądam się. Kawałek dalej bibliotekarz stempluje książki; para turystów zapatrzyła się w szklany dach. Czego się boję?

Odkąd pamiętam, robiłem to „coś", gdy byłem podekscytowany albo całkowicie czymś pochłonięty. Podnosiłem ręce, ocierałem palce jeden o drugi i robiłem minę. Wyobraźnia przyśpieszała.

Tak też się bawiłem, na przykład figurkami G.I. Joe – zabawkami z mojego dzieciństwa w latach 80. Zamiast tłuc dobrym Gung-Ho nikczemnego Cobra Commandera, jak robiły to inne dzieci, ustawiałem figurki przed sobą na stoliku, przebierałem palcami i zaczynała się jazda – tak nazywam moje ruchy ciała i energię umysłową, która je napędza. W mojej głowie postacie kipiały energią: były żywe jak w filmie. Tak samo rysowałem. Za każdym razem, gdy miałem dodać kreskę lub kolor, uruchamiałem palce i wizualizowałem temat rysunku, jakbym tworzył wirtualny model.

Rodzice uważali to za dziecięce dziwactwo. Zakładali, że z tego wyrosnę, i w podstawówce wydawało się, że tak się faktycznie stało. Ponieważ byłem przez nie wyśmiewany, podświadomie zacząłem to zachowanie tłumić. Pragnienie, aby to zrobić, towarzyszyło mi nieustannie, ale dawałem mu upust tylko wtedy, gdy nikt mnie nie widział – za zamkniętymi drzwiami w sypialni czy łazience. Nigdy mnie nie opuściło ani nie osłabło. Robiłem to codziennie, praktycznie automatycznie; ledwie zdawałem sobie z tego sprawę.

Machanie palcami często jednak pogarszało moją koncentrację. W liceum, gdy odrabiałem lekcje, uruchamiały mnie sceny z książek historycznych. Stale musiałem odnajdować miejsce w tekście. Pewnego razu wkurzony unieruchomiłem palce taśmą klejącą.

Była też mroczna strona. Potrafiłem dać się ponieść euforii, ale równie łatwo pogrążyć w smutku, zacząć się niepokoić, frustrować. Wpadałem wtedy w pętlę obsesji, nakręcałem się, emocje i pobudzenie rosły. Nocami nie mogłem usnąć, pociłem się, serce mi biło szybciej; czoło miałem podrażnione od tarcia o nie palcami.

Najgorszy był wstyd i ta dwoistość. Z pozoru byłem całkiem spoko: mądry, dowcipny, wysportowany, pryszczaty, ale przystojny – a jednak, tak to widziałem, byłem wariatem. Gdyby mój sekret wyszedł na jaw, zostałbym nieodwracalnie upokorzony. Moje szanse u dziewczyny moich marzeń spadłyby do zera.

Momenty, kiedy ktoś mnie przyłapywał, były straszne. „Paul, ciągle to robisz?" – zapytała matka, widząc mnie przez lekko uchylone drzwi. Gdy myślałem, że jestem sam w piwnicy, z ciemnego kąta wyszedł mój starszy nastoletni brat. „Co ty wyczyniasz?! – krzyknął i wybuchł śmiechem, a potem zaczął mnie przedrzeźniać. „Wszystko w porządku?" – spytał na wycieczce niezauważony przez mnie opiekun leżący w sypialni na piętrowym łóżku parę metrów dalej.

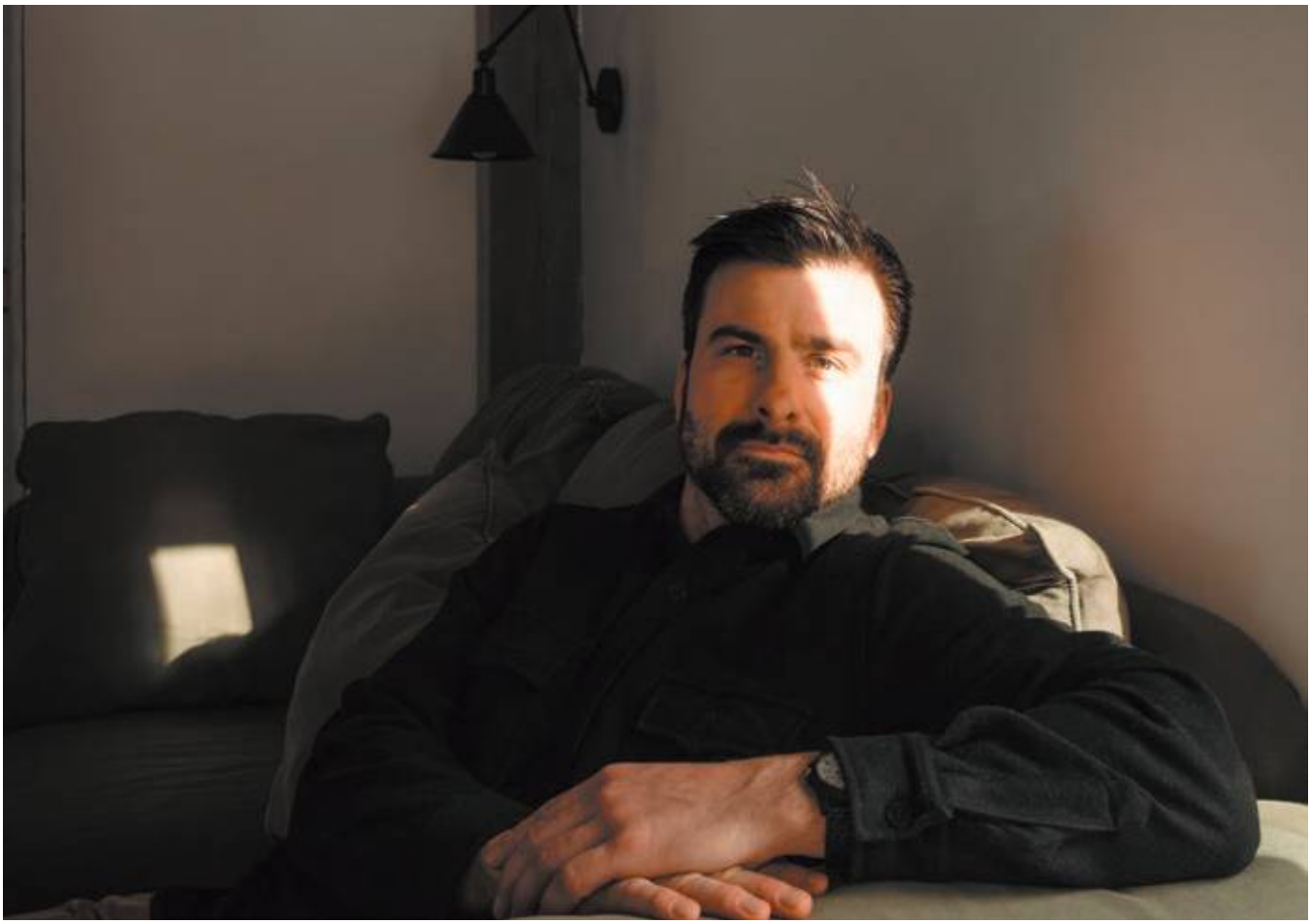
Myślałem, że to coś sobie sam wytworzyłem, jak brzydki nawyk albo infantylne przywiązanie do czegoś, słabość charakteru, której trudno się pozbyć. Raz po raz ganiłem siebie i solennie sobie obiecywałem, że przestanę – bez efektu. Sądziłem, że muszę być jedyną osobą na świecie, która ma taki problem.

Szukać odpowiedzi zacząłem jeszcze na początku lat 90., zanim Google stało się rzeczownikiem. W małym miasteczku w Massachusetts pediatra, który mnie badał, pokiwał głową i wymamrotał „hmm", ale jego długopis ani drgnął. Mój nieśmiały opis problemu był trochę sprzeczny sam w sobie: „Kiedy coś sobie wyobrażam, coś dzieje się z moimi rękami. Nie robię tego celowo, ale mogę to powstrzymać." Na jego usprawiedliwienie trzeba powiedzieć, że dziecięce, zmieniające się, unerwione ciała wywołują wiele niepokojów, które pediatrzy mają w zwyczaju bagatelizować. Nawet gdyby się temu wnikliwiej przyjrzał, wtedy i tak nie mógłby niczego znaleźć.

HARVEY SINGER, NEUROLOG PEDIATRA z Johns Hopkins University i Kennedy Krieger Institute, rozpoczął swoje poszukiwania informacji o tej przypadłości mniej

Paul Marino jest pisarzem, reporterem i artystą z Newmarket w stanie New Hampshire. Więcej informacji o autorze na www.paulmarino.xyz

eprasa.pl 8f2784b80f



Marino siedzi w salonie w swoim domu, który sam wybudował na starych fundamentach, pracując jako reporter, pisarz, a okazjonalnie – budowniczy.

więcej w tym samym czasie. „Trafiali do nas pacjenci z diagnozą tików – powiedział mi niedawno w wywiadzie. – Ale według nas to nie były tiki. To najlepiej pasowało do kategorii tzw. stereotypii ruchowych".

Proste stereotypie – jak bębnienie palcami czy kręcenie włosów – są powszechne. U niektórych osób są bardziej nasilone, ale nadal nie stanowią powodu do niepokoju. Mam na przykład przyjaciela, który podekscytowany krzyczy: „Jedziemy, jedziemy!" i klaszcze w dłonie. Termin „stereotypia" pochodzi od greckich słów *stereós* (twardy, trwały) i *týpos* („odcisk, wzór") i jest medycznym wariantem słowa „stereotyp", mającego podobną etymologię. Jednak dzieci trafiające do Singera wykazywały znacznie bardziej złożone reakcje: trzepotanie ramionami, poruszanie palcami, pomruki, grymasy i inne czynności często kojarzone z niepełnosprawnościami intelektualnymi, takimi jak autyzm w stopniu 3 czy zespół Downa. A mimo to rozwijały się prawidłowo.

Singer podkreślał, że w literaturze nie było poważnej dyskusji na ten temat. Wiodący podręcznik medyczny z tamtego okresu zawierał tylko jeden krótki akapit o stereotypiach – i mówił raczej, czym one nie są (nie tikami, nie autyzmem, nie późną dyskinezą), a nie czym są. W innym źródle, ówczesnym DSM-III (Diagnostyczny i Statystyczny Podręcznik Zaburzeń Psychicznych, Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders), wymieniano „stereotypię/zaburzenie nawyków" wśród tak ekstremalnych zachowań, jak dźganie się w oko czy hiperwentylacja. Na Symposium on Hyperkinetic Movement Disorders w Bostonie w 1993 roku przedstawiono trzech na pozór typowych chłopców z „nietypowymi, złożonymi, powtarzalnymi ruchami stereotypowymi". Żadne źródło nie zawierało informacji o przyczynach nieurazowych stereotypii, ich formach, leczeniu ani wpływie na codzienne funkcjonowanie.

„Było mnóstwo pytań bez odpowiedzi – mówił Singer. – Jedynym sposobem, żeby na nie odpowiedzieć, było zajęcie się tematem samemu".

PO STUDIACH WYJECHAŁEM na Zachód – jak to się zwykle robi – by szukać szczęścia w sztukach pięknych. W wieku 25 lat zastanawiałem się, czy nie odniósłbym szybciej sukcesów, gdyby to „coś" nie przerywało mi tak często pisania. Trafiłem do neurologa w San Francisco, który opisał mój stan jako zaburzenie tikowe i przepisał mi guanfacynę – lek, który hamuje tiki, oddziałując na neuroprzekaźniki. Ostrzegł, że skutkiem ubocznym będzie ospałość.

Wróciłem do domu, spojrzałem na buteleczkę tabletek i pomyślałem, że zamieniłbym jeden problem na drugi. Doszedłem do wniosku, że przez całe życie jakoś sobie radziłem – i że bardziej niż leczenia potrzebowałem diagnozy. Zrezygnowałem więc z leków i na prawie dekadę zawiesiłem poszukiwania.

eprasa.pl 8f2784b80f

W 2004 roku zespół Singera opublikował artykuł zatytułowany „Powtarzalne ruchy ramion i rąk (złożone stereotypie ruchowe) u dzieci". Rok później przeprowadzono badania obrazowe mózgu, a w 2008 roku – podłużne badanie setki pacjentów pediatrycznych z CMS (Complex Motor Stereotypies), czyli złożonymi stereotypiami ruchowymi. Wcześniejsze opisy naukowe sugerowały przyczyny psychogenne, ale ustalenia Singera i jego współpracowników wskazywały raczej na podłoże biologiczne. Niemal połowa badanych dzieci miała choroby współistniejące natury neurologicznej – ADHD, OCD, tiki – co wskazywało na wspólne podłoże biochemiczne lub neuroanatomiczne. Co więcej, pojawił się wzór dziedziczenia mendlowskiego: jedna czwarta rodzin uczestników badania zgłaszała krewnego ze stereotypiami ruchowymi, co oznaczało czynnik genetyczny.

Dążenie Singera do zrozumienia CMS zbiegło się w czasie z ogromnymi postępami w badaniach nad mózgiem, w obrazowaniu i genetyce. W 1986 roku badacze z Johns Hopkins i SUNY Upstate Medical University zidentyfikowali neuronalną drogę regulującą ruchy – pętlę CSTC (korowo-prążkowiowo-wzgórzowo-korową), złożony układ opierający się na wielu neuroprzekaźnikach. Sygnały płyną z kory czołowej – odpowiedzialnej za emocje, uwagę, sygnały społeczne i impulsy – do prążkowia w jądrach podstawy, które decyduje o właściwej odpowiedzi ruchowej. Następnie przechodzą przez wzgórze, swoistą centralę sygnałów ruchowych, i wracają do kory ruchowej, która wydaje polecenie wykonania ruchu.

Pojawienie się w 1991 roku czynnościowego jądrowego rezonansu magnetycznego (fMRI) oraz rozpoczęcie w 1992 roku Projektu Poznania Genomu Ludzkiego zrewolucjonizowały badania nad przyczynami zaburzeń ruchowych. Odkryto mutacje genów związane z chorobami Huntingtona i Parkinsona. Johns Hopkins University otrzymał pierwsze urządzenie fMRI w 1999 roku, co pozwoliło naukowcom mocniej powiązać dysfunkcje jąder podstawy – głęboko w centrum mózgu – z zespołem Tourette'a oraz dystonią, czyli mimowolnymi skurczami mięśni. Dalsze prace powiązały z pętlą CSTC wiele zaburzeń ruchowych i emocjonalnych. Choroba Parkinsona została powiązana z niedoborem dopaminy w prążkowiu, a Huntingtona – z jego degeneracją i atrofią kory czołowej. Z nieprawidłowościami CSTC silnie skorelowano zaburzenia tikowe, OCD i ADHD.

W 2005 roku, gdy Singer przeprowadził badanie obrazowe CMS, odkrył, że kierowane do niego dzieci miały znacząco zmniejszoną objętość części pętli CSTC. W 2010 roku psychiatra Roger Freeman z University of British Columbia wraz ze współpracownikami opublikował badanie „Stereotypowe zaburzenie ruchowe: łatwe do przeoczenia", obejmujące 42 dzieci. W 2016 roku Singer i jego zespół udokumentowali obniżone poziomy GABA – neuroprzekaźnika hamującego CSTC – w korze mózgowej. Najnowsze ich badanie fMRI z 2021 roku wykazało zmniejszoną łączność między korą przedczołową a prążkowiem, czyli odnogą pętli CSTC odpowiedzialną za zachowania ukierunkowane na cel.

Wyniki te – i ustalenia innych badaczy – zaczęły się układać w spójny obraz. Dzieci zazwyczaj przejawiały stereotypie około drugiego roku życia. Ruchy były różne – trzepotanie ramionami, machanie palcami, grymasy, kołysanie się – ale wyzwalacze zawsze te same: ekscytacja, silne skupienie, nuda, lęk. Proste rozproszenie potrafiło je zahamować. Ruchy niemal zawsze utrzymywały się w okresie dorastania, choć większość dzieci „prywatyzowała" je tak, jak ja. Freeman zauważył nawet możliwy związek tego syndromu z kreatywnością.

Wyraźnie pod wpływem nowych badań w DSM-5 opublikowanym w 2013 roku (i zaktualizowanym dopiero w 2022) poświęcono stereotypowemu zaburzeniu ruchowemu – o medycznej nazwie CMS – kilka stron. Uwzględniono w nim doprecyzowane kryteria

eprasa.pl 8f2784b80f

Rytmiczne ruchy palców odzwierciedlają to, co dzieje się w umyśle Marino. Nie zmieniły się od szkolnych czasów.

diagnostyczne oraz informacje o czasie wystąpienia, częstości, trwałości, możliwych przyczynach i chorobach współistniejących. Jednak ponieważ wszystkie dotychczasowe badania obejmowały pacjentów pediatrycznych, to, co dzieje się po okresie dojrzewania, nadal pozostaje zagadką. „Jeśli chodzi o dorosłych, zasadniczo nie ma żadnych danych" – powiedział Singer.

SKOŃCZYŁEM 30 LAT, kilka razy się przeprowadziłem, zmieniałem parokrotnie pracę. W końcu zacząłem studiować dziennikarstwo w Nowym Jorku. Wszyscy mieszkańcy tego miasta wiedzą, że wśród pasażerów metra można znaleźć największe oryginały. Raz, wysiadając z pociągu, zobaczyłem mężczyznę machającego dłońmi przy twarzy – i wróciło pragnienie, by się dowiedzieć, czy naprawdę jestem sam.

Tym razem, uzbrojony w wyszukiwarki, wpisałem wszystkie możliwe hasła, m.in.: „hand flapping" (machanie rękami), „spasms" (spazmy), „trance" (trans). Wyświetlały się kolejne linki do stron dotyczących autyzmu. Dodanie słowa „suppressed" (tłumione) zaprowadziło mnie do filmu z mężczyzną z zespołem Tourette'a, który odważnie pokazywał swoje tiki. Przeczytałem nawet wszystkie komentarze. Autorem jednego z nich był ktoś o nicku Digibullet23. Gdy tylko zobaczyłem jego słowa, wiedziałem od razu. „Mam Tourette'a, to jedyne, czym to może być – napisał. – Udaje mi się to ukryć; raz tylko przyłapał mnie kuzyn". Jego ruchy wyglądały niemal identycznie: „Gdy się podekscytuję, przykładam dłonie do twarzy, z dwoma palcami wysuniętymi po obu stronach, na kilka sekund. Naprawdę trudno to wytłumaczyć".

To świadectwo – jak znak życia spod gruzów – rozpaliło we mnie na nowo gorączkę poszukiwań. Odpowiedź wydawała się bliska. Szybko znalazłem stronę Johns Hopkins University poświęconą stereotypiom ruchowym. Z otwartymi ustami przeczytałem o badaniach Singera i Freemana. Śmiałem się, płakałem ze wzruszenia, poczułem ulgę.

Nawet samodiagnoza może odmienić życie. Zawsze brakowało mi języka, by to zjawisko opisać czy usankcjonować, a teraz mogłem użyć prawdziwego terminu medycznego, by wyjaśnić swoje zachowanie, zdobywać informacje i znaleźć inne osoby do mnie podobne. Dołączyłem do specjalnych grup wsparcia w mediach społecznościowych, liczących tysiące członków na całym świecie. Byli to głównie rodzice dzieci z CMS, ale znalazłem też kilkoro dorosłych, z którymi rozmawiałem telefonicznie. Choć byliśmy obcymi ludźmi, tak cieszyło nas dzielenie się doświadczeniami, że w kilku przypadkach rozmawialiśmy ponad godzinę.

Czynnik dziedziczny, w połączeniu z sekretem, dawał niezwykłe historie. Wendy C., 47 lat, z Hertfordshire w Anglii, z którą znów niedawno rozmawiałem, nigdy wcześniej nie słyszała o CMS, zanim takie zachowanie nie pojawiło się u jej córki. Dopiero później wyznała mężowi, że sama robi to samo – w ukryciu. Razem zaczęli szukać informacji i opowiedzieli o swoich ustaleniach dziadkom. Wtedy matka Wendy również się przyznała: ona także!

Podobne odkrycia dokonane dopiero w połowie życia są częste w przypadku stanów trudnych do wyjaśnienia, stygmatyzujących lub nieznanych lekarzom. Chirurg z zespołem Tourette'a, Carl Bennett – pseudonim nadany mu przez neurologa Olivera Sacksa, który opisał go w artykule w „New Yorkerze" w 1992 roku – miał 37 lat, gdy po raz pierwszy usłyszał nazwę swojego stanu w audycji radiowej. Żona Bennetta opowiedziała potem Sacksowi o tamtej chwili: „Ogromnie się podekscytował i zawołał: »Helen, chodź posłuchać! Ten facet mówi o tym, co ja robię!«" Było to w 1977 roku, trzy lata przed tym, jak zespół Tourette'a trafił do DSM. „Był szczęśliwy, że inni też to mają – powiedziała. – Dobrze było to nazwać".

eprasa.pl 8f2784b80f

Jako dziecko, a później nastolatek, Marino instynktownie tłumił ruchy palców, kiedy znajdował się wśród ludzi. Teraz też stara się je powstrzymywać wtedy, kiedy znajduje się w miejscach publicznych, ale ponieważ w końcu po dekadach poszukiwań uzyskał diagnozę, zaakceptował swój stan i już go tak skrzętnie nie ukrywa.

Oczywiście ja sam też nadałem sobie etykietę. Ale nadal nie byłem całkowicie pewien, czy to, co miałem, to rzeczywiście CMS.

W 2023 ROKU SINGER wraz z badaczami z Yale University opublikował badanie sekwencjonowania DNA obejmujące 129 par rodzic–dziecko, w których dziecko miało CMS, oraz 853 osoby kontrolne. Udało się zidentyfikować co najmniej jeden gen związany z CMS. Ale samego schorzenia nie da się „wyeliminować". „Nie ma żadnego naprawdę skutecznego leku" – przyznaje Singer. Donald Gilbert, neurolog dziecięcy z University of Cincinnati College of Medicine, uczeń Singera, podkreśla, że zdarzają się sytuacje, w których stereotypie tak bardzo utrudniają pacjentom życie, że zapisuje im leki antyadrenergiczne. Interesuje się także nowym blokerem dopaminowym, ecopipamem, ale ten wciąż nie został zatwierdzony przez FDA do leczenia tików. Jeśli dzieci są zmotywowane, Gilbert rekomenduje również program terapii poznawczo-behawioralnej opracowany w klinice Singera.

„Praca nad objawami zaczyna się od treningu świadomości" – tłumaczy psycholog kliniczny Matt Edelstein, prowadzący program CMS w Kennedy Krieger Institute. Chodzi o to, by dzieci nauczyły się obserwować swoje ciało i rejestrować momenty, kiedy pojawiają się stereotypie. Edelstein stosuje u pacjentów podejście oparte na grach, jako nieawersyjny wstęp do nauki tłumienia ruchów. Przyznaje, że umiejętność samokontroli dzieci mogą też odkryć same – tak jak zrobiłem to ja, choć nieświadomie i w izolacji. Podoba mi się jednak jego podejście. „Stereotypie nie są czymś złym i nigdy nie będziemy o nich mówić w takich kategoriach" – podkreśla. Zamiast „zaburzenie" woli używać określenia „zjawisko".

Singer i Edelstein potwierdzają też istnienie czegoś, co łatwo zauważyć na forach internetowych: wielu rodziców martwi się stereotypiami dzieci bardziej niż one same. Według niedawnego raportu Pew Research Center, największe obawy amerykańskich rodziców dotyczą zdrowia psychicznego dzieci oraz przemocy rówieśniczej. Aby zwalczyć stereotypie, niektórzy próbują oczyszczania organizmu z metali ciężkich, akupunktury czy diet eliminacyjnych. Jednak wielu rodziców uznaje, że lepszym podejściem jest połączenie edukacji, samoświadomości i nauki akceptacji.

eprasa.pl 8f2784b80f

Bo CMS wcale nie musi być wyłącznie problemem. Podobnie jak „wyspy zdolności” u osób ze spektrum autyzmu czy korzyści związane z ADHD, CMS może mieć pozytywne strony. Freeman już wcześniej pisał o takim podejściu. W pracy z 2010 roku on i współautorzy zauważyli, że „większość dzieci deklarowała, iż lubi swoje stereotypie” – łącząc je z fantazjowaniem, marzeniami i bogatą wyobraźnią.

Neurolog dziecięca Tammy Hedderly z Evelina London Children's Hospital odkryła, że dzieci z CMS często doświadczają niezwykle intensywnych wizualizacji podczas ruchów. W 2016 roku opisała wraz ze współpracownikami zjawisko IIM (intense imagery movements) – intensywnych ruchów wyobrażeniowych, jako podgrupę CMS. „To u niektórych dzieci niemal supermoc – mówi Hedderly – nie coś, co należy patologizować”. Wśród dorosłych, których diagnozowała, nadzwyczaj często znajdowali się architekci, projektanci, pisarze, producenci, muzycy, artyści i osoby o uzdolnieniach matematycznych.

„To część mojego doświadczenia świadomości” – opowiada Byrne Klay, 45-latek z Maryland, muzyk i artysta wizualny, który sam identyfikuje się jako osoba z CMS i IIM. Należy do niewielkiej, odważnej grupy, która nie ukrywa stereotypii w przestrzeni publicznej. Koledzy z zespołu przywykli do jego rytmicznych ruchów dłoni i grymasów podczas prób. Gra na kilkunastu instrumentach i twierdzi, że w trakcie, gdy wykonuje swoje specyficzne ruchy, potrafi bardzo wyraziście wizualizować muzykę i abstrakcyjne idee. „Widzę to, słyszę to – i właśnie wtedy pojawiają się ruchy – mówi. – Nie pozbyłbym się CMS, nawet gdybym mógł.”

Podobnie jak ja, Klay nauczył się samemu wykorzystywać samoświadomość, by regulować emocje i unikać przeciągających się, toksycznych epizodów. Gdy rozpoznaję, że moja przypadłość odciąga mnie od ważnych zadań albo przechodzi w obsesję, delikatnie sprowadzam się do rzeczywistości. „No dobrze, skup się” – mówię sam do siebie.

Hedderly poleca osobom z CMS uważność lub zmodyfikowaną terapię poznawczo-behawioralną, aby mogły czerpać z IIM, gdy są twórcze i konstruktywne. Jej celem jest zapobieganie sytuacjom, w których pacjenci stają się „nieadaptacyjnymi marzycielami”. Termin ten nie figuruje w DSM-5, ale badacze używają go do opisu nadmiernych, żywych marzeń na jawie, często połączonych ze stereotypiami ruchowymi.

Jak radzą sobie osoby z CMS w dorosłym życiu? To pytanie, które interesuje zarówno mnie, jak i Singera. Jego zespół prowadzi obecnie badanie jakości życia u dorosłych, które powinno dać odpowiedź. „Co ciekawe, same ruchy nie wydawały się ograniczające – zauważa Singer na podstawie dotychczasowych danych – większym problemem okazały się kwestie psychospołeczne”.

W BIBLIOTECE GEORGE'A PEABODY'EGO myślę o Freemanie. Przeszedł na emeryturę i nie mogłem już zadać mu pytań na potrzeby tego artykułu, ale kilka lat wcześniej podzielił się ze mną wizją, która wówczas wydawała mi się nierealna. Zasugerował, że w lepszym świecie nie traktowałoby się CMS jako patologii, nie byłby to stygmat. „Nie rozumiesz – upierałem się – to, co robię, jest alarmujące, groteskowe”. On zaś przypomniał mi, że normy społeczne są względne i nieustannie się zmieniają. „Kiedyś ludzie pluli w miejscach publicznych. W urzędach pocztowych i bankach stały spluwaczki. Możesz to sobie wyobrazić?” – tłumaczył. Według niego osoby z CMS powinny pozwolić sobie na stereotypie w przestrzeni publicznej, aby inni się w końcu przyzwyczaili – i wszystkim byłoby łatwiej.

Postanowiłem sprawdzić jego hipotezę. „Proszę bardzo, doktorze Freeman” – mówię w myślach. Zaczynam lekko poruszać palcami, tak jak w domu, gdy nikt mnie nie widzi. Wygląda to tak, jakbym rzucał urok na swój notes. Czuję się komicznie obnażony, jak wtedy, gdy zapomnę ręcznika i po prysznicu przebiegam nago wzdłuż wychodzących na ulicę okien. Ale nie jest tak źle. Nikt nawet nie zwrócił uwagi. Nabieram śmiałości. Podnoszę dłonie do twarzy i zaczynam intensywnie ruszać palcami. Wykrzywiam się w grymasie, jakbym jadł cytrynę, a wyobraźnia zaczyna wirować – to miejsce, ta podróż! Czysta euforia.

Rozglądam się. Bibliotekarz spokojnie stempluje książki. Turyści może spojrzeli, ale na pewno specjalnie ich nie obchodzę. Nie pokazują mnie palcami, nie obgadują. A zresztą, co mnie obchodzi, co myślą? Tylko odwaga bycia sobą daje prawdziwe poczucie akceptacji – łatwo mi to radzić innym, trudniej zastosować wobec siebie. Jestem hipokrytą.

Kiedy docieram do Kennedy Krieger Institute, spodziewam się jednego z młodszych współpracowników Singera. Tymczasem to on sam wchodzi do sali. Siwa bródka, okulary – wygląda raczej przyjaźnie, bardziej jak dziadek niż autorytatywny, pedantyczny profesor. Jest ciepły, spokojny i szczery. Czuję się wystarczająco swobodnie, by pokazać mu swoje ruchy. Aby wykluczyć inne diagnozy, bada reakcję źrenic, każe mi wodzić oczami za świetlną plamką, rozwiązać kilka zadań matematycznych, podskoczyć na jednej nodze. Pyta, co wyzwala moje ruchy, co je powstrzymuje, czy odczuwam przedtem jakąś „aurę” i co sprawia, że ustają. „Albo zapoznałeś się ze wszystkimi badaniami i świetnie udajesz – żartuje – albo rzeczywiście masz złożone stereotypie ruchowe.”

Tak właśnie podejrzewałem, ale musiałem to usłyszeć. Singer zachęca do zadawania pytań, deklaruje, że na każde odpowie, choć przyznaje, że o CMS wciąż wiemy bardzo niewiele. Przedstawia mnie swojemu asystentowi, bym mógł wziąć udział w badaniu jakości życia dorosłych. Wspomina też, że istnieje już terapia behawioralna dla dorosłych, ale mnie to niespecjalnie interesuje. Największy problem – niepewność – rozwiązałem.

Wychodzę ze szpitala, idę na stację metra w Baltimore, by pojechać na lotnisko. Czuję dziwną mieszaninę ulgi i rozczarowania. Podróż dobiegła końca. Oficjalnie należę do 15–20% populacji uważanej za neuroatypową – nasze mózgi, lepsze czy gorsze, działają inaczej. I to trzeba zaakceptować. Przy bramkach mija mnie stylowo ubrany mężczyzna w średnim wieku. Idzie pewnym krokiem i wykrzykuje mimowolne frazy w manierze Tourette'a. Nikt, poza mną, nie zwraca na niego uwagi. ■

Z NASZEGO ARCHIWUM

Nieuchwytne zaburzenie mózgu. Z Paige L'Erario; sierpień 2023.

eprasa.pl 8f2784b80f

Osuwisko tuż za domem

W miarę jak zmiany klimatu przynoszą w góry coraz gwałtowniejsze deszcze, rośnie zagrożenie niebezpiecznymi spływami rumowisk

JEN SCHWARTZ | Ilustracja MARK ROSS

OSUWISKO ZA OGRODEM MOJEGO SĄSIADA nie istnieje – przynajmniej nie według mapy osuwisk stanu Nowy Jork, planu ograniczania ryzyka klęsk w hrabstwie Greene czy też federalnego rejestru prowadzonego przez U.S. Geological Survey. Kiedy jednak stoisz pośrodku rumowiska, gwałtowność zdarzenia, do którego doszło tu 14 lat temu, wciąż jest ewidentna. Szlak osuwiska – fali głazów i błota, która zniszczyła las, spływając ze stromego zbocza Arizona Mountain w paśmie górskim Catskills – ma szerokość około 30 m. To strefa kamieni, powykręcanych pni drzew i pionierskich roślin, które świetnie radzą sobie na takim zdegradowanym terenie.

W upalny lipcowy dzień okresowy strumień Shingle Kill, płynący przez ten wąwóz, jest tak mały, że można go przeskoczyć. Kiedy jednak 28 sierpnia 2011 roku nad górami zawisła burza tropikalna Irene, Shingle Kill wezbrał, podobnie jak wszystkie inne, niepozorne na co dzień strumienie w okolicy. Pędził w dół wąwozu kaskadą w kolorze czekoladowego mleka. Była to szczególnie groźna nawałnica – na północno-wschodnią część gór Catskills spadło miejscami nawet 45 cm deszczu. W całym regionie rzeki przybrały gwałtownie, podmywając brzegi, zalewając miasteczka i porywając domy.

Pierwszy dom, obok którego przepływa Shingle Kill, kiedy dociera do naszej miejscowości, należał wówczas do Diane i Kena Herchenroderów, mieszkających tam od niemal trzech dekad. Wcześniej, gdy Shingle Kill wzbierał od czasu do czasu, słyszeli zazwyczaj dudnienie kamieni obijających się w korycie strumienia. Tym razem jednak było głośniej – i szybciej.

Z oszklonej werandy ich kolonialnego domu z lat 80. XIX wieku patrzyli, jak strumień występuje z brzegów. Najpierw zabrał 10-metrowej długości kładkę łączącą obie części ich posesji. Potem zaczęły spływać w dół strumienia drzewa, uderzające w przepust poniżej podwórza. Przepust szybko się zatkał, a droga została podmyta. Woda odnalazła sobie drogę przez trawnik po jednej stronie strumienia, po czym od drugiej strony wdarła się do środka domu, najpierw wybijając boczne drzwi garażowe, a potem drzwi frontowe. (Kilka dni później ich kosiarka ogrodowa została odnaleziona w dole rzeczki). Diane patrzyła, jak ukochany rząd bzów – prawdopodobnie mających ponad 100 lat i sięgających 4,5 m wysokości – zostaje wyrwany z korzeniami. „Po prostu odpłynęły. Wtedy pomyśleliśmy: to już koniec – wspomina. – A potem usłyszeliśmy huk, jakby w dół góry pędził pociąg."

Mniej niż 600 m wyżej, w niszy na zboczu góry Arizona Mountain ruszyła ziemia. Przesycony wodą grunt stracił równowagę i zjechał do źródliska Shingle Kill. Pędząc coraz szybciej, porywał wszystko, co spotkał na drodze.

Gdy zbocze górskie zaczęło się wypłaszczać, osuwisko wycięło sobie drogę przez las i rozlało się szerzej, pozostawiając ścianę powalonych drzew tuż powyżej domu. Mieszanina kamieni i błota płynęła jednak dalej, zatykając koryto Shingle Kill i docierając aż do drogi, gdzie została zatrzymana przez barykadę z rumowiska przy przepuście.

Robert Titus, emerytowany profesor geologii, oraz jego żona, Johanna Titus, zbadali osuwisko miesiąc później na potrzeby ukazującej się w lokalnej gazecie ich rubryki „Kaatskill Geologist":. „Nie używamy zbyt często słów w stylu »przerażający«, »ekstreamalny« czy »potężny«; zostawiamy je na wyjątkowe okazje – napisali. – To był właśnie jeden z takich momentów". W swojej relacji pisali o „głazach unoszących się na

Jen Schwartz jest starszą redaktorką w „Scientific American". Opisuje, w jaki sposób ludzkość adaptuje się, lub też nie, do szybko zmieniającego się świata.

eprasa.pl 8f2784b80f

Cassie Marion

W lipcu 2025 roku po wielu dniach intensywnych opadów w górach Adirondack w stanie Nowy Jork odnotowano liczne osuwiska błotne i lawiny skalne. Jedno z nich zeszło ze zbocza góry Mount Colden, blokując dostęp do szlaków turystycznych w popularnym rejonie rekreacyjnym High Peaks Wilderness.

powierzchni pędzącego błota" oraz o „setkach poskręcanych i połamanych drzew", które zostały rzucone wysoko ponad brzeg strumienia i teraz tkwiły wysoko na zboczach wąwozu. Titusowie powiedzieli mi niedawno, że czegoś podobnego nie widzieli ani wcześniej, ani później.

Do dziś blizna w miejscu, gdzie wystartowało osuwisko, jest dobrze widoczna z odległości wielu kilometrów.

To, że powstanie osuwiska nie zostało nigdzie odnotowane, było dość dziwne, ale wynikało z takich, a nie innych procedur naprawiania szkód po kataklizmach. Gruz skalny, który zjechał ze zbocza, nie był bezpośrednią przyczyną zniszczeń żadnych budynków ani dróg. Osuwisko nikogo nie zabiło i nie zraniło. Osuwiska nie są nanoszone na mapach w taki sam sposób, w jaki na przykład Federal Emergency Management Agency wyznacza strefy ryzyka powodziowego. Osuwisk nie da się modelować jak powodzi. Ponieważ ubezpieczenie od nich praktycznie nie jest oferowane w większości kraju, nikt nie potrzebuje takich danych do szacowania ryzyka dla właścicieli domów. Według New York Geological Survey, lokalizacja zdecydowanej większości osuwisk w stanie Nowy Jork nie jest znana.

Ale osuwisko Shingle Kill przeobraziło też zbocze góry. Joel DuBois, dyrektor departamentu ds. gleb i wód w hrabstwie Greene, odwiedził kilka razy to miejsce niedługo po przejściu Irene i przeanalizował zdjęcia koryta strumienia sprzed kataklizmu i po nim. Stwierdził, że rumowisko skalne zmieniło profil koryta. „Wystąpiło tam kilka cykli erozji wgłębnej i akumulacji osadów – napisał DuBois. – Wcinanie się strumienia w podłoże, czyli pogłębianie koryta, sprawiło, że jego brzegi stały się bardziej strome, a skarpy wyższe. W rezultacie sąsiednie zbocza stały się podatniejsze na osuwanie się gruntu zarówno podczas, jak i po powodzi. W następstwie sedymenty przemieszczają się w dół strumienia i gromadzą przy istniejących barierach rumowiskowych, co z kolei zwiększa erozję boczną strumienia, która również może przyspieszać powstawanie osuwisk, tłumaczył.

Tereny te stały się podatniejsze na powstawanie osuwisk w czasach, gdy ryzyko takich zdarzeń ma wzrosnąć nie tylko w północno-wschodnich stanach

eprasa.pl 8f2784b80f

USA, ale w wielu innych częściach świata. Dzieje się tak, ponieważ zmiany klimatyczne powodują coraz częstsze występowanie krótkotrwałych, lecz intensywnych ulew. Gwałtowny opad deszczu to główny czynnik inicjujący powstanie osuwiska.

Nie do końca trafne jest stwierdzenie, że osuwiska nie należą do częstych zdarzeń w Catskills, skoro ten bardzo stary płaskowyż jest niszczony już od kilkuset milionów lat. Jednakże na co dzień niewielu mieszkańców stanu Nowy Jork zastanawia się nad tym, czy jakiś rejon jest podatny na osuwiska, a stanowa służba geologiczna może jedynie oszacować, że co roku występuje od 100 do 400 takich zdarzeń.

Wraz z ocieplaniem się klimatu i wzrostem ilości wilgoci w atmosferze takie szacunki szybko tracą na aktualności. Największe ulewy nawiedzające północno-wschodnią cześć USA są obecnie o 60% intensywniejsze niż w latach 50. – wynika z federalnego raportu Fifth National Climate Assessment. W 2023 roku naukowcy z Dartmouth College ustalili, że ekstremalne opady w tym regionie USA wzrosną o 52% do końca tego stulecia, głównie w wyniku wzrostu częstości takich zdarzeń. „Nasze tereny były generalnie w stanie równowagi od momentu, gdy ponad 10 tys. lat temu ustąpiły z nich lodowce. Obecne zmiany klimatyczne mogą naruszyć tę równowagę, a wtedy przyroda będzie się chciała dostosować do nowego reżimu klimatycznego" – wyjaśniał Andrew Kozlowski, geolog stanowy Nowego Jorku, podczas konferencji w 2022 roku.

OGÓLNYM TERMINEM „OSUWISKO" określa się nagłe przemieszczenie się gruntu, kamieni i innych odłamków w dół stoku. Wyróżnia się kilka ich rodzajów. Niektóre osuwiska, takie jak zjazd ziemi w wąwozie Shingle Kill, poruszają się zbyt szybko, aby dało się przed nimi uciec. Inicjują je zwykle gwałtowne ulewy. Są też inne osuwiska zwane rotacyjnymi, którą mogą sięgać na głębokość kilkuset metrów i wstecznie transportować warstwy osadów. One z kolei są bardziej wrażliwe na opady deszczu w ciągu całego sezonu. Mogą przesuwać się bardzo powoli, a osłabiony stok potrzebuje wielu miesięcy na utratę równowagi.

Osuwiska mogą wystąpić praktycznie wszędzie, gdzie istnieją ku temu odpowiednie warunki, ale najczęściej zdarzają się w bardzo stromym, górzystym terenie, na którym występują obfite opady deszczu. W 2024 roku opublikowany został U.S. Landslide Susceptibility Index, według którego 44% powierzchni USA może doświadczyć skutków aktywności osuwisk. Podatność na nie określono po części na podstawie tego, gdzie takie zjawiska występowały wcześniej, a dopiero w ostatniej dekadzie sięgnięto po lidary wysokiej rozdzielczości, za których pośrednictwem można względnie szybko poszukiwać w terenie śladów dawnych i symptomów przyszłych osuwisk. Jednakże nie wszystkie stany w takim samym stopniu skorzystały z takiej możliwości.

Benjamin DeJong, dyrektor Vermont Geological Survey, porównuje podatność na osuwiska do niezbyt precyzyjnego przepisu kulinarnego. Potrzebne jest zbocze wystarczająco strome, by jego wierzchnie warstwy stały się dla niego obciążeniem. Następnie należy dodać luźny materiał, który może zostać łatwo nasączony wodą. Jeśli taka nasączona warstwa znajduje się nad lub pod warstwą gruntu o innej przepuszczalności (czyli zdolności do wchłaniania wody), ten kontrast staje się iskrą zapalną.

Potem należy spojrzeć na to, co znajduje się u podstawy zbocza i na jego szczycie. Jeśli podstawa jest podcięta na przykład przez drogę albo meandrujący strumień, jego podatność na utratę stabilności wzrasta. Podobnie jest wtedy, gdy szczyt zbocza zostanie obciążony dodatkowym ciężarem.

Czwartym składnikiem może być utrata roślinności spajającej glebę. W Kalifornii tak się dzieje regularnie podczas pożarów lasów. Z kolei Vermont przeszedł w XIX wieku „eksperyment, podczas którego próbowano ten stan zamienić w Szkocję, wycinając wszystkie drzewa i sprowadzając tu owce" – mówi DeJong. Był to fatalny pomysł, który wywołał gigantyczną erozję i masowe zjeżdżanie zboczy w doliny. Ostatecznie Vermont porzucił ten plan i pozwolił lasom odrosnąć. Ostatnia zmienna to sposób, w jaki zbocze zostało przygotowane do radzenia sobie z ulewami. Przy coraz częstszych ekstremalnych opadach nawet niewielkie błędy mogą sprawić, że ogromne ilości deszczówki skoncentrują swoją niszczącą moc na osłabionych miejscach, doprowadzając do katastrofy.

Geolog David Petley, autor bloga „Landslide Blog" prowadzonego na stronie internetowej American Geophysical Union, od 2004 roku tworzy bazę danych na temat śmiertelnych ofiar osuwisk na całym świecie. Dostrzegł wyraźny trend długoterminowy. „Jednakże zdecydowanie najwięcej odnotowałem takich osuwisk w 2024 roku. To była inna skala". Dlaczego? „Najprostsza odpowiedź jest taka, że był to najcieplejszy rok na Ziemi w historii pomiarów. Myślę, że to wystarczyło". Istnieją solidne dowody na to, że wysokie temperatury dolnych warstw atmosfery i wierzchnich warstw mórz wzmagają ekstremalne deszcze na całym świecie. „W zeszłym roku częstość takich wielkich ulew była olbrzymia. Uruchamiały one setki tysięcy osuwisk na globie" – mówi Petley.

W USA pozostałości huraganu Helene, który we wrześniu 2024 roku uderzył we Florydę, przyniosły w górskie tereny Karoliny Północnej opady o wysokości od 50 do 75 cm. Huragan uruchomił ponad 2 tys. osuwisk w południowo-wschodniej części kraju. W niektórych miejscach kilka mniejszych błotnych łączyło się w jedno, zagrzebując pod ziemią całe miejscowości. Dokładna liczba ofiar takich zdarzeń jest trudna do ustalenia. Jednakże w Craigtown w Karolinie Północnej błotna lawina wywołana przez ekstremalną ulewę zmiotła z powierzchni ziemi dom, zabijając 11 członków rodziny Craigów, od których nazwiska wzięła nazwę miejscowość. Następnie całe Craigtown zostało zniszczone przez cztery kolejne osuwiska.

Petley wyjaśnia, że w Karolinie Północnej ekstremalnie obfite ulewy mogły „aktywować" wiele bardzo starych osuwisk znajdujących się w Appalachach. Naukowcy z grupy badawczej World Weather Attribution przypisali tę nadzwyczajną intensywność deszczów

eprasa.pl 8f2784b80f

zmianom klimatycznym. Z ich szacunków wynika, że zwiększyły one o około 10% sumy opadów przynoszonych przez huragany do południowo-wschodniej części USA, a niegdyś „bezprecedensowe" trzydniowe ulewy stały się o 70% bardziej prawdopodobne w wyniku zmiany klimatu.

W Kalifornii, gdzie nagłe ześlizgiwanie się zboczy górskich stanowi od dawna poważny problem, zmiany klimatyczne pogarszają sytuację na dwa sposoby. Coraz większe i bardziej niszczycielskie pożary lasów niszczą roślinność trzymającą w ryzach zbocza, po czym pojawiają się rzeki atmosferyczne, czyli długie i wąskie strefy bardzo wilgotnego powietrza przybywającego znad Pacyfiku. One z kolei przynoszą serię gwałtownych ulew. Pomiędzy grudniem 2022 roku a styczniem 2023 Kalifornię zalało dziewięć takich rzek atmosferycznych, przybywających jedna po drugiej – łącznie uruchomiły ponad 600 osuwisk.

Zmiany klimatyczne zwiększają ryzyko osuwisk na całym świecie także w inny sposób. W wysokich górach, takich jak Alpy czy Himalaje, topniejąca wieloletnia zmarzlina i cofające się lodowce destabilizują strome stoki. Katastrofalne załamanie się lodowca w Szwajcarii minionego lata zniszczyło całą wioskę; na szczęście władze ewakuowały mieszkańców tuż przed tym zdarzeniem, choć jedna osoba zginęła.

Petley mówi, że najbardziej zaskoczyło go tempo zmian, szczególnie w czasie ostatniego El Niño. Intensywne opady zdarzały się zawsze, ale nagle zaczęły występować bardzo często. „Nie rozumiem do końca, dlaczego widzimy tak gwałtowny wzrost liczby takich zdarzeń, podczas których jedna ulewa inicjuje 2–3 tys. osuwisk na stosunkowo małym obszarze" – mówi Petley. W 2023 roku w Nowej Zelandii cyklon Gabrielle uruchomił co najmniej 100 tys. osuwisk. Nawet w takich regionach, jak Himalaje, gdzie sezon monsunowy generalnie staje się coraz bardziej suchy, liczba osuwisk także rośnie, ponieważ ulewy, które przychodzą, są intensywniejsze niż dawniej. „Zmiana następuje tak szybko, że w niektórych miejscach na globie nie da się już zarządzać ryzykiem osuwisk – stało się ono zbyt duże" – mówi Petley.

VERMONT, PODOBNIE jak stan Nowy Jork, został mocno dotknięty przez burzę tropikalną Irene w 2011 roku. DeJong, stanowy geolog Vermontu, określa Irene jako „pobudkę". „Nasze góry to teraz miejsce, gdzie huragany przychodzą, żeby w nich umrzeć" – mówi z odrobiną ironii.

Jednak dopiero dwie szalone lipcowe nawałnice – pierwsza w 2023 roku, druga w 2024, a więc w odstępie niemal dokładnie jednego roku – sprawiły, że stanowa służba geologiczna zaczęła się obawiać, iż osuwiska staną się znacznie poważniejszym problemem niż dawniej. DeJong, pomny swoich doświadczeń z Irene, spodziewał się, że lipcowa ulewa z 2023 roku uruchomi najwyżej kilka osuwisk. Tymczasem w ciągu kolejnego miesiąca otrzymał ponad 70 zgłoszeń z prośbą o ocenę ryzyka osuwiskowego. Prace w terenie wykonane po tych dwóch nawałnicach uświadomiły DeJongowi, że opady deszczu na taką skalę „fundamentalnie zmieniają krajobraz w sposób, który nie jest od razu rozpoznawalny" – mówi.

> „Zdecydowanie najwięcej osuwisk odnotowałem na świecie w 2024 roku. Ich liczba była całkowicie poza dotychczasową skalą."
>
> DAVID PETLEY, UNIVERSITY OF HULL

W tej chwili czteroosobowy zespół służby geologicznej stanu Vermont opracowuje mapę podatności na osuwiska. Celem jest stworzenie precyzyjniejszego narzędzia dla naukowców. Dzięki niemu, opierając się na prognozach pogody podawanych przez National Weather Service, można będzie określić ryzyko wystąpienia ruchów masowych gruntu w danej okolicy. Podobne prognozy opracowuje już Los Angeles Department of Public Works. Jeśli się to uda, następny krok – jak deklaruje DeJong – polegał będzie na opracowaniu mapy bardziej dostępnej dla społeczeństwa, aby na przykład osoba planująca zakup działki mogła sprawdzić ryzyko wystąpienia osuwisk przed podjęciem decyzji.

Nie jest to jednak proste zadanie. Miasto Juneau na Alasce postanowiło w 2024 roku wykonać mapę ryzyka osuwiskowego i uwzględnić ją w planowaniu przestrzennym. Mapa miała również wskazać zagrożenia dla już istniejących budynków, co oznaczałoby, że nieruchomości, które znalazłyby się w strefach wysokiego ryzyka, mogłyby stracić na wartości. W efekcie w zeszłym roku propozycja została przez mieszkańców zdecydowanie odrzucona. W Vermont, podobnie jak w wielu innych miejscach, dowody na niestabilność stoków, a nawet występowanie wcześniej osuwisk w danej okolicy, praktycznie nie mają znaczenia przy planowaniu zabudowy czy wydawaniu pozwoleń na budowę.

Wraz z rosnącym ryzykiem osuwisk na terenach górskich coraz pilniejsza staje odpowiedź na pytanie, w jaki sposób należy się adaptować do skutków zmian klimatycznych. Ostatnie katastrofy pokazały, że doliny górskie w niektórych regionach świata mogą nie być najlepszym miejscem do życia. „W Vermont rezygnujemy z zabudowy na terenach, gdzie ryzyko powodzi okazuje się duże, co jest dobre, bo wyprowadzamy ludzi z lokalizacji potencjalne niebezpiecznych" – mówi DeJong. Zarazem jednak stan odczuwa dużą presję mieszkaniową i musi znaleźć tereny nadające się do budowy nowych domów. „Skoro wycofujemy się z dolin, rośnie nacisk na zagospodarowywanie zboczy. I naprawdę trudno jest argumentować, że nie należy tego robić" – mówi. Skuteczna adaptacja do jednego zagrożenia klimatycznego oznacza zderzenie z kolejnym.

W Catskills, gdzie mieszkam, stykamy się z wieloma problemami mającymi swoje źródło w zmianie klimatu: wzrost liczby kleszczy przenoszących choroby, wypieranie rodzimych roślin przez gatunki inwazyjne, powodzie powodowane przez dogorywające huragany, zmniejszenie się opadów śniegu, którego

eprasa.pl 8f2784b80f

„Ostatnie gwałtowne opady deszczu fundamentalnie zmieniają krajobraz w sposób, który nie jest od razu rozpoznawalny."

BENJAMIN DEJONG, VERMONT GEOLOGICAL SURVEY

topnienie zasila warstwy wodonośne, oraz letnie przeskoki od potopu do suszy. Osuwiska Shingle Kill nie traktowałam jak potencjalnego problemu klimatycznego dopóty, dopóki nie pojawiła się propozycja zbudowania ogromnego, ultraluksusowego osiedla na sąsiadującym z nim zboczu. Plan zakłada wybudowanie ponad 85 nowych domów o łącznej powierzchni 25 600 m^2 na działce o powierzchni 40 ha, z czego 45% klasyfikuje się jako strome stoki. Deweloperzy zamierzają wyciąć około 4 ha drzew. Teren ten, podobnie jak cała nasza miejscowość, nie ma dostępu do sieci wodociągowej i kanalizacyjnej. W planach jest wykopanie stawów do magazynowania wody, postawienie małej oczyszczalni ścieków oraz wybudowanie sieci dróg lokalnych.

Publicznie dostępne dokumenty dotyczące projektu nie wskazują, by geolog ocenił, czy ciężar całej zabudowy wraz z wycinką drzew i pracami ziemnymi podczas budowy, mogłyby jeszcze bardziej zdestabilizować stoki Shingle Kill. Nasza miejska rada ds. planowania zatwierdziła projekt w maju 2025 roku, nie wymagając od inwestora sporządzenia oceny oddziaływania na środowisko umożliwiającej zidentyfikowanie zagrożeń i im przeciwdziałanie. (Należę do grupy mieszkańców, która podała do sądu radę miasta, argumentując, że nie przyjrzała się ona dokładnie potencjalnie znaczącym negatywnym skutkom tego projektu, w tym jego wpływowi na dostępność wód gruntowych, erozję, powodzie i ryzyko osuwisk.)

Dom Diane i Kena Herchenroderów nie został uszkodzony przez osuwisko w 2011 roku, ale wyrządziło ono im wiele innych szkód. Duża część ich posesji została „przemodelowana" przez gwałtowny spływ wody. Z koryta strumienia trzeba było usunąć zator z kamieni i błota, miejscami mający wysokość 3 m. Chociaż naprawiono te szkody, Herchenroderowie nie chcieli już tu zostać. „Kiedyś słuchaliśmy deszczu i szumu strumienia przy otwartych oknach i było to bardzo kojące" – wspomina Diane, siedząc w swoim nowym domu w New Hampshire, do którego przeprowadzili się dwa lata po tamtych zdarzeniach. „Muszę przyznać, że Ken i ja nabawiliśmy się wtedy czegoś w rodzaju stresu pourazowego" – mówi. Wykonane przez Diane fotografie osuwiska zostały zapisane na płycie CD, ale nigdy ich ogląda. „W ogóle nie rozmawiamy ze sobą o tamtym dniu. To był okropny moment w naszym życiu".

W 2018 roku dawną posesję Herchenroderów kupił Joe Merlino, który mieszka w niej z córką i matką. Kilka lat temu wezwali członków U.S. Army Corps of Engineers, aby ocenili tempo erozji powodowanej przez Shingle Kill. Koryto strumienia wciąż się poszerza, a ostry zakręt tuż powyżej domu Merlino oznacza, że woda powodziowa mogłaby uderzyć prosto w budynek. Wspomina, że w 2021 roku, kiedy przez Catskills przeszedł sztorm tropikalny Henri, głazy uderzały w most łączący jego dom z przyczepą, w której mieszka matka. „Corps zasadniczo potwierdzili, że ta erozja będzie trwała" – mówi Merlino.

Merlino często spaceruje z psem wzdłuż krawędzi osuwiska, obserwując, jakie zmiany w rumowisku powodują kolejne ulewy. Często myśli o kolejnych osuwiskach, które mogą się pojawić, szczególnie teraz, po zatwierdzeniu dużej inwestycji na wzgórzu za jego domem.

Zapytałam go, czy nie boi się, gdy pojawia się silna ulewa. „Wtedy wracam z pracy wcześniej, by obserwować sytuację i interweniować, jeśli zajdzie taka potrzeba" – mówi. Kilka lat temu przeniósł sypialnię córki na front domu, z dala od stromego nachylonego podwórza. „Najbardziej niepokoi mnie salon, który znajduje się na tyłach domu i ma dużo przeszkleń. Obserwuję, jak woda pokonuje ten zakręt i boję się, że pewnego dnia wyleje się z koryta i zabierze bok budynku" – dodaje.

Hrabstwo Greene, w którym również ja mieszkam, jest jednym z czterech w stanie Nowy Jork uznanych za najbardziej narażone na straty spowodowane przyszłymi osuwiskami. W hrabstwie jest wiele stromych zboczy opadających do doliny rzeki Hudson wyciętej w glinach i iłach pradawnego jeziora glacjalnego, które znikło około 10,5 tys. lat temu. „Spodziewam się, że w niektórych gęsto zaludnionych fragmentach doliny Hudson zobaczymy w przyszłości znacznie więcej osuwisk niż dziś" – powiedział w 2022 roku Andrew Kozlowski, geolog stanu Nowy Jork.

Hrabstwo Greene uznało osuwiska za potencjalne zagrożenie już w 2016 roku. W 2023 ponownie przyjrzało się swojemu planowi ograniczania ryzyka klęsk żywiołowych; nasza gmina Cairo była jedyną, która nie wzięła udziału w tej ocenie. W zaktualizowanym planie wykreślono osuwiska z listy zagrożeń, uzasadaniając, że „jest nieprawdopodobne, aby doprowadziły one do katastrofy."

TO PRAWDA, że osuwiska nie wyrządzają w naszym hrabstwie takich strat gospodarczych, jak powodzie czy burze śnieżne. Jednak gdy już się zdarzają, odbudowa rzadko wchodzi w grę. Gdy w maju 2024 roku jedna z rodzin w Catskill straciła dom w wyniku osunięcia się ziemi po intensywnych opadach deszczu, niewiele można było zrobić poza rozebraniem budynku.

W sytuacji, gdy finansowanie służb ratunkowych i programów odporności klimatycznej jest zagrożone na szczeblu federalnym, czy warto inwestować w mapy oceniające ryzyko osuwisk, które być może nigdy się nie pojawią? Czy ludzie powinni wstrzymywać się z budową domu na potencjalnie niestabilnym zboczu, skoro jest to zapewne mniej ryzykowny krok niż zamieszkanie na terenie zalewowym?

eprasa.pl 8f2784b80f

CJ Matherne

Fragment koryta strumienia Shingle Kill po 14 latach od osunięcia się fragmentu zbocza góry Arizona Mountain w paśmie Catskills w stanie Nowy Jork. Południowe zbocze, widoczne po lewej stronie, nadal ulega erozji.

Według DeJonga są to uzasadnione pytania, ale po doświadczeniach z ostatnich lat widzi sprawy inaczej. „W Vermont mieliśmy niesamowite szczęście, że do tej pory nie było u nas ofiar śmiertelnych" – mówi. Przypomina sobie starszą parę, która była w domu w lipcu 2023 roku, gdy zbocze za nimi się osunęło. Budynek wygiął się, przybierając absurdalny kształt. „Przypominał odwrócony dom z wesołego miasteczka" – wspomina. Służby ratunkowe wydostały ludzi, którym zasadniczo nic się nie stało. Ale DeJong wie, że sprawy mogły się potoczyć o wiele gorzej, jak podczas huraganu Helene w zachodniej części Karoliny Północnej, gdzie przez lata przepisy budowlane ignorowały ryzyko związane ze stawianiem domów na stromych pochyłościach terenu.

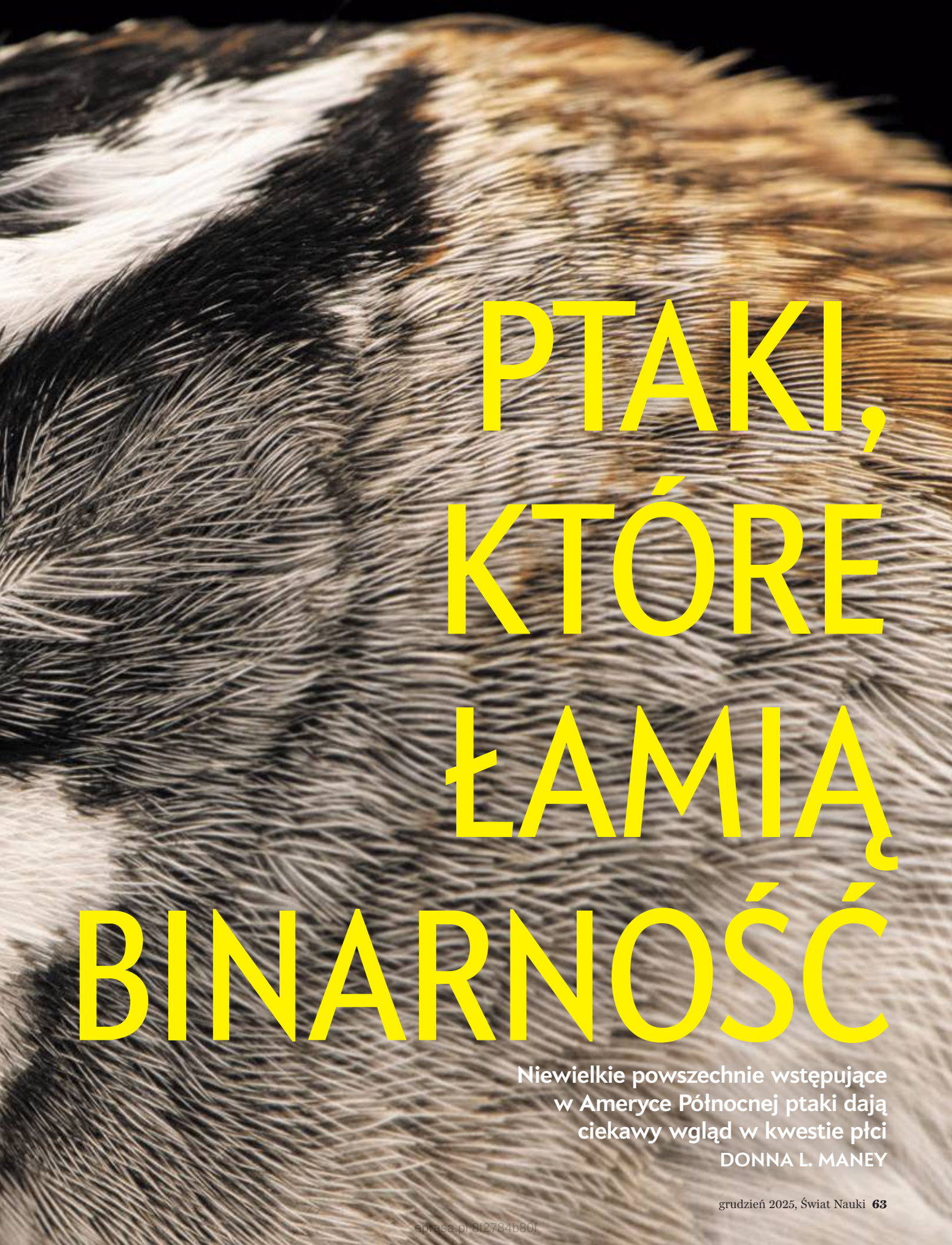
Czasami wystarczy jedno groźne osuwisko, by zmienić podejście ludzi do ryzyka. DeJong mówi, że przed 2014 roku stan Waszyngton, podobnie jak Nowa Anglia, nie przywiązywał dużej wagi do osuwisk, a stanowa służba geologiczna się nimi nie interesowała. Potem jednak zdarzyło się nieszczęście w Oso, miejscowości położonej godzinę jazdy samochodem od Seattle. Równowagę straciło tam wielkie zbocze, które zmiażdżyło całe osiedle i zabiło 43 osoby. Od tego momentu stan Waszyngton zaczął bardzo poważnie traktować osuwiska.

„Osuwisko takie jak w Oso może i u nas czyhać gdzieś za rogiem" – mówi DeJong. – Gdy dojdzie do osunięcia ziemi, ludzie będą pytać, dlaczego nie mówiono o tym zagrożeniu, skoro X osób właśnie zginęło." DeJong ma nadzieję, że jego zespół ukończy wkrótce mapy ryzyka osuwiskowego, by władze mogły ostrzec mieszkańców szczególnie zagrożonych terenów, gdy pojawią się prognozy nawalnych deszczów w Green Mountains. „Nie czekamy, lecz działamy zawczasu, aby X nigdy nie stało się konkretną liczbą." ■

Z ARCHIWUM

The Disasters Science Neglects. Naomi Oreskes; kwiecień 2023. ScientificAmerican.com/archive

eprasa.pl 8f2784b80f



PTAKI, KTÓRE ŁAMIĄ BINARNOŚĆ

Niewielkie powszechnie występujące w Ameryce Północnej ptaki dają ciekawy wgląd w kwestie płci

DONNA L. MANEY

epresa.pl 8f2784b80f

W TWOIM OGRODZIE NASTAŁA WIOSNA. Przyglądasz się parze małych, brązowych ptaków śpiewających, które przelatują z miejsca na miejsce, a ich białe gardła migoczą w słońcu. Jeden z ptaków ma wyraziste czarno-białe pasy na czubku głowy i co jakiś czas wyśpiewuje swoją pieśń. Jego towarzysz jest bardziej niepozorny, z rudobrązowymi i szarymi pasami na głowie oraz brązowymi pręgami przebiegającymi przez białe gardło. Ponieważ, według powszechnie panującego przekonania, samce ptaków są barwniejsze od samic, powściągliwych kolorystycznie i cichych – postanawiasz nazwać jaskrawszego śpiewaka Romeo, a tego subtelniejszego, milczącego – Julią.

Ale później tego samego dnia zauważasz, że Julia przysiadła na płocie i głośno śpiewa. Jej pieśń jest jeszcze donośniejsza i bardziej efektowna niż ta Romea. Zastanawiasz się: Czy samice ptaków śpiewają? Następnie widzisz, jak Romeo przynosi gałązkę do gniazda ukrytego pod krzewem. Twój przewodnik po ptakach mówi, że w tym gatunku to samica buduje gniazdo – sama. Co tu się dzieje?

Okazuje się, że kiedy nazwałeś swoje ptaki Romeo i Julia, popełniłeś ten sam błąd, co XIX-wieczny artysta i przyrodnik John Audubon. Na akwareli przedstawiającej te gatunek oznaczył on jaskrawszego ptaka jako „samca", a bardziej stonowanego jako „samicę". Romeo może wyglądać jak samiec, nawet dla eksperta takiego, jak Audubon, ale to Romeo buduje gniazdo i składa w nim jaja. Z kolei Julia, wyglądająca na samicę, ma jądra i broni terytorium, śpiewając zarówno sama, jak i w duecie z Romeem, który także śpiewa.

Romeo i Julia to pasówki białogardłe (*Zonotrichia albicollis*). Na pierwszy rzut oka ten gatunek ptaków śpiewających wydaje się całkiem zwyczajny. Jak w przypadku wielu innych ptaków, jeden członek każdej pary lęgowej ma bardziej wyraziste upierzenie – wygląd, który tradycyjnie uznalibyśmy za typowy dla samców. Drugi ptak w parze ma raczej przytłumione barwy, czyli jest „samicopodobny".

Jednak gdy przyjrzymy się bliżej, białogardłe pasówki okazują się niezwykłe. Jeśli założylibyśmy, że jaśniejszy ptak w każdej parze to samiec, mielibyśmy rację tylko w połowie przypadków. W około 50% par lęgowych jaśniejszy ptak rzeczywiście ma jądra, a ciemniejszy jajniki, co odpowiada klasycznemu schematowi u ptaków śpiewających. Ale w pozostałych parach to ptak o wyrazistszym upierzeniu ma jajniki, a ten o bardziej stonowanym – jądra.

Naukowcy już w latach 60. odkryli, że pasówki białogardłe występują w dwóch formach (odmianach) barwnych: jaśniejszej „białopaskowej" (white-striped) i bardziej stonowanej „brunatnopaskowej" (tan-striped). Choć odmiana barwna nie ma związku z płcią

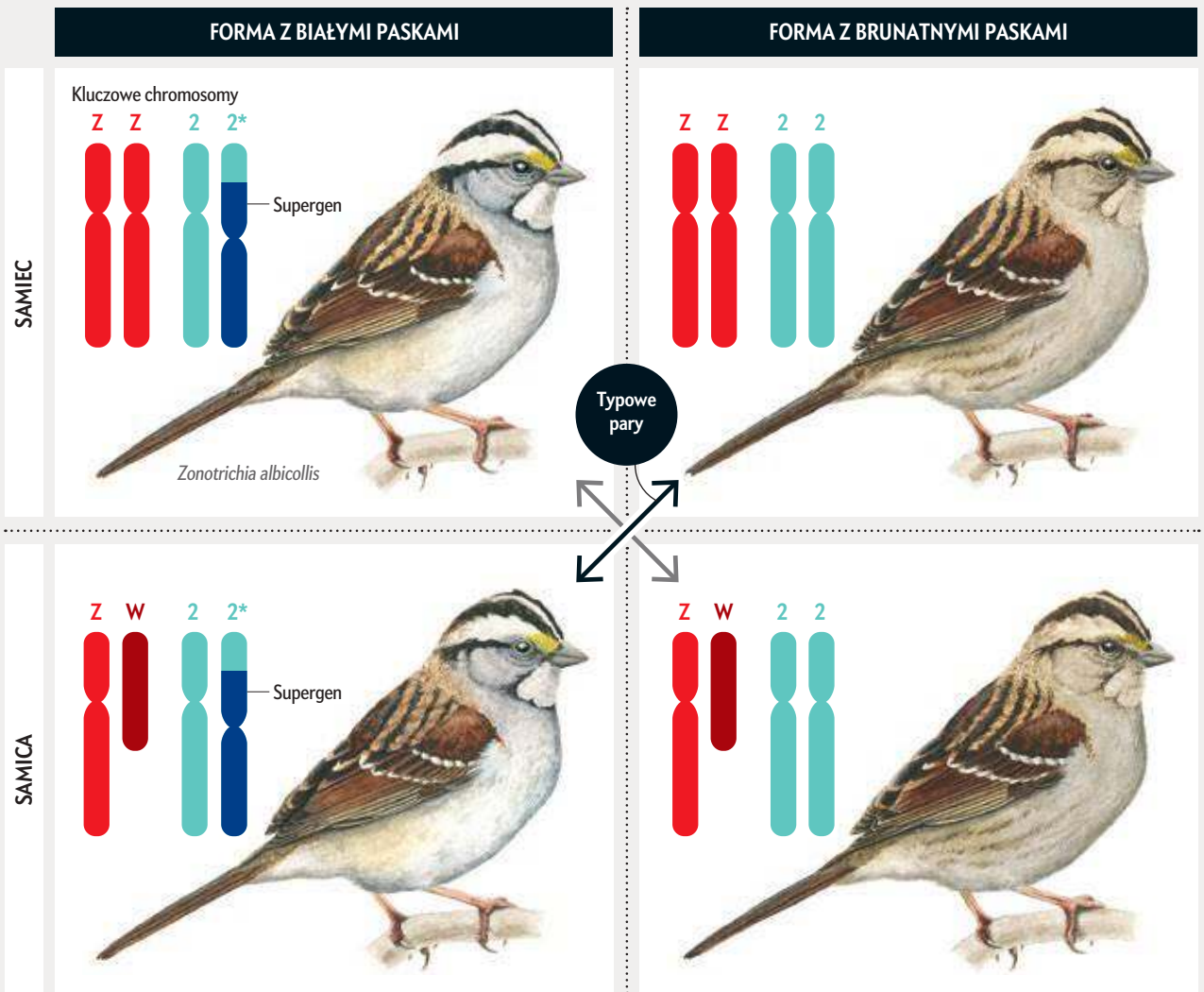
Donna L. Maney
jest neurobadaczką na Emory University. W swoich bieżących badaniach koncentruje się na płci biologicznej i płci kulturowej jako zmiennych w badaniach biomedycznych.

© Joel Santore/Photo Ark (*poprzednie strony*)

eprasa.pl 8f2784b80f

Nietypowa strategia rozrodu

Pasówki białogardłe występują w dwóch odmianach: z białymi pasami na głowie oraz z pasami rudobrązowymi. U ptaków obu odmian występuje takie samo prawdopodobieństwo posiadania jajników lub jąder. Przy wyborze partnera pasówki zwracają uwagę zarówno na płeć, jak i na formę barwną, z których każda jest powiązana ze specyficznymi chromosomami. Chromosomy płci u ptaków to Z i W. Osobniki z zestawem ZW zazwyczaj rozwijają jajniki, natomiast ptaki z parą ZZ – jądra. Kolor upierzenia jest związany z chromosomem numer 2, który u pasówek białogardłych występuje w dwóch wersjach: „standardowej" oraz przeorganizowanej, zawierającej tzw. supergen. Ptaki mające supergen są przeciętnie bardziej terytorialne i mniej opiekuńcze niż te, które go nie mają. Co ciekawe, osobniki z białymi pasami zazwyczaj wybierają na partnerów te z pasami rudobrązowymi – i odwrotnie.



– ptaki obu odmian mogą mieć zarówno jajniki, jak i jądra – to jednak zwracają na nią uwagę przy wyborze partnera. Bez względu na płeć, brunatnopaskowe ptaki prawie zawsze wybierają na partnerów białopaskowe i odwrotnie. Oznacza to, że każdy osobnik wybiera partnera tylko z 25% całej populacji. Jeśli jesteś brunatnopaskową samicą szukającą partnera do rozrodu, samiec o takiej samej barwie nie wchodzi w grę – potrzebujesz samca z białymi paskami.

Ta skomplikowana i unikalna sytuacja sprawiła, że pasówki białogardłe nazywane są „ptakiem o czterech płciach". Jednak dla jasności – te ptaki nie mają czterech różnych typów gonad. Podobnie jak u innych ptaków, każdy osobnik zazwyczaj ma albo dwa jądra wytwarzające plemniki, albo jeden jajnik produkujący komórki jajowe. Niemniej jednak, jak pokazują najnowsze badania, ten gatunek ma nam wiele do przekazania na temat zmienności płci – tego, w jaki sposób zachowania związane z płcią są kształtowane przez geny, jak złożona jest struktura chromosomów związanych z płcią oraz jak ewoluował sam proces rozmnażania płciowego. Co istotne, gatunek ten podważa

ŹRÓDŁO: "Multivariate Models of Animal Sex: Breaking Binaries Leads to a Better Understanding of Ecology and Evolution", J. F. McLaughlin i in., „Integrative and Comparative Biology", tom 63; październik 2023 (*dane*)

Grafika Rebecca Gelernter

eprasa.pl 8f2784b80f

praktykę sprowadzania cudownej różnorodności natury do dwóch kategorii: samiec i samica.

OD 25 LAT BADAM ten fascynujące zwierzęta, starając się zrozumieć, w jaki sposób zachowanie społeczne i struktura genomów mogą wzajemnie wpływać na swoją ewolucję. Pasówki białogardłe stanowią szczególnie dobry model do tego rodzaju badań, ponieważ zarówno kategorie płci, jak i odmiany barwne powiązane są u nich ze specyficznymi chromosomami. Chromosomy płci, które u ptaków oznacza się literami Z i W, decydują o tym, czy pierwotne gonady rozwiną się w jajniki, czy w jądra. Ptaki mające zarówno chromosom Z, jak i W, zazwyczaj rozwijają jajnik, podczas gdy osobniki z dwiema kopiami chromosomu Z rozwijają jądra. Odmiana barwna z kolei wiąże się z innym chromosomem – chromosomem 2. Podobnie jak chromosomy płci, chromosom 2 u pasówki białogardłej występuje w dwóch wersjach. Jedna, standardowa, była pierwszą, którą zsekwencjonowali naukowcy. Druga to wersja przekształcona, zawierająca tzw. supergen – zestaw genów sprzężonych dziedziczonych łącznie. Niezależnie od płci, ptaki z kopią supergenu rozwijają się jako białopaskowe, a te z dwiema kopiami standardowego chromosomu – jako brunatnopaskowe.

Choć same odmiany barwne nie są technicznie płciami, to standardowa i „supergenowa" wersja chromosomu 2 mają pewne cechy wspólne z ludzkimi chromosomami płciowymi X i Y. W typowej parze lęgowej jeden ptak ma dwie kopie standardowego chromosomu – podobnie jak XX u ludzi. Drugi ptak ma jedną kopię standardowego chromosomu i jedną kopię z supergenem – analogiczne do ludzkiego XY. Tak jak ludzie z dwiema kopiami chromosomu Y są niezwykle rzadcy, tak też pasówki białogardłe z dwiema kopiami supergenu występują sporadycznie. Prawie wszystkie białopaskowe ptaki mają jedną standardową kopię chromosomu 2 i jedną kopię z supergenem. Wersja chromosomu 2 zawierająca supergen przypomina chromosom Y ssaków także pod innymi względami. Aby zrozumieć te podobieństwa, trzeba spojrzeć na jego ewolucję.

Genetyk James W. Thomas z Emory University wykazał, że supergen powstał w wyniku kilku dużych inwersji – fragmentów DNA, które dawno temu obróciły się o 180° względem standardowej sekwencji. Przebudowany obszar chromosomu 2 u pasówek białogardłych jest tak duży, że jego dwie wersje nie mogą się precyzyjnie dopasować i wymieniać genami – proces ten, zwany rekombinacją, jest u nich w zasadzie niemożliwy. Generalnie niezgodne sekwencje nie stanowią wielkiego problemu pod warunkiem, że istnieje inna kopia tej samej wersji chromosomu, z którą mogą się sparować i wymienić genami. Jednak w przypadku wersji supergenowej chromosomu 2 zwykle takiej drugiej kopii nie ma. Podobnie jak jest u ssaków w przypadku chromosomu Y, osobniki mające chromosom z supergenem mają zazwyczaj tylko jedną jego kopię. W rezultacie u ptaków o brązowych paskach dwie standardowe wersje chromosomu 2 mogą swobodnie się rekombinować, natomiast u osobników o białych paskach wersja supergenowa pozostaje odizolowana, niezdolna do wymiany genów z partnerem.

Ta izolacja powoduje, że sekwencje genów wewnątrz supergenu z czasem zaczynają się różnić od odpowiadających im sekwencji w standardowej wersji chromosomu, stając się coraz mniej do nich podobne. Brak rekombinacji sprawia również, że geny w obrębie supergenu zostają „zablokowane", co oznacza, że każdy białopaskowy ptak dziedziczy duży blok coraz bardziej zróżnicowanych genów. U tych pasówek różnice te przekładają się na odmienności w upierzeniu i zachowaniu.

Ewolucyjne zmiany zachodzące w chromosomie 2 u pasówek białogardłych w pewnym stopniu odzwierciedlają klasyczną teorię ewolucji chromosomów płciowych. W przypadku chromosomów X i Y u ssaków przypuszcza się, że zahamowanie rekombinacji doprowadziło do stopniowej utraty funkcji genów, a nawet do utraty całych genów. Z czasem chromosom Y uległ degeneracji do tego stopnia, że dzieli tylko niewielką liczbę genów z chromosomem X. Podobny proces zaszedł w przypadku chromosomów płciowych u różnych gatunków, w tym u ssaków, ptaków i wielu owadów: chromosom związany z rozwojem jąder lub jajników przestał rekombinować ze swoim dawnym odpowiednikiem i uległ znacznym zmianom. Chromosom 2 z supergenem u pasówek białogardłych wydaje się znajdować w podobnej sytuacji. Aby dokładniej zbadać te podobieństwa, współpracowaliśmy z naukowcami z Georgia Institute of Technology pod kierownictwem Soojin V. Yi. Nasze badania wykazały, że supergen wykazuje jedynie minimalne oznaki degeneracji. Oznacza to, że chociaż chromosom z supergenem może w wielu aspektach powtarzać ewolucję chromosomu płciowego, nie widać wyraźnych oznak tego, że w najbliższym czasie stanie się on tak mały jak chromosom Y.

Chromosom 2 u pasówek białogardłych przypomina również system chromosomów XY u ssaków pod względem jego wpływu na zachowanie. Ptaki z wersją supergenową – czyli białopaskowe – z większą determinacją bronią swoich terytoriów lęgowych niż ich brunatnopaskowe odpowiedniki, które poświęcają więcej czasu na karmienie piskląt w gnieździe. Innymi słowy, zachowania, które kojarzymy z chromosomem Y u ssaków – takie jak agresja terytorialna kosztem opieki rodzicielskiej – zostały powiązane z supergenem, mimo że supergen nie znajduje się na chromosomie płciowym.

Rozdzielenie tych cech od gonad sprawia, że gatunek ten jest szczególnie wartościowy w badaniach nad ewolucją cech związanych z płcią oraz nad tym, w jakim stopniu dany osobnik może być określany jako jedna lub druga płeć. U pasówek białogardłych „męskie" i „żeńskie" cechy rozkładają się w sposób całkowicie niezależny od płci gonadalnej. Białopaskowe ptaki z jajnikami zachowują się w sposób bardziej „męski", niż można by oczekiwać po samicach ptaków śpiewających, a brunatnopaskowe ptaki z jądrami wyglądają i zachowują się stosunkowo „kobieco". Ponieważ różnice w zachowaniu między odmianami barwnymi wynikają z sekwencji genetycznej niezwiązanej z płcią ani

eprasa.pl 8f2784b80f

U pasówek białogardłych, śpiewają zarówno ptaki z białymi paskami (*po prawej*), jak i te z brunatnymi.

Glenn Bartley/Minden Pictures (*po lewej*); Scott Leslie/Minden Pictures (*po prawej*)

chromosomami płciowymi, supergen u białopaskowych pasówek stanowi ważne narzędzie identyfikacji wariantów genów, które skłaniają ptaka do określonego zachowania – niezależnie od tego, jakie ma on gonady.

DWUDZIESTOWIECZNY GENETYK Theodosius Dobzhansky [ur. w 1905 r. w Imperium Rosyjskim w Niemirowie – dziś Ukraina – od 1927 r. mieszkał w USA, gdzie zmarł w 1975 r. – przyp. red „ŚN"], który powiedział kiedyś: „Nic w biologii nie ma sensu, jeśli nie jest rozpatrywane w świetle ewolucji", spekulował, że inwersje są adaptatywne, ponieważ przechwytują i wiążą razem warianty genów, które zapewniają wspólne korzyści, gdy są łącznie dziedziczone. Inwersje tworzące supergen pasówki białogardłej przechwyciły około 1000 genów, które powoli różnicują się od swoich standardowych wersji, co stanowi bogate źródło możliwości dla współadaptacji.

W moim laboratorium na Emory University rozpoczęliśmy poszukiwania wariantów genów wewnątrz supergenu, które wpływają na zachowanie pasówek białopaskowych i brunatnopaskowych w kierunku odpowiednio bardziej „męskiego" lub „żeńskiego". Wiedzieliśmy, że poziomy hormonów steroidowych – testosteronu u samców i estradiolu u samic – są wyższe u białopaskowych niż u brunatnopaskowych ptaków. Jednak ta różnica w poziomie hormonów nie tłumaczyła różnic w zachowaniu. Gdy eksperymentalnie wyrównaliśmy poziomy hormonów steroidowych między obiema odmianami, białopaskowe ptaki nadal wykazywały większą agresję, mimo że miały identyczne poziomy hormonów, jak brunatnopaskowe. Być może białopaskowe ptaki są po prostu wrażliwsze na własne steroidy. Jeśli tak, zastanawialiśmy się, jaka jest biologiczna podstawa tej wrażliwości?

Aby odpowiedzieć na to pytanie, Brent M. Horton i ja stworzyliśmy zespół, który przyjął podejście neurobiologiczne. Uznaliśmy, że zwiększona wrażliwość na hormony steroidowe u białopaskowych ptaków może wynikać z wyższych poziomów receptorów tych hormonów w ich mózgach. I rzeczywiście, w części mózgu związanej z zachowaniami reprodukcyjnymi białopaskowe ptaki wykazują niezwykle wysoką aktywność genu kodującego receptor hormonów steroidowych, który jest kluczowy dla agresji terytorialnej. Gen ten, zwany *ESR1*, znajduje się wewnątrz regionu chromosomu 2, który odpowiada lokalizacji inwersji. W trakcie ewolucji wariant *ESR1* w supergenie stopniowo różnicował się genetycznie w stosunku do swojego odpowiednika w standardowym chromosomie. Ta różnica genetyczna zwiększyła aktywność wariantu supergenowego, co sprawia, że białopaskowe ptaki mają wyższy poziom ekspresji tego genu w tym obszarze mózgu niż brunatnopaskowe. Co więcej, im aktywniejszy jest wariant supergenowy *ESR1* w porównaniu do wersji standardowej, tym ptak agresywniejszy. To był nasz dowód.

Aby definitywnie wykazać, że ten receptor odgrywa kluczową rolę w agresji białopaskowych ptaków, Jennifer R. Merritt, ówczesna doktorantka na Emory, przeprowadziła eksperyment, w którym manipulowała produktami molekularnymi genu *ESR1*. Postawiliśmy hipotezę, że jeśli białopaskowe ptaki są agresywniejsze z powodu wyższych poziomów receptorów

eprasa.pl 8f2784b80f

XIX-wieczny artysta i naturalista John Audubon błędnie zakładał, że wszystkie pasówki białogardłe z białymi paskami są samcami, a te z brunatnymi paskami – samicami.

Fine art images/Heritage Images via Getty Images

hormonów, to różnice w agresji między odmianami powinny zniknąć, jeśli eksperymentalnie obniżymy produkcję receptora u tych ptaków do poziomu u brunatnopaskowych w danym obszarze mózgu. Tak jak przewidywaliśmy, białopaskowe ptaki z obniżonym poziomem receptora nie wykazywały większej agresji niż brunatnopaskowe. Innymi słowy, byliśmy w stanie zmienić ich zachowanie z „białopaskowego" na „brunatnopaskowe" poprzez manipulację aktywnością pojedynczego genu.

Choć to odkrycie było ekscytujące, nie mieliśmy złudzeń, że agresywne zachowanie białopaskowej formy da się wyjaśnić tylko jednym genem. Wierzymy, tak jak wierzyłby Dobzhansky, że zachowanie jest kształtowane przez wiele współadaptowanych genów wewnątrz supergenu. Nasza analiza wszystkich genów supergenu, przeprowadzona przez badaczkę z Emory University, Wendy M. Zinzow-Kramer, wykazała, że *ESR1* jest częścią dużej sieci genów w supergenie, które są predyktorem agresji terytorialnej.

Uzbrojeni w wiedzę, że sąsiednie geny mogą pełnić powiązane funkcje, skierowaliśmy naszą uwagę na gen *VIP*, znajdujący się niemal obok *ESR1* w supergenie. *VIP* jest szeroko aktywny w mózgu i wpływa na różne zachowania społeczne u kręgowców. U ptaków śpiewających aktywacja *VIP* w jednej części mózgu promuje agresję, a w innej – zachowania rodzicielskie. Ponieważ te właśnie zachowania różnią się między odmianami barwnymi pasówek białogardłych, gen ten stał się naszym głównym kandydatem do dalszych badań.

Horton i jego zespół wykazali, że w regionie mózgu związanym z agresją aktywność genu *VIP* jest wyższa u białopaskowych ptaków. Natomiast w regionie związanym z zachowaniami rodzicielskimi aktywność *VIP* jest wyższa u brunatnopaskowych. Ponieważ białopaskowe ptaki są bardziej agresywne, a brunatnopaskowe bardziej opiekuńcze, to odkrycie mocno sugerowało, że *VIP* odgrywa rolę w tych różnicach. Ale jak to możliwe, że ten sam wariant genu może być bardziej aktywny w jednej części mózgu i mniej aktywny w innej?

Zespół kierowany przez Mackenzie R. Prichard, ówczesną doktorantkę na Emory University, dostarczył ważnej wskazówki. Wariant *VIP* wewnątrz supergenu różni się od wersji standardowej nie tylko genetycznie, ale także w inny istotny sposób. DNA może być oznakowany chemicznymi znacznikami, które nie są częścią sekwencji genu – przyczepiają się one do niego epigenetycznie, co może go wyciszać. W regionie mózgu, gdzie *VIP* promuje agresję, znaczniki te są znacznie mniej obecne w supergenowym wariancie *VIP*. Chociaż mechanizmy regulujące te znaczniki nie są jeszcze w pełni poznane, ich usunięcie z supergenu prawdopodobnie umożliwia większą produkcję peptydu VIP w tym obszarze u białopaskowych ptaków. Sytuacja wygląda inaczej w regionie mózgu związanym z zachowaniami rodzicielskimi, gdzie aktywność supergenowego wariantu *VIP* jest znacznie niższa.

Te odkrycia są ekscytujące, ponieważ pokazują, że produkcja peptydu VIP jest regulowana w różnych częściach mózgu w sposób adaptatywny dla każdej odmiany. W regionie mózgu, gdzie *VIP* promuje agresję, „hamulce" na wersję supergenową genu zostały usunięte. W rezultacie wyższa aktywność może pozwolić białopaskowym ptakom na większą produkcję peptydu VIP, tam gdzie jest on potrzebny do agresji. W regionie mózgu związanym z zachowaniami rodzicielskimi hamulce zostały bardziej „dociśnięte" do supergenu, co może zmniejszyć produkcję VIP w tej części mózgu u białopaskowych ptaków, czyniąc je mniej opiekuńczymi.

Czy to istotne, że warianty *ESR1* i *VIP* są tak blisko siebie w supergenie? Czy są współadaptatywne na poziomie molekularnym? Tego jeszcze nie wiemy. Nawet jeśli produkty tych genów nie oddziałują bezpośrednio, oba przyczyniają się do agresywnego fenotypu białopaskowych ptaków. Dobzhansky mógłby argumentować,

eprasa.pl 8f2784b80f

że już sama ta wspólna funkcja czyni ich powiązanie adaptatywnym. Z biegiem ewolucji supergen prawdopodobnie zgromadzi jeszcze więcej wariantów genów i znaczników epigenetycznych, które będą wspierać agresywny fenotyp, zgodnie z teorią ewolucji chromosomów związanych z płcią.

Pasówki białogardłe pokazują, że cechy, które zwykle kojarzymy z płcią, mogą być kształtowane przez geny niezwiązane z chromosomami płciowymi. W tym gatunku niektóre z tych genów są ze sobą powiązane i skorelowane z wyraźnym, „okołopłciowym" fenotypem, co ułatwia ich badanie. Jednak rozdzielenie genów związanych z płcią od chromosomów płciowych wcale nie jest wyjątkiem. U wszystkich organizmów rozmnażających się płciowo, w tym ludzi, większość genów wpływających na zmienność płciową nie jest związana z żadną określoną architekturą genomową. Nawet geny biorące udział w rozwoju gonad i syntezie hormonów można znaleźć na różnych chromosomach, rozmieszczone w genomie w sposób umożliwiający swobodne rekombinowanie. Każda jednostka dziedziczy nową kombinację materiału genetycznego i epigenetycznego, co prowadzi do powstania różnorodności, która nie poddaje się sztywnym binarnym kategoriom.

U WIĘKSZOŚCI GATUNKÓW rozmnażających się płciowo do powstania zarodka potrzebne są dwie gamety: jedna komórka jajowa i jeden plemnik. Ten podział jest wyraźny. Jednak binarność komórek jajowych i plemników nie odnosi się do późniejszego rozwoju zarodka w organizm o określonej płci i powiązanych z nią zachowaniach. Rozwój ten jest koncepcyjnie odrębny i w wielu aspektach zdecydowanie niebinarny. Aby to zrozumieć, warto zastanowić się nad teoretyczną ewolucyjną funkcją rozmnażania płciowego.

Biolodzy od dawna twierdzą, że genetyczna funkcja płci – czyli mieszanie genomów w celu stworzenia potomstwa – polega na generowaniu kombinacji genów, które mogą zapewniać przewagę w nieprzewidywalnym przyszłym środowisku. Rozmnażanie płciowe przyspiesza ten proces, dzięki czemu korzystne kombinacje genów utrwalają się znacznie szybciej, niż gdybyśmy jedynie klonowali siebie i czekali na przypadkowe mutacje prowadzące do lepszych cech. Innymi słowy, głównym celem istnienia płci jest różnorodność. Każdy nowy organizm ma unikalny genom, inny niż genomy jego rodziców.

Z nie do końca wyjaśnionych powodów cechy związane z rozmnażaniem wykazują największą różnorodność. Zróżnicowanie fenotypów płciowych obserwuje się nie tylko u pasówkami białogardłych – w świecie zwierząt jest ono naprawdę ogromne i spektakularne. Mimo że u większości gatunków rozmnażających się płciowo zarodki powstają w wyniku połączenia jednej komórki jajowej z jednym plemnikiem, ich późniejszy rozwój jest niezwykle elastyczny i plastyczny. Wiele ryb może zmieniać swoją produkcję gamet z jaj na plemniki i odwrotnie; niektóre gatunki robaków produkują oba rodzaje gamet jednocześnie; niektóre jaszczurki wcale nie produkują plemników. U wielu gadów rozwój jajników lub jąder zależy nie od kodu genetycznego, ale od temperatury inkubacji jaj. Świat przyrody jest paradą różnorodnych form i funkcji płciowych.

Jeszcze do niedawna gatunki takie, jak zmieniające płeć ryby, całkowicie żeńskie jaszczurki czy pasówki białogardłe z ich „czterema płciami" były traktowane jako ciekawostki – dziwne wyjątki od reguły. Ale to podejście szybko się zmienia. Nowe narzędzia badawcze podważają zasady, które kiedyś uznawano za pewnik. Odkrywamy, że molekularne szlaki kierujące rozwojem jąder, jajników i innych cech związanych z płcią są ewolucyjnie niestabilne i kruche. Geny i białka zaangażowane w rozwój gonad różnią się nawet między blisko spokrewnionymi gatunkami. Te szlaki nie są dobrze utrwalone w ewolucji, co świadczy, że pozostają elastyczne z ważnych powodów.

Różnorodność cech związanych z płcią jest zdumiewająca nie tylko międzygatunkowo, ale i w obrębie jednego gatunku. Każdy osobnik – wróbel czy człowiek – ma zarówno cechy „męskie", jak i „żeńskie". Ta różnorodność jest często ignorowana, gdy dzielimy organizmy na dwie kategorie i traktujemy każdą jako jednorodną grupę. Porównując kategorie „kobieta" i „mężczyzna", zazwyczaj mówimy o „różnicach płciowych" – ale jest to wynik binarnego podejścia, które z góry narzuca podział. Tymczasem w rzeczywistości między tymi grupami istnieje ogromne nakładanie się cech w niemal każdym możliwym aspekcie.

Pasówki białogardłe pomagają wyjść poza binarny stereotyp podziału płci, zmuszając do dostrzeżenia innych źródeł zmienności, wśród których płeć jest w rzeczywistości tylko jednym z wielu. Różnorodność i plastyczność ekspresji fenotypowej to norma, zwłaszcza w przypadku cech powiązanych z płcią. Cechy te nie są „sztywno zaprogramowane". Biolodzy ewolucyjni uważają, że taka plastyczność – podobnie jak niezwykła różnorodność molekularnych szlaków determinujących płeć – może być adaptatywna w zmieniających się warunkach środowiskowych. Osobniki zachowujące maksymalną elastyczność w ekspresji cech związanych z płcią mogą szybciej dostosowywać się do nowych warunków lub w niektórych przypadkach nawet zmieniać płeć.

Rozmnażanie płciowe z natury rzeczy generuje różnorodność. Ścieżki, którymi ciała rozwijają się jako „męskie", „żeńskie", „jedne i drugie" lub „żadne", są prawdopodobnie tak liczne, jak same gatunki. Genomy są płynne, nieustannie się zmieniają i ewoluują. Sekwencje genów łączą się i rozdzielają w niekończącym się tańcu. Środowisko także nieustannie się zmienia, wpływając na rozwój w nieprzewidywalny, a czasem zakłócający sposób. Każda nowa droga ewolucyjna prowadząca do ukształtowania ciała o określonej płci inicjuje kolejne procesy, dające początek jeszcze nowszym ścieżkom. W takim ujęciu staje się jasne, że różnorodność płciowa w obrębie gatunków jest ewolucyjną adaptacją – cechą, a nie błędem. Tak jak nasze pasówki z podwórka, Romeo i Julia, każdy z nas wyraża swój unikalny fenotyp – dokładnie tak, jak zaplanowała to natura. ■

Z NASZEGO ARCHIWUM
Nie tylko XX i XY.
Amanda Montañez; październik 2017.

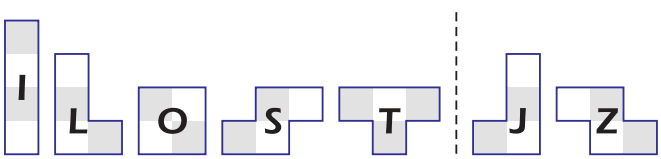
eprasa.pl 8f2784b80f

Kwartety kwadratów

czyli śladem tetrisa

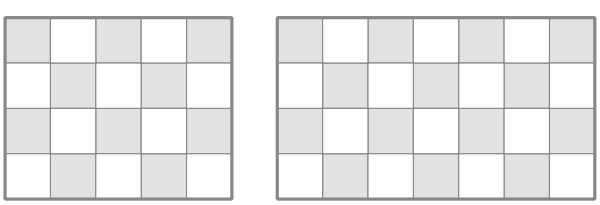
MAREK PENSZKO

TETROMINO – komplet pięciu figur, a praktycznie płaskich klocków (zwanych ogólnie, podobnie jak w przypadku domina, kamieniami), z których każdy składa się z czterech połączonych bokami kwadratów – zwykle kojarzy się z klasyczną, znaną od ponad 40 lat kultową grą komputerową tetris. Ta uchodząca za evergreen strategiczno-zręcznościowa zabawa polega na manipulowaniu opadającymi kamieniami tetromina tak, aby po opadnięciu pokrywały spójny obszar, a właściwie spójne poziome rzędy składowych kwadratów. Te spójne rzędy znikają, dzięki czemu zwiększa się obszar umożliwiający manipulację kamieniami. Popularność tetrisa zapoczątkowała przed laty lawinę naśladownictw, czyli podobnych gier – nie tylko komputerowych, także planszowych oraz tetrominowych łamigłówek, ale w przeciwieństwie do pierwowzoru głównie logicznych.



Rys. 1

Właściwie komplety tetromina są dwa: jeden składa się z pięciu kamieni (*rys. 1 z lewej strony*), drugi z siedmiu (*cały rys. 1*). W większym komplecie dodatkiem są odbicia lustrzane dwu kamieni niesymetrycznych. Litery na kamieniach to ich nazwy. Mniejszy komplet jest dwustronny, czyli kamienie L i S mogą być odwracane, zmieniając się w J i Z. Większy komplet jest zwykle traktowany jako jednostronny, więc w rozwiązaniach łamigłówek z jego udziałem nie może zabraknąć na przykład L kosztem pojawienia się pary J. Ze względu na to ograniczenie, jest on rzadziej wykorzystywany w zadaniach. Warto przygotować sobie taki komplet, choćby w postaci figur wyciętych z kartonu, choć prościej skorzystać z gotowych kamieni, sięgając choćby do pudełka z *blokusem*, jeśli dysponujemy tą grą.

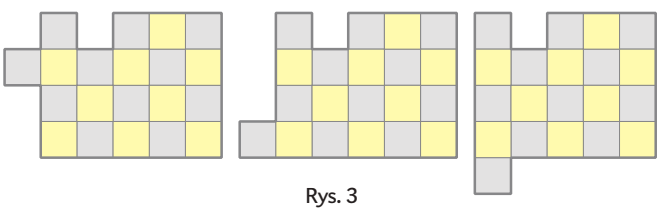


Rys. 2

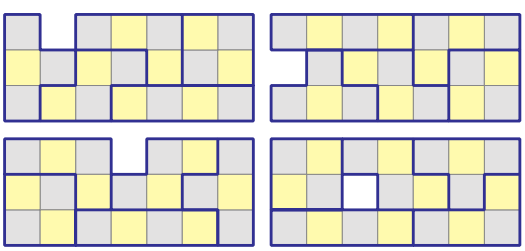
* * *

Tetrominowe łamigłówki są oczywiście w zdecydowanej większości układankami. Podstawowa sprowadza się do zadania polegającego na ułożeniu z mniejszego kompletu prostokąta 4×5, a z większego – 4×7 (*rys. 2*). Niestety, oba zadania są właściwie hipotetyczne, bo rozwiązań brak. W obu przypadkach uzyskanie rozwiązania jest niemożliwe, co łatwo udowodnić: w każdym prostokącie utworzonym z parzystej liczby kwadratów i oznaczonym jak szachownica jest tyle samo jasnych i ciemnych pól; natomiast w mniejszym i większym komplecie tetromina liczby te nie są równe – ciemnych kwadratów jest o 2 więcej niż jasnych (przy takim oznaczeniu pól, jak na rys. 1). Sprawcą tej nierówności jest kamień T z trzema ciemnymi polami i jednym jasnym.

Najprostsza zmiana w prostokącie 4×5, zrównująca liczby jasnych i ciemnych pól, polega na usunięciu jednego jasnego pola (powstaje „szczerba") i dodaniu w odpowiednim miejscu, a więc z zachowaniem szachownicowego wzoru, ciemnego „zęba". Tak odkształconych całkowicie różnych (z dokładnością do obrotów i odbić) prostokątów 4×5 jest 41. Czy wszystkie uda się ułożyć z tetromina, albo inaczej – podzielić na pięć złożonych z czterech kwadratów wielokątów o różnym kształcie? W przypadku większości podział jest możliwy – i to zwykle na kilka sposobów, ale siedem okazuje się niepodzielnych.



Rys. 3



Rys. 4

Na rys. 3 są trzy przykłady wielokątów ze szczerbą w tym samym miejscu i różną pozycją zęba (właściwie ze względu na miejsce szczerby można wskazać dwa zęby). Jeden z tych zwichrowanych prostokątów da się podzielić na tetromina tylko na jeden sposób, drugi dokładnie na dwa sposoby, a trzeci jest niepodzielny. Zadanie polega na ustaleniu, który jest którym. Nie jest to zbyt trudne, jeśli przyjąć odpowiednią strategię dzielenia, na przykład zacząć od kamienia z najbardziej „wymagającego", czyli 1×4.

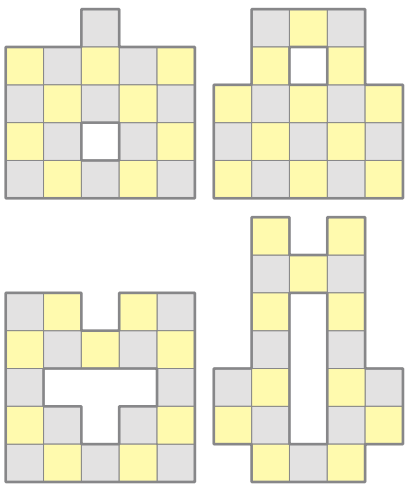
Geometrycznie nieco prostsza sytuacja powstaje wtedy, gdy przymierzymy się do szachownicowego prostokąta 3×7, w którym pól ciemnych jest o jedno więcej niż jasnych (lub odwrotnie). Wówczas wystarczy zrobić szczerbę, usuwając jedno jasne pole, aby taki „wybrakowany" prostokąt udało się zapełnić tetrominem. Całkiem różne miejsca do wyszczerbienia są cztery, a pokrycie każdego kształtu możliwe jest przynajmniej na dwa sposoby (*po jednym przykładzie na rys. 4*).

Dwie figury na rys. 4 są także przykładami innego specyficznego rodzaju układanek. Chodzi o tworzenie z kompletu tetromina figur symetrycznych. Kto spróbuje takiej zabawy szybko

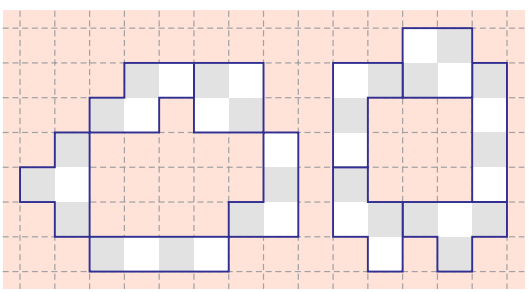
Ilustracje Marek Penszko

eprasa.pl 8f2784b80f

dojdzie do wniosku, że osiągnąć cel niełatwo, choć z mniejszego kompletu symetrycznych figur można ułożyć ponad 100. Trudność bierze się m.in. stąd, że większość takich figur to wielokąty z otworem. Dzielenie zadanych figur na tetromina jest oczywiście znacznie prostsze. Cztery przykłady do podziału (*rys. 5*) wyróżniają się dwiema cechami: dwie górne figury należą do najbardziej zwartych (mieszczą się w kwadracie 5×5), a dwie dolne zawierają otwór w kształcie kamienia tetromina.



Rys. 5



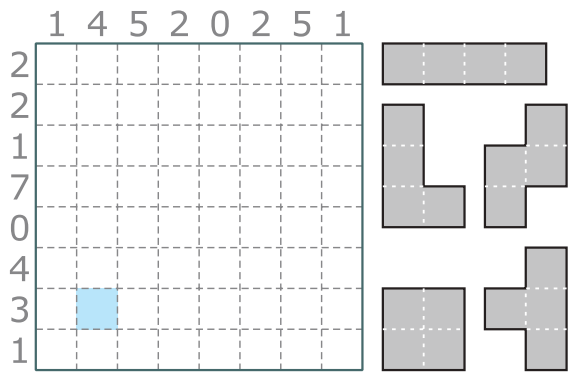
Rys. 6

Z symetrycznymi figurami wiążą się dwa pytania. Pierwsze: dlaczego oś symetrii takiej figury nigdy nie pokrywa się z osią symetrii umieszczonego w niej kamienia T? Drugie: dlaczego z kompletu tetromina nie sposób ułożyć figury mającej dwie osie symetrii? Wbrew pozorom pytania nie są trudne, więc nad odpowiedziami warto się zastanowić.

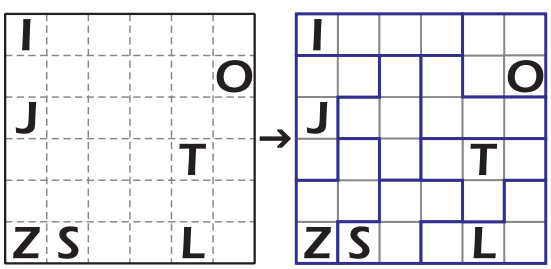
* * *

W tetrominowych łamigłówkach kamienie często są lokowane na pokratkowanym diagramie tak, że ich brzegi pokrywają się z liniami siatki. Jedno z klasycznych tego rodzaju zadań polega na utworzeniu z kompletu kamieni pierścienia otaczającego możliwie największy obszar. Na rys. 6 są dwa łatwe do znalezienia rozwiązania z użyciem małego kompletu. Pierścień z lewej strony zwany jest luźnym, bo kamienie mogą, ale nie muszą stykać się bokami – wystarczy kontakt rogami; otoczony obszar liczy 15 kratek. W sztywnym pierścieniu (*z prawej*) kamienie powinny stykać się wyłącznie bokami, co ogranicza wnętrze do 9 kratek. Jakie będą efekty wykorzystania w tym samym celu większego kompletu? – tego dotyczy jedno z zadań konkursowych.

Łamigłówką typu „komplet na diagramie" jest także tetrominowy wariant *bitwy morskiej*. Na rys. 7 znajduje się łatwy przykład takiego zadania na diagramie-akwenie 8×8. Nietypową flotę stanowi pięć okrętów w kształcie kamieni małego kompletu tetromina. Należy je rozmieścić na akwenie, korzystając z podpowiedzi, którymi są liczby przy brzegach diagramu. Każda oznacza, ile pól w danym wierszu lub kolumnie powinny zajmować okręty, które ponadto nie mogą się stykać, nawet rogami. Jest też ujawnione jedno niebieskie wodne pole, którego nie może zakryć żaden okręt.



Rys. 7



Rys. 8

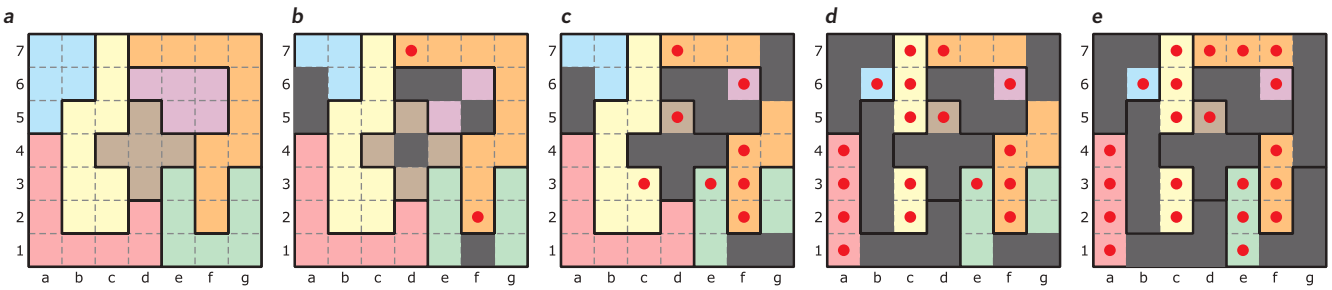
W większości diagramowych łamigłówek z tetrominem zestaw kamieni nie jest ograniczony do jednego kompletu. Czasem nawet chodzi o szczelne wypełnienie różnymi kamieniami całego diagramu w oparciu o informacje dotyczące ulokowania ich fragmentów. Przykładem jest zadanie z rozwiązaniem (*rys. 8*), z nazwami kamieni w polach, które powinny być przez te kamienie zajęte; nazwa dwóch kamieni nie jest ujawniona.

* * *

Zapewne najciekawszą łamigłówką z wykorzystaniem tetromina jest LITS – zadanie, które debiutowało w Japonii w 2004 roku. Nazwa stanowi połączenie nazw występujących w nim kamieni. Jeśli jednak uwzględnić możliwość odwracania L i S, to bardziej odpowiednie byłoby LIJTSZ. Od razu zwraca uwagę brak litery O; kamień 2×2 w tym zadaniu się nie pojawia, bo byłoby to sprzeczne z ostatnią z poniższych reguł. Miejscem akcji jest pokratkowany kwadratowy diagram podzielony na wielokątne działki o różnym, zwykle zawiłym kształcie. W przykładzie na rys. 9a diagram ma wymiary 7×7, a działek jest 7; zazwyczaj jednak działek jest więcej i większy jest format – najczęściej 10×10. Zadanie polega na zaczernieniu w każdej

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".

eprasa.pl 8f2784b80f



Rys. 9

działce czterech kratek tworzących kamień tetromina. Trzeba to zrobić tak, aby spełnione były trzy warunki:

a) wszystkie kamienie powinny, stykając się bokami, tworzyć spójny obszar, czyli jeden wielokąt (zwykle rozgałęziony i z otworami);

b) dwa kamienie o takim samym kształcie nie mogą stykać się bokami (rogami mogą), nawet jeśli jeden z nich jest lustrzanym odbiciem drugiego, czyli zakazany jest także kontakt J z L oraz S z Z;

c) częścią utworzonego z tetromin spójnego wielokątnego obszaru nie może być kwadrat 2×2.

Konieczność pamiętania o trzech warunkach określa, a zarazem różnicuje i wzbogaca logiczną ścieżkę do celu, a to decyduje o wartości i atrakcyjności zadania.

Na rys. 9b-e pokazane są 4 etapy rozwiązywania przykładowej łamigłówki. Czerwone kółka umieszczane są w kratkach, które muszą pozostać puste.

Etap b:

Zaczernienie kratki wystającej, a potem sąsiedniej w niebieskiej i fioletowej działce jest konieczne, bo w przeciwnym razie w tych działkach pojawiłby się kwadrat. W brązowej działce musi być T, więc T nie będzie w fioletowej, a zatem w fioletowej trzeba zaczernić f5 jako część J lub Z. Kratka f1 musi być częścią J lub L w zielonej działce. Zaczernienie d1 prowadziłoby do kwadratu de-67 – stąd czerwone kółko. Z kolei brak takiego kółka w f2 spowodowałby kontakt J lub L w zielonej z J w pomarańczowej.

Etap c:

Kratki f3 i f4 muszą pozostać puste, bo ich zaczernienie groziłoby kwadratem fg-45. Zaczernienie g-67 jest konieczne, aby w pomarańczowej działce był jakiś kamień. Czerwone kółko pojawia się w f6, aby uniknąć kwadratu fg-56 lub fg-67, a stąd dopełnienie e5 do Z w fioletowej i dalej pusta kratka d5 oraz konkretna pozycja T w brązowej. Po umieszczeniu T czerwone kółka trafiają do c3 i e3, aby uniknąć kwadratów, oraz zaczernione zostaje g1, by coś było w zielonej.

Etap d:

Czarne nie może być b6, bo groziłoby to jakimś kwadratem – na styku niebieskiej i żółtej albo żółtej i fioletowej. Zatem w niebieskiej jest jednoznaczna pozycja J. Puste muszą pozostać c7, c6 i c5, bo te kratki objęłoby J lub Z, powodując kontakt z bliźniaczymi kamieniami w niebieskiej lub fioletowej. Teraz możliwe są jednoznaczne pozycje dwóch kamieni – I w żółtej oraz L w różowej.

Etap e:

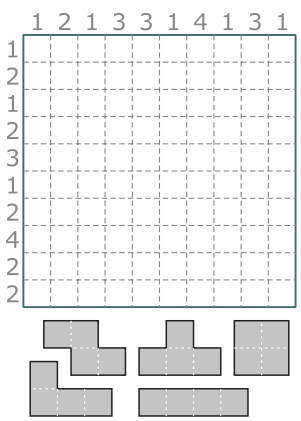
Jednoznaczne staje się położenie J w zielonej, aby uniknąć zetknięcia z L w różowej. J w zielonej musi dołączyć do wielokąta, co decyduje o położeniu I w pomarańczowej.

Koniec.

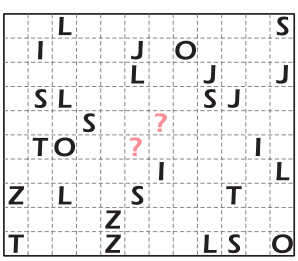
ZADANIA

1. Jaki największy obszar można otoczyć pełnym kompletem siedmiu różnych kamieni tetromina (cały rys. 1; odwracanie kamieni nie jest dozwolone). Pierścień z kamieni powinien być sztywny, czyli kamienie muszą stykać się bokami – jak na rys. 6 z prawej strony. Za poprawne będą uznawane także rozwiązania z otoczonym obszarem o jedną kratkę mniejszym od największego.

2. Zadanie na rys. 10 jest bitwą morską z pięcioma kamieniami małego kompletu tetromina w roli okrętów. Te nietypowe okręty (niesymetryczne można odwracać „dnem” do góry) należy rozmieścić na diagramie, korzystając z liczb przy brzegach. Każda liczba oznacza, ile kratek w danym wierszu lub kolumnie powinny zajmować okręty. Ponadto okręty nie mogą się stykać, nawet rogami. Jako rozwiązanie wystarczy podać dwie liczby: pierwszą – równą liczbie kratek zajętych przez okręty na obu przekątnych diagramu; drugą – równą liczbie kratek przy brzegach diagramu zajętych przez okręty.



Rys. 10

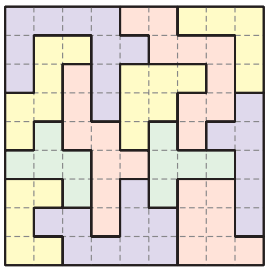


Rys. 11

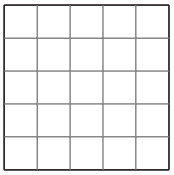
3. Diagram 12×10 (*rys. 11*) należy podzielić na 30 kamieni tetromina. Każde pole z literą powinno zostać objęte kamieniem, którego nazwą jest ta litera. W rozwiązaniu wystarczy podać litery-nazwy dwóch kamieni zastąpione znakami zapytania.

4. Na rys. 12 jest łamigłówka LITS. Jej reguły są opisane w artykule. Kolory nie mają oczywiście merytorycznego znaczenia – służą wyłącznie lepszemu wyróżnieniu działek. Jako rozwiązanie wystarczy podać liczbę kratek zajętych przez kamienie na obu przekątnych diagramu.

eprasa.pl 8f2784b80f



Rys. 12



Rys. 13

5. Ile co najmniej kratek trzeba usunąć (zaczernić) w diagramie 5×5 (*rys. 13*), aby na pozostałych (białych) polach nie można było umieścić żadnego kamienia tetromino?

*Rozwiązania prosimy nadsyłać do 31 grudnia 2025 roku pocztą elektroniczną (*redakcja@swiatnauki.pl*), wpisując w temacie e-maila hasło* ***UG 12/25****. Spośród autorów poprawnych rozwiązań przynajmniej trzech zadań wyłonimy pięciu zwycięzców i nagrodzimy ich książką Moudhy Al-Rashid* Między dwiema rzekami *ufundowaną przez Wydawnictwo Poznańskie. 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 PAŹDZIERNIKOWEGO

1. Liczby, które nie są sumami cyfr szczęściar, tworzą ciąg arytmetyczny o różnicy 3, zaczynający się liczbą 2, czyli o wzorze ogólnym $a_n=3n+2$ dla $n\geq 0$.

2. Ciąg będący typem ciągu Ulama, w którym trzy kolejne wyrazy są trzema kolejnymi liczbami pierwszymi, zaczyna się parą liczb 2 i 5. Trzy kolejne liczby pierwsze (37, 41, 43) zaczynają się od czternastego wyrazu: **2**, **5**, 7, 9, 11, 12, 13, 15, 19, 23, 27, 29, 35, **37**, **41**, **43**, 45, … . Możliwe są także inne ciągi, zaczynające się od większych liczb.

3. Mnożenie ze STANISŁAWEM ULAMEM: 326×953=310 678

Za poprawne rozwiązanie przynajmniej dwóch zadań książkę popularnonaukową otrzymują: Marcin Karczmarczyk z Piaseczna, Waldemar Karpiński z Nowego Miasta Lubawskiego, Wojciech Majewski z Warszawy i Krzysztof Szeruga z Wrocławia.

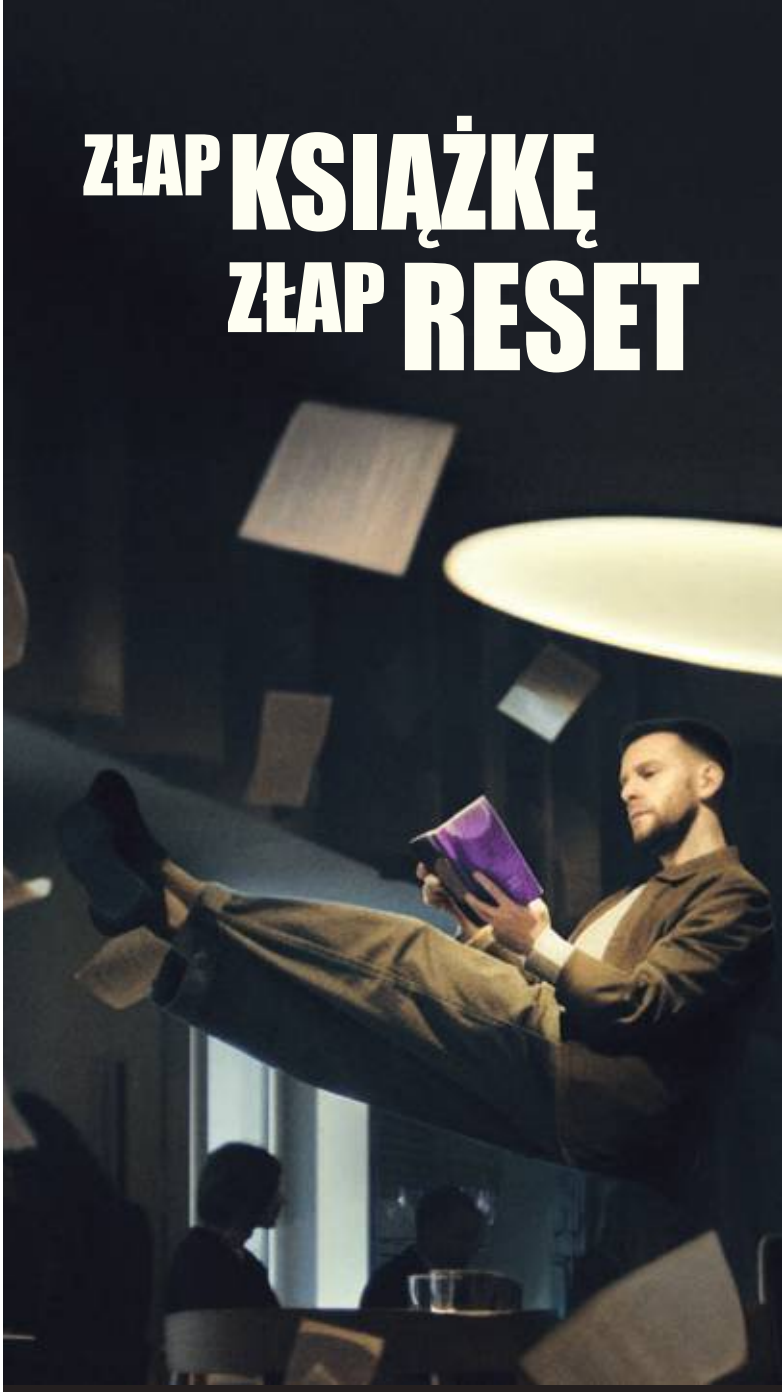
Rozwiązanie zagadki matematycznej ze strony 15

Oznaczmy wskazówki z lewej literami A (dolna) i C (górna), a wskazówkę z prawej literą B. Gdyby A lub C była wskazówką godzinową, wtedy dwie pozostałe wskazówki pokrywałyby się na liczbie 12. Tak jednak nie jest, zatem wskazówka godzinowa to B. Dalej są dwie możliwości:

a) C wskazuje pełną minutę, zaś sekundnik A wskazuje 12 i jest 10 minut po godzinie szóstej, ale to nie zgadza się z pozycją wskazówki B, która jest bliżej liczby 7.

b) sekundnik C wskazuje 12 i jest godzina 4:50:00.

REKLAMA



DOWIEDZ SIĘ WIĘCEJ!

Ministerstwo Kultury i Dziedzictwa Narodowego

Dofinansowano ze środków Ministra Kultury i Dziedzictwa Narodowego w ramach realizacji Narodowego Programu Rozwoju Czytelnictwa 2.0 na lata 2021–2025

Ministerstwo Edukacji Narodowej

BIBLIOTEKA NARODOWA

Instytut Książki ©Poland

NARODOWE CENTRUM KULTURY

eprasa.pl 62784b80f

shutterstock

O triku matematycznym ukrytym w numerach kart kredytowych

Prosty algorytm z lat 60. umożliwia wykrywanie błędów JACK MURTAGH

KOŃCZĄC ZAKUPY ONLINE, docieramy do kasy i mamy podać numer karty kredytowej. Wpisujemy go i… pojawia się informacja o błędzie: „podaj prawidłowy numer karty kredytowej”. Z niepokojem sprawdzamy każdą cyfrę i znajdujemy intruza: wpisaliśmy 6 zamiast 5. Po poprawce zakup zostaje zrealizowany. W jaki sposób błąd został tak szybko wykryty? Czy platforma internetowa zawiera listę wszystkich prawidłowych numerów kart kredytowych i porównuje je z wpisanym? Czy może w ułamku sekundy skontaktowała się z twoim bankiem? Wyjaśnienie jest znacznie prostsze.

Przy wszystkich typowych numerach kart kredytowych stosuje się matematyczną sztuczkę w celu wyłapywania najczęstszych błędów. Jest to tzw. algorytm Luhna, opatentowany w 1960 roku przez informatyka z IBM Hansa Petera Luhna. Podobne metody wykrywania błędów dotyczą wielu dużych liczb, z którymi mamy do czynienia na co dzień, jak kody kreskowe, numery śledzonych przesyłek, kont bankowych, a nawet numery ISBN na książkach.

Przyglądając się uważnie karcie kredytowej, można zauważyć, że kryje ona w sobie więcej treści, niż mogłoby się w pierwszej chwili wydawać. Struktura jej numeru obejmuje cztery główne części. Jako przykład posłuży moja karta Visa.

Pierwsza cyfra to identyfikator głównego emitenta (na kartach Visa jest to 4, na kartach Discover 6). Następne od pięciu do siedmiu cyfr oznacza bank lub instytucję, która wydała kartę. Dalsze cyfry (oprócz ostatniej) są numerem konta właściciela karty w danym banku. Ostatnia cyfra, zwana kontrolną, nie ma nic wspólnego z instytucjami finansowymi. Jest po to, aby cały numer karty został poddany testowi matematycznemu – algorytmowi Luhna. Oto schemat działania tego algorytmu:

1. Zapisz numer karty, pomijając ostatnią cyfrę.

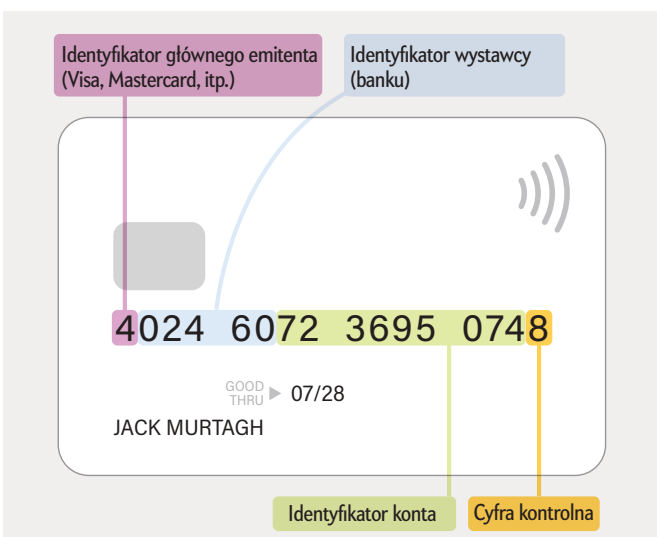
2. Zaczynając od prawej strony, podwój każdą co drugą cyfrę (pierwszą, trzecią, piątą, … itd.).

3. Zsumuj wszystkie cyfry (nie liczby; np. po podwojeniu 7 do sumy wchodzi 1+4=5, a nie 14).

4. Do otrzymanej sumy dodaj kontrolną, czyli ostatnią cyfrę numeru karty. Jeśli wynik **nie jest** wielokrotnością 10, oznacza to, że podany numer karty jest **nieprawidłowy**.

Na następnej stronie przedstawiam zastosowanie algorytmu Luhna do wpisanego numeru mojej karty (warto sprawdzić działanie algorytmu na swojej karcie). Wynik 75 nie jest wielokrotnością 10, zatem wpisany numer jest błędny.

Przy wydawaniu karty najpierw wpisywany jest numer konta, a potem wykonywane są obliczenia trzech pierwszych kroków algorytmu Luhna, aby znaleźć właściwą cyfrę kontrolną. W podanym przykładzie poprawny numer karty powinien kończyć się cyfrą 3 (a nie 4), ponieważ 67+3=70 (wielokrotność 10).



Jack Murtagh pisze o matematyce, w tym rekreacyjnej, m.in. w „Scientific American” i na portalu Gizmodo. Uzyskał doktorat z informatyki teoretycznej na Harvard University. Aktywny w serwisie X (@JackPMurtagh).

Grafika Amanda Montañez

eprasa.pl 8f2784b80f

POSZERZAMY HORYZONTY

Już w sprzedaży w punktach z prasą

Numer 12/2025
KUP TERAZ

Bieżące wydanie możecie kupić także we wszystkich sklepach sieci Lidl.

Prenumerata cyfrowa:
projektpulsar.pl

Prenumerata papierowa:
sklep.polityka.pl/wiz

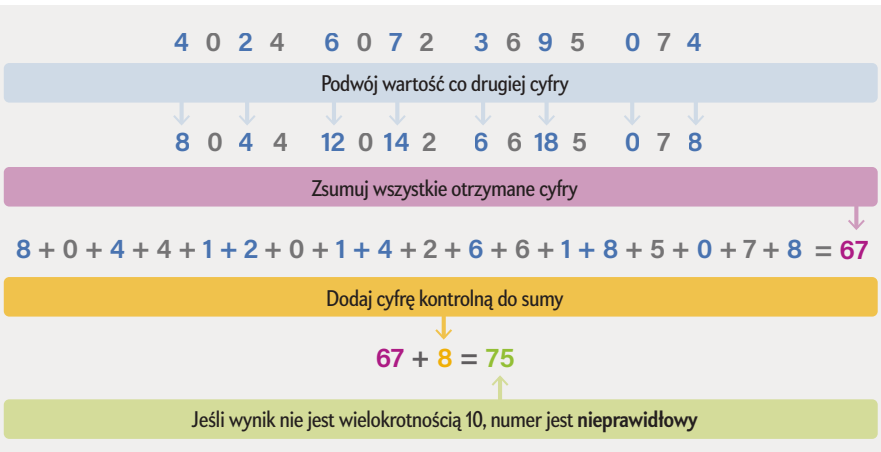
eprasa.pl 8f2784b80f

Ten taniec cyfr zdominował weryfikację kart kredytowych ze względu na funkcjonalność i prostotę. Algorytm Luhna wykrywa wpisanie błędnej cyfry. Wykryje także przypadkową zamianę miejscami sąsiednich cyfr, ale z jednym wyjątkiem – nie wykryje przestawienia cyfr w parze 09 lub 90.

Holenderski matematyk Jacobus Verhoeff ustalił w 1969 roku, że dwa błędy – niewłaściwa cyfra i przestawienie dwóch sąsiednich cyfr – stanowią prawie 90% wszystkich błędów popełnianych przy wprowadzaniu numeru karty. Verhoeff opracował bardziej złożony algorytm, który oprócz wykrywania tych samych błędów co algorytm Luhna, radził sobie z transpozycjami 09/90 oraz z rzadszymi rodzajami pomyłek. Algorytm Verhoeffa okazał się matematycznie doskonały. Dzięki niemu obalone zostały dowody, że żadna jedna cyfra kontrolna nie może umożliwiać wychwycenia wszystkich błędów uwzględnionych w algorytmie Verhoeffa. Algorytm ten nigdy jednak nie został wdrożony – zapewne ze względu na znaczną złożoność oraz dlatego, że algorytm Luhna spisuje się wystarczająco dobrze.

Dzięki algorytmowi Luhna klient oszczędza swój czas, a firma pieniądze. Bez niego sprzedawca w trakcie zakupów weryfikowałby przynależność karty do klienta, przesyłając jego dane do wyspecjalizowanej usługi walidacji kart. Ta operacja jest czasochłonna i wiąże się z opłatami manipulacyjnymi. Wymiana danych z profesjonalną firmą walidacyjną w celu wyłapania cyfrowych odpowiedników literówek byłaby stratą czasu i pieniędzy. Ponieważ algorytm Luhna wymaga znikomej mocy obliczeniowej, komputer obsługujący transakcję może łatwo przeprowadzić weryfikację bez konieczności kontaktowania się z osobami trzecimi.

Jeśli podczas wprowadzania numeru karty wpisana zostanie błędna cyfra, algorytm Luhna to wykryje.



Należy pamiętać, że zaliczenie testu, jakim jest algorytm Luhna, nie gwarantuje poprawności numeru karty. Tylko jego niezaliczenie oznacza, że numer jest na pewno niewłaściwy. Algorytm stanowi pierwszą linię obrony, przez którą mogą prześlizgnąć się nietypowe błędy lub sprytni oszuści, a wtedy sprawdzanie umożliwiają dokładniejsze i kosztowne usługi walidacyjne.

Jak algorytm Luhna ustala, że palce się potknęły? Każda cyfra w numerze karty kredytowej wpływa na ostatnią cyfrę liczby końcowej algorytmu. Jeśli cyfra znajduje się na pozycji, która nie ulega podwojeniu, to po prostu jest jednym ze składników dających sumę. Gdy cyfra jest podwajana, to albo pozostaje liczbą jednocyfrową, albo najpierw zmienia się w dwucyfrową, a po zsumowaniu jej cyfr w składnik jednocyfrowy. W tabeli podane są wartości wszystkich możliwych składników.

Na przykład niepodwojone 6 nie zmienia się, a podwojone (12) daje 3, bo 1+2=3. Błędne wpisanie jednej cyfry numeru karty powoduje zmianę składnika na położony wyżej lub niżej w danej kolumnie tabeli, a to zmienia sumę algorytmu. Ustalony prawidłowy numer karty kredytowej daje jako sumę wielokrotność 10. Każdy błąd jednocyfrowy zmienia tę sumę o liczbę jednocyfrową, więc błędna suma na pewno nie będzie wielokrotnością 10.

Formalny dowód skuteczności algorytmu Luhna w przypadku zamiany sąsiednich cyfr wymaga metody indukcji zupełnej, ale można to pokazać na przykładzie. Wyobraźmy sobie, że numer karty zawiera parę 31 z podwajaną cyfrą 3, a przypadkowo wpisano 13. W poprawnej sumie ten duet daje 6+1=7, natomiast w błędnej da 2+3=5. Zatem błąd ostatecznie zmienia końcową sumę o 2, więc jeśli poprawna suma była wielokrotnością 10, to nowa na pewno taką nie będzie. Można sprawdzić, że to działa dla każdej pary liczb z wyjątkiem 09 i 90, bo wtedy mimo błędu do końcowej sumy wnoszone są takie same składniki.

Gdy więc przy płatności pojawi się niepokojący komunikat o błędzie, warto przypomnieć sobie, że prosty algorytm matematyczny umożliwia zaoszczędzenie czasu i pieniędzy stron uczestniczących w transakcji. ■

Składniki niepodwajane	Składniki po podwojeniu
0	0
1	2
2	4
3	6
4	8
5	1
6	3
7	5
8	7
9	9

eprasa.pl 8f2784b80f

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 140 rozmów z najciekawszymi polskimi naukowcami

ŁUKASZ WOŹNY:
Obiad na stole, a babci nie ma

MARTA FLISYKOWSKA:
Bronię gdybania

pulsar

MARCIN RZĄDECZKA:
Jak działa czarna skrzynka

Zaprenumeruj nas:
projektpulsar.pl

eprasa.pl 8f2784b80f

Ach, ci cykliści!

Wykres pokazujący wydajność poruszania się – wersja 2.0

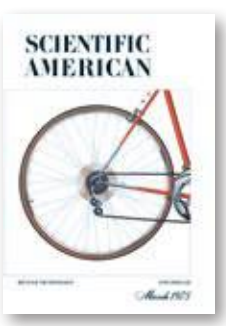
Tekst ALLISON PARSHALL
Grafika DTAN STUDIO

LUDZIE NIE SĄ ZBYT WYDAJNI w poruszaniu się – dopóki nie wsiądą na rower. Wtedy stajemy się jednymi z najbardziej energooszczędnych podróżników lądowych w całym królestwie zwierząt. Z okazji 180. rocznicy „Scientific American" odświeżyliśmy klasyczną grafikę porównującą różne formy zwierzęcego ruchu, po raz pierwszy opublikowaną w tym magazynie w 1973 roku.

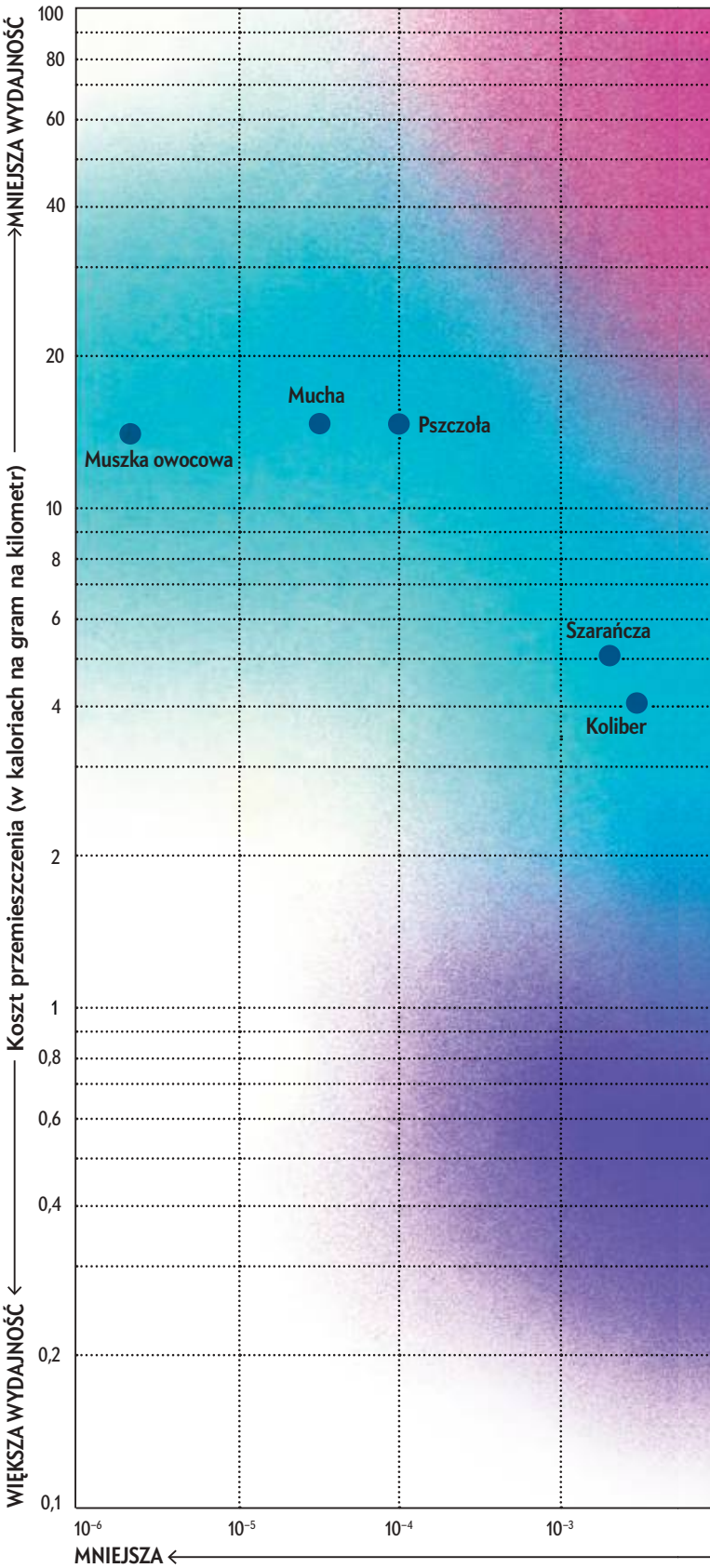
Podróżowanie wiąże się z dwoma głównymi wydatkami energetycznymi: pokonywaniem grawitacji i napędzaniem się w ruchu do przodu. Większość zwierząt lądowych musi najpierw zużyć energię, by się podnieść, a następnie, by wykonać krok. (Zwierzęta o dłuższych nogach są z reguły bardziej wydajne, ponieważ każdy krok pozwala im pokonać większy dystans – stąd tak niska efektywność myszy).

Zwierzęta latające mogą natomiast poruszać się do przodu przy minimalnym wydatku energii, szybując w powietrzu i korzystając z prądów powietrznych zamiast własnej siły. Podobnie zwierzęta pływające mogą ślizgać się w wodzie, a ich naturalna wyporność ogranicza potrzebę walki z grawitacją.

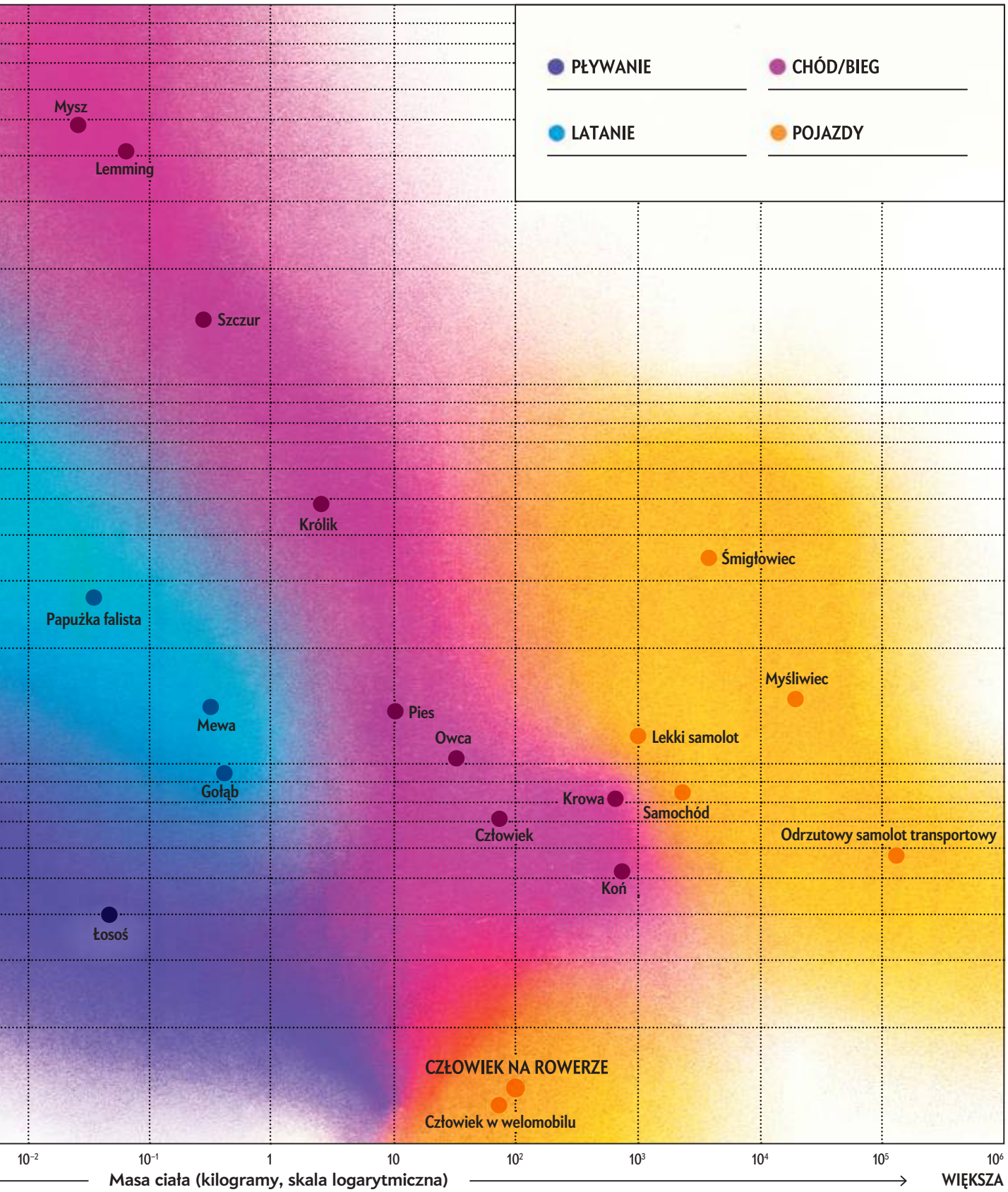
Rower pozwala nam, istotom lądowym, upodobnić się do ryb. Koła – proste, genialne narzędzie – umożliwiają jazdę bez ciągłego pedałowania, a sztywna rama podtrzymuje siedzącego rowerzystę, odciążając go od grawitacji. „Rower zamienia człowieka w superwydajnego podróżnika lądowego, bo sprawia, że poruszanie się po ziemi staje się bardziej podobne do pływania" — mówi Tyson Hedrick, fizjolog porównawczy z North Carolina University w Chapel Hil.



Jedyną wadą jest nasza mało aerodynamiczna sylwetka. Rowerzyści nie są opływowi jak tuńczyki błękitnopłetwe, przez co muszą pokonywać większy opór powietrza. Hedrick oblicza jednak, że rowery z aerodynamiczną osłoną — tzw. welomobile — mogą pozwolić ludziom poruszać się z jeszcze większą „wodną wydajnością". ■



eprasa.pl 8f2784b80f



ŹRÓDŁA: „Energetic Cost of Locomotion in Animals", Vance A. Tucker, „Comparative Biochemistry and Physiology", tom 34; 15 czerwca 1970 (*większość danych*); wykres Dana Todda w „Bicycle Technology", S. S. Wilson, „Scientific American", tom 228, nr 3; marzec 1973 (*dane dotyczące jazdy człowieka na rowerze*); Tyson Hedrick/University of North Carolina at Chapel Hill (*obliczenia dotyczące welomobili*)

eprasa.pl 8f2784b80f

50, 100 i 150 lat temu

1975 CHWYT HEIMLICHA

„Lista zabiegów pierwszej pomocy, które środowisko medyczne zaleca osobom bez wykształcenia lekarskiego, jest krótka – głównie z obawy, że źle zastosowane techniki mogą wyrządzić więcej szkody niż pożytku. Teraz jednak Amerykańskie Towarzystwo Medyczne ostrożnie zatwierdziło tzw. chwyt Heimlicha jako procedurę pierwszej pomocy w przypadku zakrztuszenia się ciałem obcym. Technika ta została opisana przez Henry'ego J. Heimlicha, chirurga z Cincinnati, który ją opracował.

Podczas wykonywania manewru Heimlicha należy stanąć za poszkodowanym i objąć go ramionami w pasie, następnie umieścić stronę kciuka zaciśniętej pięści lub nasadę dłoni na górnej części brzucha poszkodowanego – między pępkiem a dolnym brzegiem żeber – i wykonać gwałtowny ruch w górę. Ten ruch unosi przeponę, co powoduje sprężenie płuc i wymuszenie przepływu powietrza przez tchawicę. Strumień powietrza wypycha ciało obce. Heimlich pisze, że od czasu, gdy po raz pierwszy opisał tę technikę, dowiedział się o 162 przypadkach osób, którym uratowano życie dzięki jej zastosowaniu."

1925 WYCZERPANY WSZECHŚWIAT

„Co nauka ma do powiedzenia o przyszłości? Fizyk może stwierdzić, że Wszechświat się wyczerpuje, ponieważ ciepło ucieka przez promieniowanie z powierzchni gwiazd, planet i wszystkich innych ciał niebieskich. Powoli więc wszystko musi się ochłodzić, aż do stanu całkowitego wyczerpania, tak że ostatnia scena tego kosmicznego spektaklu ukaże jedynie zimne, ciemne ciała – zamarznięte, sztywne i pozbawione życia – poruszające się po swoich orbitach w nieprzeniknionej ciemności.

Najbardziej nieodwracalny wydaje się nowo odkryty proces przemiany materii w wolną energię. A zatem jeszcze zanim zgasną ostatnie promienie światła, główni aktorzy – gwiazdy – skurczą się do mizernych resztek swoich dawnych form."

TELEFONICZNA DYPLOMACJA

„Ambasady i konsulaty, stypendia uniwersyteckie, tournée wykładowe, propaganda – wszystko to od lat miało jeden nadrzędny cel: lepsze zrozumienie i bliższą przyjaźń między Ameryką a Starym Światem. Teraz pojawia się zapowiedź, że wkrótce będzie można podnieść słuchawkę telefonu i porozmawiać z kimś w Londynie tak, jakby znajdował się na sąsiedniej ulicy. Co więcej, rozmowa ta będzie kosztować zaledwie pięć dolarów za trzy minuty.

Oto osiągnięcie, które przewyższa całe stulecie wysiłków na rzecz międzynarodowego porozumienia. Gdy ludzie mogą rozmawiać ze sobą bezpośrednio – bezproblemowo, tanio i regularnie – o swoich codziennych sprawach, coraz trudniej jest im się wzajemnie nie rozumieć. Jako gwarancja pokoju, wprowadzenie pięciodolarowej, trwającej trzy minuty, transatlantyckiej rozmowy telefonicznej może dorównać najlepszym traktatom, jakie kiedykolwiek podpisano."

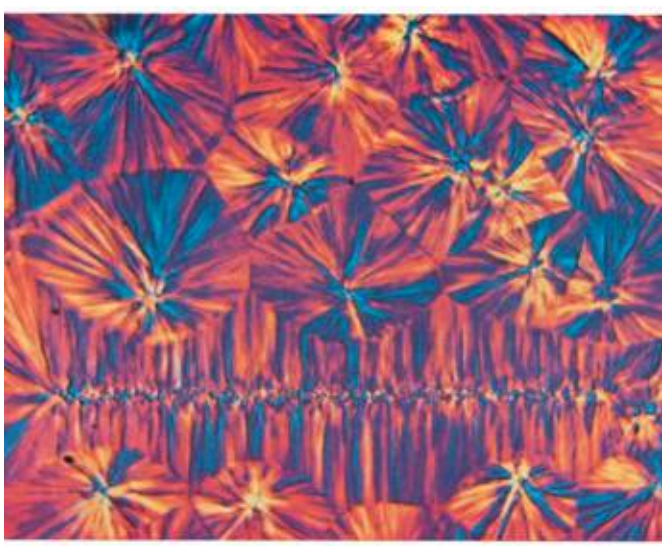
1875 NOWA DROGA NA SYBERIĘ

„Niedawna podróż profesora Nordenskiölda z Norwegii na Syberię, przez cieśninę Jugorski Szar i Morze Karskie, wywołała w Rosji niemałą sensację. Podczas posiedzenia Towarzystwa Popierania Handlu i Przemysłu pan Sidorow oświadczył, że tę wyprawę należy uznać za wydarzenie rangi odkrycia Nowego Świata, ponieważ najprawdopodobniej doprowadzi ona do ustanowienia stałej linii komunikacyjnej między północną Europą a Syberią, a ogromne zasoby tej krainy wreszcie znajdą ujście dzięki jej wielkim rzecznym szlakom."

TRESURA PCHEŁ

„Pan Bertolotto, znany treser pcheł, przebywa obecnie w Nowym Jorku, gdzie prezentuje swoje niezwykłe osiągnięcia. Używa on owadów należących, jak twierdzi, do gatunku pcheł pospolitych u psów. Pierwsza lekcja, jak wyjaśnia, polega na umieszczeniu pcheł w małym, okrągłym, szklanym pojemniku, gdzie przez dzień lub dwa, podskakując i uderzając głowami o szkło, w końcu pojmują, że dalsze skakanie nie ma sensu. Przez resztę swojego naturalnego życia – trwającego około ośmiu miesięcy – zadowalają się pełzaniem.

Następnie instruktor mocuje do tułowia pchły delikatne, cienkie szczypczyki z drutu; do nich przytwierdza się dowolny miniaturowy pojazd, taki jak taczka, samochodzik czy wózek, a pchła rusza z ładunkiem w drogę. Profesor zmusza swoich owadzich uczniów do wykonywania różnych osobliwych zadań, takich jak obsługa koła fortuny, gra w orkiestrze czy wyścigi. Pchły karmione są dwa razy dziennie na ramieniu swojego nauczyciela."



1975 Kryształ z tworzywa sztucznego: „Typowe cechy mikrostruktury obserwowane w polimerach częściowo krystalicznych można zobaczyć na tej mikrofotografii cienkiej warstwy polipropylenu. Struktury w kształcie 'rozbłysków słonecznych' nazywane są sferulitami; Gdyby podczas wzrostu nie napotykały sąsiednich kryształów, ich granice byłyby idealnie koliste. Mikrofotografię wykonał David Hamer w Celanese Research Company."

Scientific American, tom 233, nr 6; grudzień 1975

eprasa.pl 8f2784b80f

ŚWIAT NAUKI

POLSKA EDYCJA

SCIENTIFIC AMERICAN

W NUMERZE STYCZNIOWYM

Spersonalizowane szczepionki oparte na mRNA (matrycowym, informacyjnym) mogą okazać się skuteczne w leczeniu wielu nowotworów – od czerniaka po raka trzustki. Jednak po niedawnych cięciach federalnych funduszy na badania nad rakiem i szczepionkami mRNA w USA przyszłość tej przełomowej terapii stoi pod znakiem zapytania. O tym w kolejnym numerze,

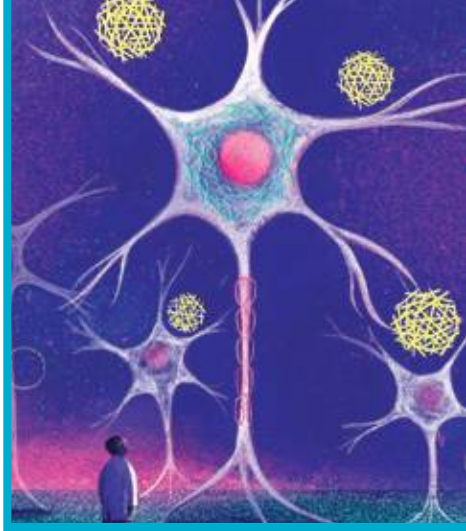
a ponadto m.in.:

Próbki z Marsa mogą nie dotrzeć na Ziemię
Jeśli nie paliwa, to przynajmniej opakowania...
Nowa terapia depresji poporodowej
SI pozwala na „rozmowę ze zmarłymi"

Prócz tego:

Jak być szczęśliwszym
Które narody kochają rower
Tajemnicze bagienne światełka
Nowe spojrzenie na dwutlenek węgla
Matematyka aukcji

**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 styczniowy dostępny od 17 grudnia

eprasa.pl 8f2784b80f

UNIWERSYTET WARSZAWSKI

KOLEGIUM MIĘDZYWYDZIAŁOWYCH INDYWIDUALNYCH STUDIÓW MATEMATYCZNO-PRZYRODNICZYCH

MISMaP

STUDIUJ INTERDYSCYPLINARNIE!

W UNIWERSYTECIE WARSZAWSKIM

OPIEKA TUTORA

INDYWIDUALNY PROGRAM STUDIÓW MIĘDZYOBSZAROWYCH

DO WYBORU PRZEDMIOTY Z NAUK

ŚCISŁYCH

ASTRONOMIA
CHEMIA
CHEMIA MEDYCZNA
FIZYKA
INFORMATYKA
MATEMATYKA
BIOFIZYKA

PRZYRODNICZYCH

BIOLOGIA
BIOTECHNOLOGIA
GEOGRAFIA
GEOLOGIA
POSZUKIWAWCZA
GEOLOGIA STOSOWANA
OCHRONA ŚRODOWISKA

SPOŁECZNYCH

GOSPODARKA PRZESTRZENNA
PSYCHOLOGIA
SOCJOLOGIA

HUMANISTYCZNYCH

BIOETYKA
FILOZOFIA
KOGNITYWISTYKA
PHILOSOPHY
(INTERNATIONAL STUDIES IN PHILOSOPHY)

TEL.: 22 55 43 550 | 22 55 43 551 | 22 55 43 552

WWW.MISMaP.UW.EDU.PL

eprasa.pl 8f2784b80f