ŚWIAT NAUKI
POLSKA EDYCJA
swiatnauki.pl • projektpulsar.pl

SCIENTIFIC AMERICAN

Wrzesień 2025 nr 9 (409)
Cena 18 zł 99 gr (w tym 8% VAT)

Tajemnicze kosmiczne kręgi

Jak Dania docenia archeologów hobbystów

Sekrety mózgu nastolatka

BOOM NA TESTOSTERON

Czy zdajemy sobie sprawę z zagrożeń?

Fizyka kwantowa nie ma sensu
Wywiad z laureatem Nagrody Nobla Gerardem 't Hooftem

ŚWIAT NAUKI 9/2025

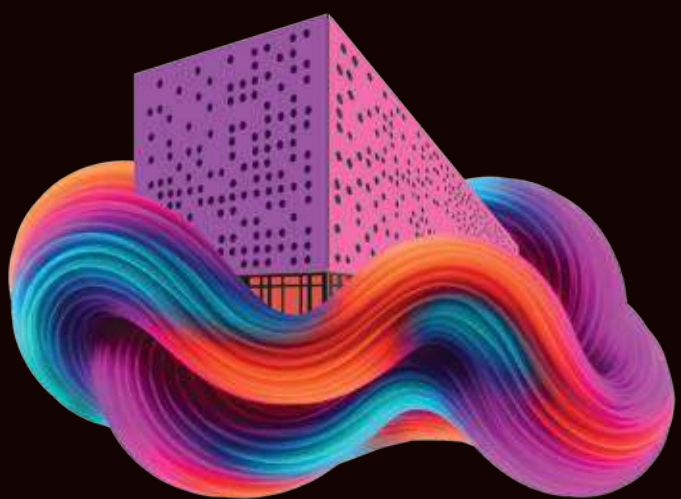
INDEKS 378194
ISSN 0867-6380
09>
9 770867 638500

Politechnika Wrocławska

80 lecie
POLITECHNIKA WROCŁAWSKA
1945-2025

AI

TEŻ U NAS STUDIUJE



Więcej na:

REKRUTACJA.PWR.EDU.PL

Znajdziesz nas też na:

WRZESIEŃ 2025
NUMER 9 (409)

ŚWIAT NAUKI
POLSKA EDYCJA
SCIENTIFIC AMERICAN



ZDROWIE
26 CAŁA PRAWDA O TESTOSTERONIE
Mężczyźni wydają dużo pieniędzy na suplementy hormonalne, by wzmocnić swoją męskość, zwiększyć masę mięśniową i poprawić nastrój. Wielu z nich nie zdaje sobie jednak sprawy z poważnych zagrożeń, jakie wiążą się z przyjmowaniem tych preparatów.
STEPHANIE PAPPAS

ARCHEOLOGIA
32 WSPÓŁPRACA SIĘ OPŁACA
Rząd Danii korzysta z pracy poszukiwaczy amatorów do odkopywania artefaktów ukrytych na polach uprawnych. Ich znaleziska piszą na nowo historię kraju.
ELIZABETH ANNE BROWN

ZRÓWNOWAŻONY ROZWÓJ
42 NOWE ZAGROŻENIE DLA PSZCZÓŁ
Naukowcy ścigają się z czasem, by powstrzymać śmiercionośnego pasożyta, który może zdziesiątkować owady zapylające i zagrozić uprawom ponad 130 gatunków roślin.
HANNAH NORDHAUS

ŚRODOWISKO NATURALNE
50 LEKCJA PRZYRODY
Korpus Inżynieryjny Armii Stanów Zjednoczonych zachowuje się w nietypowy dla siebie sposób, a mianowicie współpracuje z przyrodą, zamiast ją niszczyć, jak to czynił przez dekady. Czy ten trend zwycięży?
ERICA GIES

NEURONAUKI
60 ROZWÓJ NASTOLETNIEGO MÓZGU
Myślenie, które wykracza poza teraz, sięgając do tego, co odległe lub poza zasięgiem, może kształtować mózg i wzbogacać nasze życie.
MARY HELEN IMMORDINO-YANG

WERNER LIPPERT/Getty Images

Egmont.pl 814366896

ŚWIAT NAUKI
POLSKA EDYCJA
SCIENTIFIC AMERICAN

WRZESIEŃ 2025
NUMER 9 (409)

6 SKANER
Pośmiertne nierówności ◆ Kompostowalne maszyny ◆ Życiodajne iskry ◆ Skrzydlaci globtroterzy ◆ Sprytna gąsienica ◆ Kolory przyszłości ◆ Skóra ma głos ◆ Trufle lepsze niż mrówki

18 Q&A
Fizyka kwantowa nie ma sensu
LEE BILLINGS

22 WSZECHŚWIAT
Tajemnicze kręgi na niebie
PHIL PLAIT

24 ZDROWIE
Ćwiczenia fizyczne a jelita
LYDIA DENWORTH

25 METRUM
Elektroliza solanki
ALISZ REED

68 SIŁA MYŚLI
Czy łatwo nam coś wmówić?
BERNICE ANDREWS I CHRIS R. BREWIN

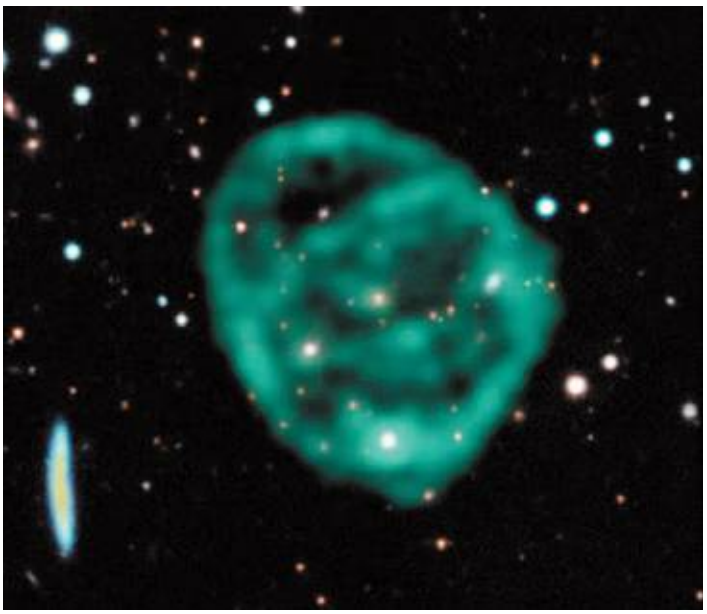
69 FORUM
Żyć z solastalgią
QUEEN ESSANG

72 SZTUKA RODZICIELSTWA
Jak rozmawiać z dziećmi o rasizmie
SYLVIA PERRY

74 UMYSŁ GIĘTKI
Szlakiem wieży
MAREK PENSZKO

78 FAKTOGRAF
Jak rozumieć badania przesiewowe w kierunku autyzmu
CHRIS SHELDRICK I AMANDA MONTAÑEZ

80 Z ARCHIWUM „SCIENTIFIC AMERICAN”
Ziemia jak dmuchawiec ◆ Początki telewizji ◆ Polecane lektury ◆ Serce USA ◆ Na duchach trzeba się znać ◆ Giganci z przeszłości



22

Z: „MeerKAT uncovers the Physics of an Odd Radio Circle”, Rey P. Norris i in., „Monthly Notices of the Royal Astronomical Society”, tom 513, nr 1, czerwiec 2022. Opublikowane 24 marca 2022 (CC By 4.0)



24

JAY BENDT



72

MALTE MÜLLER

OKŁADKA



Globalny rynek terapii zastępczej testosteronem (testosterone replacement therapy, TRT) szacuje się na 1,9 mld dolarów. Mężczyźni wydają krocie na suplementy hormonalne. Wielu tak naprawdę ich nie potrzebuje, część nie zdaje sobie sprawy z ryzyka, a skala dezinformacji jest ogromna.

Xision/Getty Images (*mężczyzna*); Jonathan Knowles/Getty Images (*pigułki*)

Polska wersja okładki Jolanta Kotas

eprasa.pl fd436c8696

PRENUMERATA „ŚWIATA NAUKI”

ŚWIAT NAUKI SCIENTIFIC AMERICAN

Prenumeruj druk



KUP TERAZ

Prenumerata roczna
189 zł

Prenumerata półroczna
99 zł

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

Prenumeruj druk i serwis Pulsar



KUP TERAZ

Prenumerata roczna
279 zł

Prenumerata półroczna
159 zł

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

Prenumeruj w pakiecie z „Wiedzą i Życiem”



KUP TERAZ

Prenumerata roczna
299 zł

Prenumerata półroczna
169 zł

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

Darmowa dostawa
co miesiąc pod wskazany adres

Gwarancja
stałej ceny

MASZ PYTANIA?

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

prenumerata@swiatnauki.pl

sklep.polityka.pl

Zapraszamy na wygodne zakupy!

Dla siebie i bliskich. Kupuj dla szkoły, firmy, instytucji.

eprasa.pl fd436c8696

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 Quadra

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 Czytelnicy,

okładkowy artykuł tego numeru to przestroga. Dzisiejszy świat nie toleruje słabości, starości, śmierci, musimy być wiecznie piękni i młodzi. Ta presja sprawia, że szukamy cudownych środków i terapii. W przypadku mężczyzn tym panaceum ma być szeroko reklamowana terapia testosteronem. Jednak nie wszyscy jej potrzebują, a dla niektórych może być wręcz ryzykowna, o czym oferujące ją kliniki często nie informują (*s. 26*).

W wielu krajach europejskich, w tym w Polsce, używanie wykrywaczy metali podlega ścisłym ograniczeniom. Inaczej jest w Danii – tam archeolodzy amatorzy są mile widziani i ściśle współpracują z profesjonalistami. Znajdowane przez nich liczne artefakty przyczyniają się do odkrywania na nowo historii kraju (*s. 32*).

Pszczoły miodne mają kolejnego wroga. Tym razem jest to roztocz – maleńki i praktycznie bezbarwny, a więc szczególnie groźny, bo trudniej go hodowcom zawczasu dostrzec. Nie bardzo też na razie wiadomo, jak go skutecznie zwalczać. Zagrożenie dla pszczół, to zagrożenie dla ludzi – od pracy zapylaczy w sadach i na plantacjach zależy wysokość plonów (*s. 42*).

Coraz więcej jest przesłanek, że naturę trzeba starać się zrozumieć, a nie na siłę sobie podporządkowywać. To drugie zwykle źle się kończy, czego doskonałym przykładem są próby zmiany biegu rzek i stawiania betonowych zapór. W USA już się odchodzi od takiego podejścia (*s. 50*).

Zaczyna się rok szkolny i tradycyjnie powracają problemy z edukacją. Jak wychowywać i uczyć młodych ludzi? Każdy z nas był młody, a jednak nie rozumiemy nastolatków. Naukowcy cały czas starają się poznać funkcjonowanie ich rozwijających się mózgów (*s. 60*).

Życzę miłej lektury!

Elżbieta Wieteska

Od Wydawcy

Od bieżącego numeru (9/2025) rośnie o 2 zł cena „Scientific American/Świat Nauki". Ostatnia podwyżka miała miejsce w 2022 r. Od tego czasu wzrosły koszty towarów i usług, w tym zwłaszcza koszty wydawnicze i dystrybucyjne. Z tego powodu jesteśmy też zmuszeni podnieść ceny prenumeraty pisma. Od 1 września br. prenumerata roczna kosztować będzie 189 zł, a prenumerata półroczna 99 zł. Ofertę prenumeraty papierowej znajdą Państwo pod adresem sklep.polityka.pl

Jednocześnie gorąco zachęcamy do subskrypcji wydania cyfrowego „Scientific American/Świat Nauki". Wykupując dostęp do portalu popularnonaukowego Pulsar www.projektpulsar.pl (19,99 zł miesięcznie przy płatności cyklicznej lub 229,99 zł za rok z góry) otrzymujecie Państwo bieżące i archiwalne numery naszego pisma w plikach .pdf i w wersji tekstowej. Oprócz tego możecie przeczytać wszystkie artykuły z miesięcznika „Wiedza i Życie" oraz codziennie aktualizowane treści przygotowywane przez redakcję Pulsara.

Dziękujemy za zrozumienie. Będziemy dokładać wszelkich starań, żeby „Świat Nauki" spełniał Państwa oczekiwania.

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

mgr Joanna Burek
Katedra Matematyki Stosowanej
Politechnika Lubelska

dr Michał Czerny

dr n. med. Ewa Grabowska

Andrzej Hołdys

mgr Marek Krośniak
Biblioteka Jagiellońska

Marek Penszko

dr Marcin Ryszkiewicz

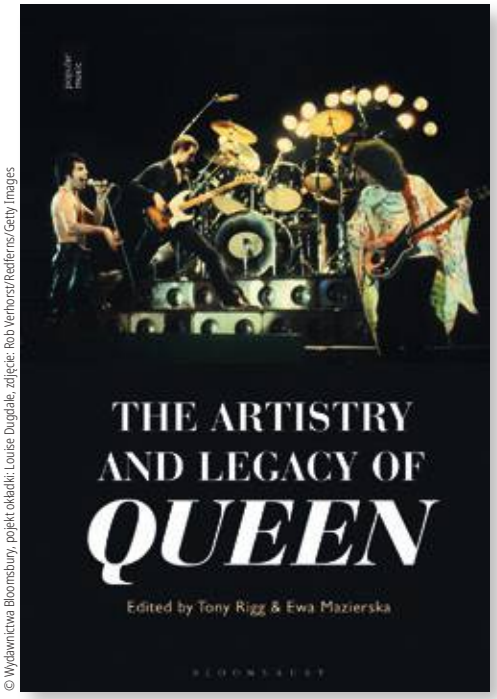
Za treść ogłoszeń redakcja ponosi odpowiedzialność w granicach wskazanych w ust. 2 art. 42 ustawy Prawo prasowe.
Informujemy, że przesłanie listu do redakcji jest równoznaczne z udzieleniem zgody na jego publikację w czasopiśmie wraz z podaniem imienia i nazwiska jego autora, chyba że autor zastrzegł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

eprasa.pl fd436c8696

Monika Konert-Panek, Mariusz Gradowski

Queen pod lupą

Od zawsze lubiliśmy muzykę rockową. 15 lat temu, na konferencji Unisono w wielogłosie, postanowiliśmy badać ją wspólnie. Połączyliśmy siły muzykologii i językoznawstwa, aby spróbować zrozumieć zawiłe relacje muzyki i języka – to, co podoba nam się szczególnie. Nawiązaliśmy tym samym do wizji Leonarda Bernsteina, który już w latach 70. marzył o nowej dyscyplinie – muzyko-lingwistyce. Co prawda nowej dyscypliny nie tworzymy, ale udało nam się ustalić kilka ciekawych i ważnych kwestii.



© Wydawnictwa Bloomsbury, pojekt okładki: Louise Dugdale, zdjęcie: Rob Verhorst/Redferns/Getty Images

Jak badamy muzykę popularną? Dużo słuchamy (analiza słuchowa), ale korzystamy też z programów komputerowych: z Praatem analizujemy akustykę mowy, a w Sonic Visualiser rozkładamy nagrania na czynniki pierwsze.

Okazuje się, że czasem wystarczy kilka słów, aby odkryć coś interesującego. Oto w *The Millionaire Waltz* Queen Freddie Mercury śpiewa frazę „My fine friend – take me wiz you unt love me forever" z niemieckim akcentem, jak gdyby stylizował się na Marlene Dietrich. Nasza analiza pokazuje, że to nie złudzenie ani przypadek: wokalista konstruuje personę zarówno na poziomie wokalnym, jak i fonetycznym.

Bywa, że inspiruje fraza, ale bywa, że i cała piosenka. W *You Can't Always Get What You Want* The Rolling Stones badaliśmy zderzenie stylów: chór śpiewający z brytyjskim akcentem i Mick Jagger śpiewający z akcentem amerykańskim. Jeszcze inaczej dzieje się w Big Fontaines D.C.: dubliński akcent wokalisty staje się istotnym socjolingwistycznym składnikiem przesłania tej piosenki. Strategie językowe są różne, często powiązane ze stylami muzycznymi, co pokazały zbadane przez nas wersje L*ove is Blindness*: te same słowa mają inne artykulacje i brzmienie w rocku (U2) i jazzie (Cassandra Wilson).

W naszych badaniach przechodzimy czasem od pojedynczych utworów do całych albumów. Tak było w przypadku *Queen II*, gdzie zajmowaliśmy się przeglądem środków muzycznych i ich współistnienia ze środkami fonostylistycznymi w ramach jednej płyty. I wreszcie – pewne tendencje uwidaczniają się dopiero gdy pod uwagę weźmie się dyskografię danego artysty – np. zmiany w zakresie amerykanizacji wymowy brytyjskiej w kontrastowym zestawieniu Freddiego Mercury'ego i Davida Bowiego.

Nie bez powodu zespół Queen wraca w naszych kolejnych artykułach. Nagrania tej grupy są wciąż inspirujące, a strategie muzyczne (wokalizacja partii instrumentalnych, wielość relacji głosu i chórów) oraz językowe (brzmieniowe środki stylistyczne, wybór wariantu językowego) wciąż skłaniają do refleksji nad relacjami słowno-muzycznymi. Nie tylko nas: wraz z międzynarodową grupą badaczy przygotowaliśmy książkę o twórczości tej grupy. Dołożyliśmy naszą cegiełkę do zrozumienia fenomenu tego zespołu, którego nie tylko warto słuchać – warto go badać. A potem znów posłuchać – ze świadomością jak dobrze jest to zrobione. I jak dobrze brzmi.

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

Nasze prace:

2012. O *Queen II* na dwa głosy. Słowno-muzyczne wokalizacje grupy Queen, w: *Unisono w wielogłosie 3. Rock a korespondencja sztuk*, Marcinkiewicz R. (red.), GAD Records, 46-69

2016. How Covers Change Musical and Linguistic Sounds: A Case Study of *Love is Blindness* by U2 and Cassandra Wilson, w: *Symphony and Song: The Intersection of Words and Music*, Kennedy V., Gadpaille M. (red.), Cambridge Scholars, 171-185

2016. *Under Pressure*: dwa głosy – dwa akcenty. Socjofonetyczny obraz czynników warunkujących styl wokalny w muzyce popularnej, w: *Kultura rocka 2. Słowo - dźwięk - performance (1)*, Osiński J., Pranke M., Tański P. (red.), UMK, 87-108

2020. Marlene Dietrich i *The Millionaire Waltz* Queen. Językowo-muzyczne konstrukcje persony w muzyce popularnej. *Załącznik Kulturoznawczy* 7, 301-326

2021. „Dublin in the rain is mine" – tożsamość i (prze)tworzona tradycja w piosence *Big* Fontaines D.C. Czas Kultury 3/2021 (210), 41-47

2025. Stylistic Contrasts and Social Implications in *You Can't Always Get What You Want. Popular Music and Society* 48(1), 79-101

2025. The Vocal Style of Queen: Phonetic and Musicological Perspectives, w: *The Artistry and Legacy of Queen.* Rigg T., Mazierska E. (red.), Bloomsbury Publishing, 41-58

Materiał przygotowany przez Uniwersytet Warszawski w ramach Działania III. 3.2. „Promocja badań naukowych" Programu „Inicjatywa Doskonałości – Uczelnia Badawcza"

eprasa.pl fd436c8696

SKANER

NAUKA W OBRAZACH

Wonie starożytności

Naukowcy odkrywają zapach egipskich mumii



GDYBY POPROSZONO CIĘ, abyś opisał zapach staroegipskiej mumii tak, jak opisuje się luksusowe perfumy lub bukiet wykwintnego wina, mógłbyś wspomnieć o nutach starego lnu, żywicy sosnowej i olejków cytrusowych – z delikatnym akcentem środka odstraszającego owady.

Te sugestywne porównania pochodzą z najnowszej analizy laboratoryjnej dziewięciu mumii osób z różnych klas społecznych i okresów historycznych, opublikowanej w „Journal of the American Chemical Society". Naukowcy ze Słowenii, Anglii, Polski* i Egiptu, we współpracy z Muzeum Egipskim w Kairze, zidentyfikowali ponad 70 unikalnych związków chemicznych w próbkach powietrza pobranych wokół każdej mumii.

Próbki zostały poddane analizie chemicznej, a także przedstawione specjalnie przeszkolonym ludzkim „nosom". Jak wyjaśnia współautor badania, Abdelrazek Elnaggar z Univerza v Ljubljani w Słowenii, naukowcy starannie dobierali mumie, by uzyskać możliwie jak najszersze spektrum zapachów. W celu pobrania próbek wokół mumii umieszczono małe rurki (uważając, by nie dotknąć delikatnych szczątków), które zasysały emitowane cząsteczki gazu. Następnie zastosowano chromatografię gazową i spektrometrię mas, by zidentyfikować obecne w próbkach związki chemiczne.

Profile zapachowe mumii były złożone, ale przeszkolone osoby, głównie pracownicy muzeum, najczęściej opisywały je jako „słodkie", „drzewne" i „kadzidlane". Naukowcy mają nadzieję zastosować tę metodę do większej liczby mumii, by lepiej zrozumieć zróżnicowane praktyki mumifikacyjne stosowane w starożytnym Egipcie. „Różne metody historyczne oznaczają różne materiały używane w mumifikacji, ale też różną jakość tych materiałów" – tłumaczy Elnaggar.

Najwcześniejsze mumie egipskie, datowane na około 5000 roku p.n.e., powstawały naturalnie, gdy ciała grzebano w gorącym, suchym piasku. Około 2700 roku p.n.e. Egipcjanie zaczęli stosować techniki sztucznej mumifikacji, a największy ich rozwój przypada na okres Nowego Państwa, który rozpoczął się około 1500 roku p.n.e. W tym czasie ciała były starannie pokrywane różnymi olejkami i żywicami – prawdopodobnymi źródłami wykrytych w badaniu „słodkich" i „drzewnych" nut zapachowych.

Niektóre różnice zapachowe mogą także wynikać z rozbieżności w metodach mumifikacji osób z różnych warstw społecznych. Na przestrzeni wieków „osoby o wysokim statusie społecznym były mumifikowane z użyciem pachnących lepiej lub intensywniej naturalnych ekstraktów", mówi współautor badania, Matija Strlič, chemik analityczny z Univerza v Ljubljani. Elnaggar dodaje, że ciała faraonów i zmarłych pochodzących z elit traktowano świeżymi naturalnymi solami i wyciągami z drogocennych ziół, podczas

eprasa.pl fd436c8696



YASEMIN OZDEMIR/Getty Images

gdy w przypadku osób z niższych klas sole i inne materiały były używane wielokrotnie. W badaniu najlepiej zachowana mumia spoczywała w trumnie ze złoconą maską; mimo że należała do najstarszych, zawierała najwięcej różnorodnych związków zapachowych – z których wiele występowało w wyższych stężeniach niż u pozostałych mumii.

„Węch jest ściśle powiązany z ciałem migdałowatym i hipokampem – obszarami mózgu odpowiedzialnymi za przetwarzanie pamięci i emocji" – mówi Barbara Huber, archeochemiczka z Max-Planck-Institut für Geoanthropologie w Jenie (Niemcy), która nie brała udziału w badaniu, ale w 2023 roku była kuratorem zorganizowanej w Danii wystawy dotyczącej zapachów mumii. Huber zauważa, że muzea często wystawiają obiekty za szkłem. A to uniemożliwia zwiedzającym kontakt z zapachami, które mogą być kluczowe dla zrozumienia narracji historycznej – zwłaszcza w przypadku „tak niezwykle aromatycznego procesu", jakim jest mumifikacja.

Czy możemy się więc spodziewać flakonika „mumijnych" perfum w sklepie muzealnym? Naukowcy twierdzą, że ta idea wcale nie jest tak odległa. „Każdy chciałby pachnieć jak starożytny Egipcjanin: słodko, drzewnie i korzennie – mówi Elnaggar. – Chcielibyśmy teraz podzielić się tym doświadczeniem z odwiedzającymi muzea, aby mogli je poczuć na własnej skórze – a nawet cieszyć się nim w domu!"

Gayoung Lee

* Udział w badaniach wziął dr hab. Tomasz Sawoszczuk z Uniwersytetu Ekonomicznego w Krakowie.

eprasa.pl fd436c8696

ROBOTYKA

Zaprogramowana śmierć Miękkie roboty naśladują żywe organizmy – czy nie powinny też umierać?



WYOBRAŹMY SOBIE ROBOTA. Co przychodzi nam na myśl? Zapewne solidna, pokryta stalową powłoką maszyna, przewyższająca pod względem wytrzymałości i trwałości organiczne żywe istoty. Niestety, właśnie ta jej cecha grozi zasypaniem naszej planety niemal niezniszczalnymi odpadami elektronicznymi. A gdyby nasze coraz bardziej rozpowszechnione maszyny projektować tak, aby ulegały rozkładowi i znikały – tak jak życie?

W artykule opublikowanym ostatnio w „Science Advances" naukowcy opisali ramię robota i joystick do jego sterowania wykonane z żelatyny wieprzowej i celulozy – dostatecznie wytrzymałe, by mogły być funkcjonalne, lecz zarazem tak delikatne, by uległy rozkładowi w przydomowym kompostowniku. Po przetestowaniu obie przypominające origami struktury rozpadły się w glebie w ciągu kilku tygodni.

Robotyka biodegradowalna często zaliczana jest do kategorii robotyki miękkiej, która czerpie inspirację z elastycznych tworów natury. „Dziedzina ta wywodzi się raczej z materiałoznawstwa i chemii niż z tradycyjnej robotyki, która ma swoje korzenie w mechanice" – mówi Florian Hartmann, materiałoznawca z Max-Planck-Institut für Intelligente Systeme w Stuttgarcie w Niemczech. Jednak w wielu wczesnych prototypach miękkich robotów nadal wykorzystuje się syntetyczne polimery, które pozostają w środowisku jako zanieczyszczenia.

Aby skonstruować roboty do nowych badań, Pingdong Wei, materiałoznawca badający naturalne polimery na Uniwersytecie Westlake w Hangzhou, nawiązał współpracę ze swoim przyjacielem Zhuang Zhangiem, inżynierem robotykiem, obecnie pracującym na Uniwersytecie Fudan w Szanghaju. Zhang wspomina, że Wei od dawna interesował się robotyką i chciał sam stworzyć robota. „Wtedy pomyślałem sobie – dlaczego do jego zbudowania nie wykorzystać materiałów, którymi Wei się zajmuje?"

Zaczęli od arkuszy celulozy pozyskanej z bawełnianej pulpy, następnie dodali do nich glicerol dla zwiększenia elastyczności i je wysuszyli. „Celuloza jest również tania i łatwa w obróbce" – mówi Wei. Do budowy czujników naukowcy wykorzystali przewodzącą żelatynę pozyskaną z wieprzowiny, w której przepływ jonów zmienia się pod wpływem jej odkształcania. Następnie złożyli żelatynowe folie i czujniki w trójwymiarowe struktury.

Wei i Zhang stwierdzili, że kontroler i ramię robota wytrzymały zarówno intensywne użytkowanie, jak i tydzień bezczynności. Na koniec zakopali je w głębokim na 20 cm dołku w pobliżu kampusu. W ciągu ośmiu tygodni maszyny prawie całkowicie zniknęły.

„Sposób, w jaki naukowcom udało się skonstruować coś tak solidnego, a jednocześnie nietrwałego, budzi podziw" – mówi robotyczka Ellen Rumley, również z Max-Planck-Institut für Intelligente Systeme. Ani Rumley, ani Hartmann nie brali udziału w tych badaniach.

Wei i Zhang wyobrażają sobie tego rodzaju roboty, które zajmują się szkodliwymi odpadami, a następnie same ulegają degradacji; proponują również roboty, które wspomagają operacje chirurgiczne, by potem bezpiecznie rozłożyć się w organizmie. Należy wszakże mieć na uwadze, że technika ta wciąż jest w bardzo wczesnym stadium rozwoju.

„Jeśli naprawdę chcemy mieć zrównoważonego robota, który będzie mógł działać bez szkody dla środowiska przyrodniczego – mówi Hartmann – musimy również pomyśleć o elektronice, źródłach zasilania, a nawet bateriach, aby one również były biodegradowalne".

Saugat Bolakhe

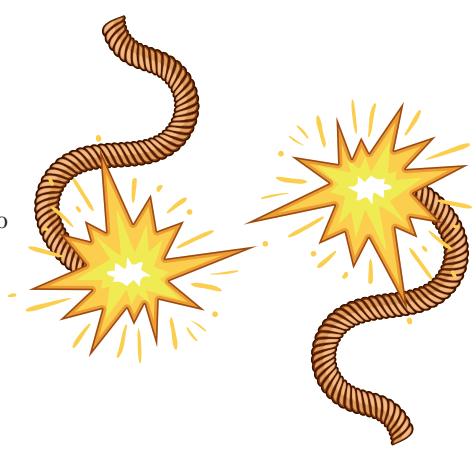
SHUTTERSTOCK.COM

ZAGADKA MATEMATYCZNA

Dwa lonty

Emma R. Hasson

DYSPONUJEMY dwoma odcinkami lontu i zapałkami. Spalanie się każdego lontu trwa dokładnie godzinę, ale nie jest równomierne, tzn. niektóre fragmenty palą się wolniej niż inne. W jaki sposób, korzystając z palących się lontów, można odmierzyć kwadrans?



Rozwiązanie na stronie 76

Ilustracja Thomas Fuchs

eprasa.pl fd436c8696

Ciało prolamellarne,

czyli o pożytkach z piękna (geometrii przestrzennej)

Wiele i wielu z nas słyszało o matematyce zaklętej w świecie przyrody. Podziwiamy kwiatostan słonecznika, w którym kolejne rzędy ziarenek układają się w charakterystyczną spiralę Fibonacciego, oglądamy mikroskopową strukturę diamentu... Fascynująca geometria to nie tylko wartość estetyczna, ale przede wszystkim już poznana lub pozostająca do odkrycia dodatkowa funkcjonalność. Spektakularnym przykładem przydatności takiej nanostruktury jest błona sześcienna – powtarzająca się przestrzennie struktura występująca w komórkach wszystkich grup organizmów z jądrem komórkowym.

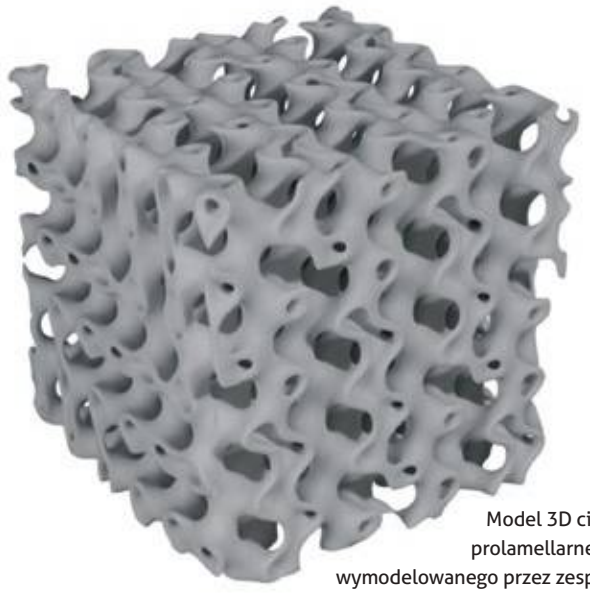
Gdzie odnaleźć dobry model błony sześciennej?

Sześcienne błony biologiczne to błony o najbardziej skomplikowanej strukturze. Zaobserwowano je w wielu trudno dostępnych tkankach, np. w siatkówce wiewiórecznika – małego ssaka, który wbrew swojej nazwie nie jest kuzynem wiewiórki, a bliżej mu do naczelnych. Naukowcy potrzebują jednak bardziej dostępnego źródła błon sześciennych, z którego mogliby pobierać duże próbki do badań i szukać odpowiedzi na wiele otwartych wciąż pytań. Badacze z Wydziału Biologii Uniwersytetu Warszawskiego pod kierunkiem dr hab. Łucji Kowalewskiej skupili się na ciałach prolamellarnych – uporządkowanych, regularnych sieciach trójwymiarowych, błoniastych rurek, występujących we wczesnych stadiach rozwoju rośliny, gdy nie ma ona jeszcze kontaktu ze światłem.

– *Ciała prolamellarne są łatwo dostępne i można zgromadzić dużą ich biomasę, bo rozwijają się w uprawianych w ciemności siewkach wszystkich roślin okrytonasiennych. Dlatego ciała prolamellarne stanowią taki dobry model do badania błon sześciennych nie tylko pod kątem strukturalnym, ale też biochemicznym, gdzie wymagana jest stosunkowo duża ilość próbki, żeby móc przeprowadzić oznaczenia np. zawartości poszczególnych składników* – tłumaczy badaczka.

Jak to powstaje?

Nauka ma przed sobą tysiące pytań otwartych, często bardzo podstawowych. Jednym z nich jest rozszyfrowanie ścieżek strukturalnych tworzenia się ciał prolamellarnych. Wiadomo, że struktury typu błon sześciennych powstają w szczególnych okolicznościach, np. stresu, głodu, zmiany odczynu pH czy oświetlenia, ale nie wiadomo jak! Właśnie tym podstawowym zagadnieniem zajmuje się zespół prof. Łucji Kowalewskiej.



Źródło: Wydział Biologii UW

Model 3D ciała prolamellarnego wymodelowanego przez zespół.

Do tej pory ograniczenia obrazowania biologicznego w nanoskali nie pozwalały na odtworzenie etapów powstawania ciał prolamellarnych. Nadzieję na lepsze poznanie tego procesu daje nie tylko obecny postęp w technikach analizy dostępnych danych obrazowych, ale, a być może przede wszystkim, podejście interdyscyplinarne. Ponieważ ani mikroskopia elektronowa, ani tomografia elektronowa nie dają idealnych rezultatów, na pomoc biologii przybywa matematyka, ta całkiem teoretyczna (topologia i geometria różniczkowa), jak i ta stosowana, pozwalająca stworzyć oprogramowanie komputerowe do odtworzenia tego mechanizmu, krok po kroku.

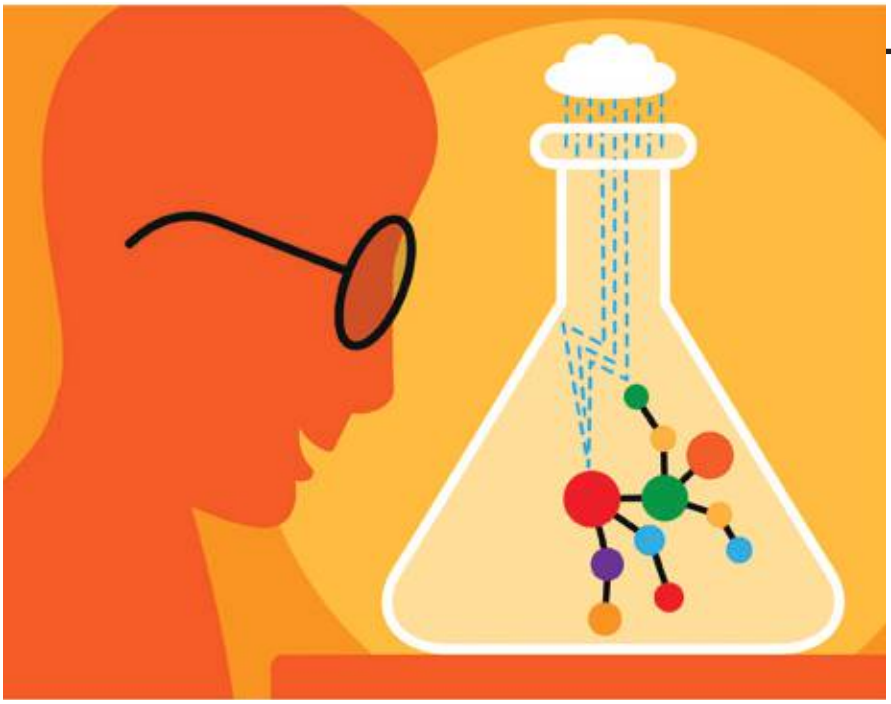
Zespół biologów z UW współpracuje z matematykami z Poczdamu i Perth, którzy za pomocą modelowania matematycznego opisują wzorami strukturę przestrzenną i jej potencjalne zmiany w czasie. Obliczenia pozwalają na dokładne oszacowanie wewnętrznej i zewnętrznej objętości ciała prolamellarnego, jak również jego powierzchni. A to bardzo ważne informacje z punktu widzenia wykorzystania tych badań podstawowych.

Przemysł, farmacja, produkcja żywności...

Matematyczne piękno struktury ciała prolamellarnego może mieć bardzo konkretne zastosowanie w wielu gałęziach przemysłu. Dogłębne poznanie procesów jego powstawania pozwoli na odtworzenie go i wykorzystanie np. w produkcji leków o wydłużonym czasie uwalniania lub w dostarczaniu chemioterapeutyków. Kluczem do sukcesu byłoby zamknięcie cząsteczek leku w „kapsule", z której poprzez błonę o odpowiednio zaprojektowanej strukturze byłyby one uwalnianie po konkretnym czasie. Przemysł żywnościowy też skorzystałby na bardziej optymalnym „zakonserwowaniu" zapachu i smaku – np. zimnej czekolady, która nie smakuje tak samo dobrze jak ciepła.

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

eprasa.pl fd436c8696



BIOCHEMIA

Mikrowyładowania

Uderzenia „mikropiorunów” mogły dać początek życiu

U ZARANIA DZIEJÓW Ziemia oferowała wszystkie składniki potrzebne do powstania życia. Nie mogły one jednak utworzyć biologicznych bloków budulcowych. Zapoczątkowanie tego procesu, zwanego syntezą prebiotyczną, wymagało interwencji z zewnątrz, a oczywistym podejrzanym był piorun. W związku z tym w roku 1952 młody amerykański chemik Stanley Miller nalał wody do kolby, dopełnił ją metanem, amoniakiem i wodorem – gazami tworzącymi pierwotną atmosferę planety – a następnie potraktował tę prebiotyczną zupę miniaturowymi piorunami.

W tym przełomowym eksperymencie, prowadzonym pod kierunkiem promotora Harolda Ureya, doszło do utworzenia z cząsteczek nieorganicznych kilku aminokwasów (aminokwasy łączą się, tworząc białka, które z kolei dają początek żywym organizmom). W ten sposób Miller wykazał, że do zainicjowania życia mogło dojść w jakimś zbiorniku wodnym. Jednak w naturze pioruny uderzają w to samo miejsce zbyt rzadko, aby zapoczątkować syntezę prebiotyczną.

Badania prowadzone siedem dekad później wskazują na bardziej realistyczny katalizator procesu – jest nim sama woda. Chemik Richard Zare i jego współpracownicy ze Stanford University donoszą na łamach „Science Advances”, że cząsteczki organiczne z wiązaniami węgiel-azot mogą powstawać po wprowadzeniu strumienia wody do mieszanki gazów atmosferycznych. Naukowcy odtworzyli reakcje chemiczne z eksperymentu Millera, używając bardziej niezawodnego źródła energii. „W przeciwieństwie do piorunów strumienie wody są wszędzie” – wyjaśnia Zare. Każdy wodospad czy fala stanowiły okazję do pojawienia się prapoczątku życia.

Dzieje się tak między kroplami wody dzięki różnicy ich ładunków elektrycznych. Kiedy małe naładowane ujemnie krople zbliżają się do dużych naładowanych dodatnio, czasem dochodzi do rozładowania, któremu towarzyszy błysk zwany przez naukowców „mikropiorunem”. Te działania powodują, podobnie jak wyładowania w eksperymencie Millera, powstanie związków organicznych. W tym wodno-gazowym bulionie zespół Zare’a wykrył aminokwas glicynę oraz nukleozasadę uracyl – kluczowy składnik RNA.

Postdoktorant Yifan Meng, nadzorujący bezpośrednio eksperyment, wspomina, że początkowo zespół interesował się głównie mikropiorunem, ale potem stwierdzono powstawanie wiązań węgiel-azot – typowych dla biocząsteczek – i to było niezwykle ekscytujące.

Aby powstały zaczątki życia, nie wystarczyłoby sporadyczne pojawianie się kluczowych związków. Dlatego przypadkowe uderzenia pioruna nie mogły być inicjatorem. Pojedyncze molekuły, czyli monomery, wymagałyby powtarzalnego procesu, aby tworzyć długie łańcuchy zwane polimerami: potrzeba wielu aminokwasów, aby powstało białko i wielu nukleozasad do utworzenia nici RNA.

„Elementy składowe powinny zostać gdzieś skoncentrowane, a idealnym miejscem byłyby szczeliny skalne w pobliżu wodnych rozprysków” – uważa Zare. Cykl mokre-suche w takim środowisku sprzyja polimeryzacji, więc mógł sprzyjać tworzeniu się złożonych struktur, a potem pierwszych organizmów jednokomórkowych. Zdaniem Davida Deamera, biofizyka z University of California w Santa Cruz, wnioski są przekonujące: „Biocząsteczki gromadziłyby się tam, gdzie występują fale lub wodospady, choćby w jeziorze lub nawet w gejzerze”.

Eksperyment nie ujawnił wszystkich warunków wstępnych zainicjowania życia, ale Meng uważa, że inne syntetyzowane związki mogły być obecne w niewykrywalnych ilościach: „Jeśli będziemy mogli prowadzić eksperyment dłużej, zapewne uda nam się wykryć więcej”. Podobnie jak w późniejszych badaniach Millera pojawiło się szersze spektrum cząsteczek, tak tu może się okazać, że mikropioruny wspierają pełnowymiarową syntezę prebiotyczną.

Nie brak konkurencyjnych hipotez powstawania pierwszych cząsteczek organicznych. Niektórzy uczeni uważają, że tworzyły się one wokół głębinowych kominów hydrotermalnych. Zdaniem innych dotarły na Ziemię z innego obiektu w naszej Galaktyce. Naukowcy z NASA ogłosili w styczniu, że w planetoidzie Bennu znaleziono 14 aminokwasów oraz pięć podstawowych zasad azotowych RNA i DNA. Jeśli wziąć pod uwagę, że tego typu obiekty pozaziemskie regularnie uderzały w naszą planetę tuż po jej uformowaniu się, to zdaniem Deamera „związki niezbędne do powstania życia mogły dosłownie spadać z nieba”.

Nikt nie wie, co naprawdę zapoczątkowało pojawienie się życia przed około 4 mld lat, ale opisane odkrycie potwierdza hipotezę Millera z lat 50., który w wywiadzie w 1996 roku powiedział: „Nikt nie kwestionował chemii oryginalnego eksperymentu […]. Chemia była bardzo solidna”. Być może iskra, która wprawiła tę chemię w ruch, wciąż istnieje.

Cody Cottier

Ilustracja Thomas Fuchs

eprasa.pl fd436c8696

NAUKA W OBRAZACH

Niezwykłe migracje

Podróże rusałek osetników są nawet bardziej imponujące niż monarchów

TO MOTYLI ULTRAMARATOŃCZYCY. Naukowcy od dawna wiedzieli o zamiłowaniu rusałek osetników do dalekich podróży, ale dopiero niedawno udało się im dokładnie zrekonstruować szlaki migracyjne tych owadów.

W ciągu kilku pokoleń potrafią one pokonać rocznie nawet 15 tys. km – ze Skandynawii do Afryki równikowej i z powrotem. Choć nie każda rusałka osetnik przemieszcza się na tak wielkie odległości, badacze opisali niedawno w czasopiśmie „PNAS Nexus", że niektóre osobniki pokonują aż 4 tys. km – z Europy do zimowisk w Sahelu, na południe od Sahary. Po drodze lecą nad Morzem Śródziemnym i przez Saharę. Inni badacze odkryli, że rusałki potrafią się przypadkowo przedostać przez Ocean Atlantycki aż do Ameryki Południowej. W Ameryce Północnej motyle te migrują między Meksykiem a Kanadą. W Azji widywano je nawet przelatujące przez Himalaje.

„To nie są bierni pasażerowie wiatru – mówi Arthur M. Shapiro, emerytowany lepidopterolog z Univeristy of California w Davis. – One same sobą kierują." W idealnych warunkach do rozmnażania „powietrze jest dosłownie nimi wypełnione", dodaje.

Motyl waży mniej niż gram, więc tradycyjne nadajniki GPS są dla rusałki osetnika zbyt ciężkie. W nowym badaniu Megan S. Reich, ekolożka z University of Ottawa, wraz z zespołem złapała 40 motyli i określiła miejsca ich narodzin na podstawie stosunku różnych izotopów wodoru i strontu w ich skrzydłach – co pozwoliło ustalić, które osobniki przebyły największe odległości.

„Ludzie czasem myślą, że motyle to kruche, efemeryczne istoty – mówi Reich. – Ale one potrafią być naprawdę wytrzymałe."

Rusałki osetniki są szczególnie dobrze przystosowane do dalekich podróży. Niezależnie od miejsca, mnóstwo roślin żywicielskich zapewnia im pożywienie. Gdy robi się zimno, drżą, by wytworzyć ciepło. Ich trójkątne przednie skrzydła umożliwiają im lot z prędkością nawet 50 km/h. Napędzane rezerwami tłuszczu, potrafią wznosić się tak wysoko, że aż do początku XXI wieku mieszkańcy Wielkiej Brytanii niemal nigdy nie widywali tych motyli odlatujących – przez co sądzono, że każdej zimy giną.

Ale rusałki osetniki wcale nie są wyjątkiem. Setki, a może nawet tysiące gatunków owadów najprawdopodobniej migrują – w tym ważki przecinające Ocean Indyjski, ćmy przemierzające Australię i skoczogonki „surfujące" na wiatrach przez Azję Wschodnią. „Niektóre migracje owadów są po prostu niesamowite – mówi Reich – a większość z nich nigdy nie została udokumentowana."

Jesse Greenspan



Jim Mayes/Getty Images

eprasa.pl fd436c8696



NEURONAUKA

Błądząc myślami

Rozpraszasz się, a jednak się uczysz

KIEDY ZMYWASZ NACZYNIA albo prowadzisz samochód, jadąc do pracy, twoje myśli prawdopodobnie nie koncentrują się na wykonywanej czynności. Być może układasz w głowie listę zakupów albo marzysz o urlopie we Włoszech. Jednak badania opublikowane w „Journal of Neuroscience" wskazują, że w takich momentach przyswajasz więcej, niż ci się wydaje.

Podczas prostych zadań, które wymagają minimalnej uwagi, błądzenie myślami może w rzeczywistości pomagać w nauce wzorców probabilistycznych, dzięki którym wykonujemy zadania skuteczniej.

„Pomysł, by zbadać potencjalnie korzystny wpływ błądzenia myślami na przetwarzanie informacji, przyszedł nam do głowy w czasie pandemii COVID-u, kiedy mieliśmy mnóstwo czasu na bujanie w obłokach" – mówi Péter Simor, główny autor badania i psycholog z Uniwersytetu im. Eötvösa Loránda w Budapeszcie. Uczestnicy badania wykonywali proste zadanie: naciskali klawisze odpowiadające kierunkom strzałek pojawiających się na ekranie. W zadaniu ukryte były jednak schematy, o których badani nie mieli pojęcia – mimo to się ich uczyli. Naukowcy odkryli, że gdy uczestnicy badania zgłaszali, że ich umysł „odpłynął", przystosowywali się do ukrytych schematów znacznie szybciej.

„To ekscytująca i ważna praca, zwłaszcza że autorzy zdecydowali się na zadanie niewymagające dużego wysiłku, żeby sprawdzić, jak błądzenie myślami wpływa na wydajność i uczenie się" – mówi Athena Demertzi, neurobiolożka z Université de Liège w Belgii. Wcześniejsze badania dotyczyły głównie długotrwałych i wymagających zadań, w których rozkojarzenie zazwyczaj pogarsza wyniki.

Ale rezultaty nie są jednoznaczne, zauważa Jonathan Smallwood, psycholog z Queen's University w Kingston w Kanadzie. „Nie sądzę, że to same spontaniczne epizody błądzenia myślami powodują wystąpienie nieświadomego uczenia się – mówi. – Raczej jedno i drugie pojawia się jednocześnie, gdy ludzie wchodzą w określony stan." Ani Smallwood, ani Demertzi nie byli zaangażowani w badanie.

Simor, który na co dzień bada sen, był ciekaw, czy błądzenie myślami u uczestników ma jakiekolwiek neurologiczne cechy wspólne z przysypianiem. Zespół użył zapisu EEG i wykazał, że w momentach „odpływania" mózg uczestników badania wytwarzał więcej fal wolnych, typowych dla fazy snu. Badacze sugerują, że błądzenie myślami może być formą lekkiego snu, która zapewnia podobne korzyści poznawcze. Aby lepiej zrozumieć, czy błądzenie myślami może kompensować brak snu, Simor i jego zespół planują teraz badania nad narkolepsją i niedoborem snu.

„Wiemy, że ludzie spędzają znaczną część dnia, nie koncentrując się na tym, co właśnie robią – mówi Smallwood. – Praca autorów jest ważna, bo pomaga nam zrozumieć, dlaczego stosunkowo złożone zadania nie wymagają skupienia na nich uwagi – i mimo że nasze myśli krążą gdzie indziej, świat zewnętrzny wciąż zostawia w nas swój ślad." *Nora Bradford*

INŻYNIERIA MATERIAŁOWA

Jajko doskonałe

Nauka wskazuje perfekcyjny sposób gotowania

GOTOWANIE NA TWARDO, NA MIĘKKO czy modne sous-vide – niezależnie od metody, ugotowanie całego jajka zazwyczaj daje idealną konsystencję albo żółtka, albo białka, ale rzadko obu naraz. Teraz jednak naukowcy uważają, że udało im się „rozgryźć" przepis na perfekcyjnie ugotowane jajko.

W przypadku żółtka idealna temperatura gotowania potrzebna do uzyskania optymalnej denaturacji, czyli rozpadu białek, z jednoczesnym zachowaniem kluczowych składników odżywczych, wynosi około 65°C. Dla białka, czyli albuminy, to około 85°C. Gotowanie na twardo zapewnia całkowite ścięcie białka, ale może skutkować suchym, kredowym żółtkiem. Jajka na miękko mają bardziej kremowe żółtko, które bywa jednak dla niektórych zbyt płynne. Metoda sous-vide – gotowanie jajek w wodzie o temperaturze 60–70°C przez co najmniej godzinę – zbliża do ideału. Efektem jest kremowe jajko na całej powierzchni, ale białko nie zawsze się całkowicie ścina. Minusem jest to, że potrzebny sprzęt nie należy do standardowego wyposażenia kuchni.

Doktorantka nauk o materiałach Emilia Di Lorenzo i profesor Ernesto Di Maio z Università degli Studi di Napoli Federico II we Włoszech zazwyczaj pracują nad tworzeniem polimerów o warstwowej strukturze gęstości. Jednak w niedawnym badaniu opublikowanym w „Communications Engineering" postanowili zastosować nowe podejście do gotowania jajek, które pozwoliłoby optymalnie ugotować zarówno żółtko, jak i białko – bez ich rozdzielania.

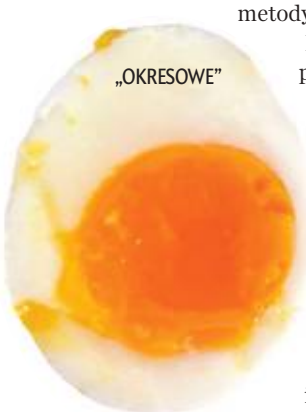
„W przypadku jajek zastosowaliśmy nasze podejście z badań nad polimerami i próbowaliśmy uzyskać warstwową strukturę konsystencji, zamiast warstw gęstości" – mówi Di Lorenzo. Inspiracją był luksusowy włoski przysmak za 80 euro, w którym żółtko i białko były gotowane osobno, ale idealnie.

Di Maio postawił hipotezę, że naprzemienne zanurzanie jajka – w skorupce – w gorącej i letniej wodzie, w krótkich cyklach, pozwoli osiągnąć idealną konsystencję obu składników. Badacze wykorzystali modele matematyczne i symulacje

Ilustracje Thomas Fuchs

eprasa.pl fd436c8696

komputerowe, by określić odpowiednią temperaturę (100°C i 30°C), czas (łącznie 32 min) i liczbę cykli (zmiana co dwie minuty). Potem ugotowali wiele jajek, by sprawdzić skuteczność nowej metody.



Efekty badali za pomocą spektroskopii w podczerwieni z transformacją Fouriera, która pozwala analizować strukturę chemiczną i sprawdzać, jak rozpad białek wpływa na konsystencję jajek przygotowanych na twardo, na miękko, metodą sous-vide i nowym sposobem.

Oczywiście, gotując jajka w domu, rzadko kto kieruje się poziomem denaturacji białek – dlatego badacze ocenili też konsystencję i smak, korzystając z pomocy ekspertów. Analiza profilu konsystencji (czyli ściskanie kawałków jajek) wykazała, że jajka na twardo miały najtwardsze i najbardziej gumowate białko oraz żółtko, ale różnice między pozostałymi metodami były subtelne. Panel ekspertów ocenił także bardziej subiektywne różnice smakowe.



Ostatecznie zespół zużył dziesiątki, jeśli nie setki jajek. „160 jajek wykorzystaliśmy tylko do analizy sensorycznej – wszystkie osobiście ugotowane przez profesora Di Maio w jego kuchni" – mówi Di Lorenzo.

Badacze odkryli, że jeśli zależy nam na jak największych wartościach odżywczych na śniadanie, nowa „okresowa" metoda gotowania jajka może być najlepszym wyborem. Składniki odżywcze były lepiej zachowane niż przy innych technikach. „Najbardziej imponujące było zachowanie polifenoli, ale wiele aminokwasów także się utrzymało" – mówi Di Lorenzo. Aminokwasy pomagają budować białka w naszym organizmie, a polifenole to przeciwutleniacze, które mogą mieć działanie przeciwzapalne.



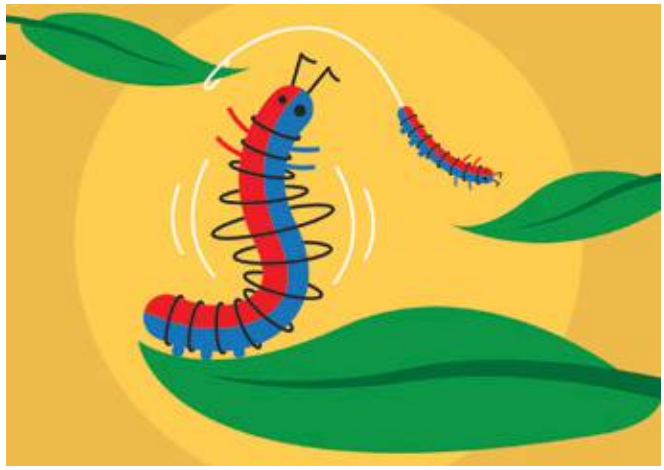
Projekt na zawsze zmienił podejście Di Maio do jajek. Choć przyznaje, że przygotowanie metodą „okresową" trwa dłużej niż zwykłe gotowanie, będzie ją regularnie stosował. Di Lorenzo natomiast prawdopodobnie nie zmieni swojej diety.

„Nasz jajeczny projekt był już zaawansowany – wspomina Di Maio – gdy Emilia powiedziała mi, że nie lubi jajek. W ogóle." Ale zaczyna się do nich przekonywać. „Może – mówi Di Lorenzo – to była droga do tego, by nauczyć się je lubić".

Arminda Downey-Mavromatis



Z „Periodic Cooking of Eggs", Emilia Di Lorenzo i in., „Communications Engineering", tom 4; 6 lutego 2025



ETOLOGIA

Odstraszające wibracje Żerujące na liściach brzozy gąsienice w razie zagrożenia wprawiają liść w drgania, a jeśli to nie poskutkuje, uciekają jak Spider-Man

GDY INTRUZ ZBLIŻA SIĘ do ich terytorium, większość zwierząt wybiera jedną z trzech strategii: walkę, ucieczkę lub bezruch. Ale gąsienice pewnej ćmy z rodziny wycinkowatych wybierają zupełnie inną drogę: zaczynają wibrować.

Dopiero co wyklute gąsienice *Drepana bilineata* są mniejsze od ziarenek sezamu – żyją samotnie na samych końcach liści, gdzie się również pożywiają. W niedawnym badaniu opublikowanym w „Journal of Experimental Biology" naukowcy odkryli, że te maleństwa zaciekle bronią swojego mikroskopijnego terytorium. Jeśli inna gąsienica zbytnio się zbliży, właścicielka liścia zaczyna intensywnie trząść całym ciałem, uderzać głową i drapać odwłokiem o powierzchnię liścia, wyraźnie sygnalizując: „To mój liść – trzymaj się z daleka!".

„Badanie pokazuje, jak niesamowicie złożony może być świat zmysłów nawet tak mikroskopijnych organizmów – świat, którego ludzie zwykle nie dostrzegają" – mówi Jayne E. Yack, neuroetolożka z Carleton University i główna autorka badania.

Aby zajrzeć do tego drgającego uniwersum, naukowcy wykorzystali nagrania w dużym zbliżeniu oraz laserowy wibrometr dopplerowski – urządzenie pozwalające rejestrować wibracje liścia bez jego dotykania.

„Jak na tak małe gąsienice, te wibracje to prawdziwe lwie ryki – mówi Yack. – Musieliśmy ściszyć dźwięk i zdjąć słuchawki, bo były tak głośne". Koniec liścia, który podskakuje przy każdym ruchu, może dodatkowo wzmacniać dźwięk.

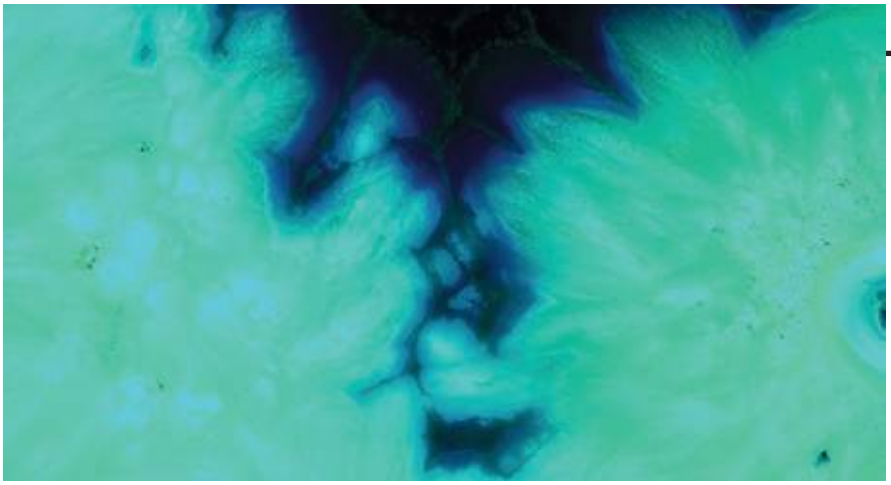
Prawdopodobnie gąsienice z tak wielkim zaangażowaniem pilnują końcówki liścia, ponieważ stanowi ona dobre miejsce do ewakuacji. Jeśli intruz nie da się odstraszyć, gąsienica wypuszcza jedwabistą nić i spuszcza się po niej jak Spider-Man. Ale często wibracje wystarczają.

Możliwe też, że to blef – niektóre pająki stosują podobne taktyki. „Istnieje duże prawdopodobieństwo, że gąsienice naśladują pająki, by zniechęcić rywala do przejęcia ich cennego liścia" – dodaje Yack.

Podobnie jak śpiewające ptaki, „te gąsienice również ogłaszają światu, że dany teren należy do nich – tyle że zamiast głosu wykorzystują wibracje przenoszone przez liść, a nie powietrze" – mówi Andrew Mason, badacz komunikacji zwierząt z University of Toronto Scarborough, który nie brał udziału w badaniu. „To badanie otwiera nam okno na świat, którego inaczej nie moglibyśmy dostrzec".

Rohini Subrahmanyam

eprasa.pl fd436c8696



Nowy kolor o nazwie olo to jakby wysoko nasycona wersja zielononiebieskiej barwy na ilustracji po lewej.

FIZJOLOGIA

Nieprawdopodobny turkus

Tylko pięć osób widziało kolor olo

PRZECIĘTNE LUDZKIE OKO potrafi rozróżnić nawet do 10 mln odcieni – od najczystszej szarości po laserową zieleń. Teraz naukowcy twierdzą, że udało im się wyjść poza ten znany zakres i wkroczyć w nowy świat barw. W artykule opublikowanym w „Science Advances" badacze opisują, jak z użyciem lasera precyzyjnie stymulowali siatkówkę pięciu uczestników, dzięki czemu badani stali się pierwszymi ludźmi, którzy zobaczyli niemożliwie nasycony zielononiebieski kolor, wykraczający poza normalny zakres ludzkiego widzenia.

Nasza siatkówka zawiera trzy typy fotoreceptorów światłoczułych, czyli czopków. Czopki S rejestrują fale o stosunkowo krótkiej długości, co odbieramy jako kolor niebieski. Czopki M reagują na fale o średniej długości – odbieramy to jako zielony. Czopki L z kolei są aktywowane przez długie fale świetlne, dając wrażenie czerwieni. Te sygnały – odpowiadające barwie niebieskiej, zielonej i czerwonej – trafiają do mózgu, gdzie są łączone w pełnokolorowy obraz, który widzimy.

Jednak zakresy działania tych trzech typów czopków częściowo się pokrywają: światło, które pobudza czopki M, niemal zawsze pobudza również czopki S lub L. „Nie istnieje takie światło w naturze, które aktywuje wyłącznie czopki M, bo jeśli one się uaktywniają, to na pewno któreś z pozostałych także" – mówi Ren Ng, profesor inżynierii elektrycznej i informatyki na University of California w Berkeley. Ng i jego zespół postanowili obejść to podstawowe ograniczenie, tworząc technikę barwną, którą nazwali Oz.

„Nazwa pochodzi z *Czarnoksiężnika z Krainy Oz*, gdzie bohaterowie zmierzają do Szmaragdowego Grodu, który lśni najpiękniejszą zielenią, jaką można sobie wyobrazić" – wyjaśnia Ng. Na własnej „wyprawie" badacze użyli laserów do precyzyjnego dostarczania maleńkich dawek światła do wybranych czopków w ludzkim oku. Najpierw zmapowali część siatkówki, by zidentyfikować, który czopek jest typu S, M lub L. Następnie za pomocą lasera dostarczyli światło wyłącznie do czopków M.

Nie było to szczególnie komfortowe. „To zdecydowanie nie jest sprzęt konsumencki – Przeprowadziliśmy czysto naukowy eksperyment z zakresu neurologii i percepcji wzrokowej" – mówi Ng. W rzeczywistości badacze eksperymentowali na samych sobie – trzech z pięciu uczestników badania to współautorzy publikacji. Dwóch pozostałych to koledzy z University of Washington, którzy nie znali celu badań.

Jako jeden z badanych Ng wszedł do zaciemnionego laboratorium i usiadł przy stole. „Były tam lasery, lustra, elastyczne zwierciadła, modulatory, detektory światła" – wspomina. Musiał mocno zacisnąć zęby na specjalnym uchwycie, by utrzymać głowę i oczy nieruchomo. Gdy laser zaświecił na jego siatkówkę, Ng zobaczył maleńki kwadrat światła – mniej więcej wielkości paznokcia kciuka wyciągniętej przed siebie ręki. W tym kwadracie ujrzał swój Szmaragdowy Gród: kolor, który badacze nazwali olo.

Jak dokładnie wygląda olo? Ng opisuje go jako „zielononiebieski o niespotykanym nasyceniu" – kolor, który jego mózg stworzył w odpowiedzi na sygnał, jakiego nigdy wcześniej z oka nie otrzymał. Najbliższym odpowiednikiem olo, który można wyświetlić na ekranie komputera, jest odcień zielononiebieski, reprezentowany przez kod szesnastkowy #00ffcc, mówi Ng. (Po angielsku ten kolor nazywa się teal – od kaczki cyraneczki, mającej część upierzenie w podobnym kolorze.) Jeśli chcesz spróbować sobie wyobrazić olo, wyjdź od tego koloru j i pomyśl, że edytujesz go na komputerze. Utrzymujesz barwę (hue) bez zmian, ale stopniowo zwiększasz jej nasycenie. W pewnym momencie osiągasz granicę tego, co twój ekran jest w stanie wyświetlić – ale ty nadal zwiększasz nasycenie, poza to, co występuje w naturze, aż osiągasz granicę ludzkiej percepcji nasycenia. To efekt zbliżony do światła z laserowego wskaźnika emitującego niemal wyłącznie zielononiebieską barwę. Olo znajduje się jeszcze poza tym zakresem.

Nowy kolor olo to niezwykle nasycona wersja niebieskozielonego koloru podobnego do tego powyżej.

Aby sprawdzić, czy to, co uczestnicy badania widzieli jako olo, rzeczywiście wykraczało poza standardowe ludzkie możliwości widzenia kolorów, naukowcy przeprowadzili eksperymenty porównawcze. Uczestnicy porównywali olo ze światłem lasera w kolorze zielononiebieskim i mogli regulować nasycenie barwy, dodając lub odejmując białe światło. Wszyscy stwierdzili, że jeśli dodadzą do olo białe światło (czyli zmniejszą nasycenie), nowy kolor będzie odpowiadał barwie lasera – co potwierdziło, że olo faktycznie leży poza normalnym zakresem widzenia barw przez człowieka.

„To fascynujące badanie, prawdziwy przełom w rozumieniu mechanizmów fotoreceptorowych leżących u podstaw percepcji barw. Wymagania techniczne, by to osiągnąć, są ogromne – mówi Manuel Spitschan, specjalista od wpływu światła na ludzkie zachowanie z Max-Planck-Institut für molekulare Zellbiologie und Genetik, który nie brał udziału w badaniu. – Otwartym pytaniem pozostaje, jak można będzie wykorzystać ten przełom."

Zespół Ng marzy, o ekranach które skanują siatkówkę i wyświetlają idealny obraz lub wideo, kierując światło do konkretnych czopków – co pozwoliłoby uzyskać krystalicznie czysty, niepikselowany obraz w „niemożliwych" kolorach. „To będzie

Getty Images

eprasa.pl fd436c8696

ekstremalnie trudne w realizacji, ale według mnie możliwe" – mówi Ng. Bardziej realistycznym zastosowaniem techniki Oz w najbliższej przyszłości mogłoby być umożliwienie osobom z wrodzoną ślepotą barw doświadczania, po raz pierwszy w życiu, kolorów, takich jak czerwień czy zieleń, choć nie byłoby to faktyczne leczenie. „Doświadczenie Oz jest chwilowe – mówi Ng. – Nie jest trwałe."

„To przełom techniczny i bardzo chciałbym mieć takie urządzenie w swoim laboratorium – mówi Maarten Kamermans, badacz wzroku i siatkówki z Netherlands Institute for Neuroscience, który nie uczestniczył w badaniu. „Pomyślmy o badaniach na zwierzętach. Moglibyśmy nałożyć ludzkim uczestnikom typy fotoreceptorów charakterystyczne dla innych gatunków i stwierdzić, jak widzi pies, jak widzi mysz, a jak złota rybka – dodaje. – To byłoby naprawdę interesujące."

Jacek Krywko

BIOLOGIA

Krzycząca skóra

Komórki skóry w razie uszkodzenia wzywają pomocy

NEURONY ROZMAWIAJĄ ze sobą, wykorzystując elektryczność. Gdybyśmy mogli usłyszeć te impulsy, brzmiałyby pewnie jak nieustanny trajkot w całym układzie nerwowym. Komórki mięśnia sercowego robią coś podobnego, emitując elektryczne sygnały „zawołania", dzięki którym serce bije.

Dotychczas jednak wydawało się, że komórki skóry i inne komórki nabłonkowe milczą. Tworzą one tkanki barierowe, chroniące wnętrze ciała przed zewnętrznym światem, uważano więc, że nie potrzebują tego rodzaju komunikacji.

Dlatego naukowcy byli zaskoczeni, kiedy niedawno odkryli, że w przypadku skaleczenia komórki te emitują powolne impulsy elektryczne w sposób przypominający wyładowania w neuronach. „Komórki nabłonkowe wysyłają sygnał, który jest niczym krzyk: »Jesteśmy uszkodzone, przyjdźcie i nas naprawcie«" – mówi Sun-Min Yu, specjalistka inżynierii z University of Massachusetts Amherst i główna autorka badania, którego wyniki zostały opublikowane w „Proceedings of the National Academy of Sciences USA". Sygnał ten może wzywać inne komórki do pomocy w przebudowie uszkodzonych okolic.

Komórki nabłonkowe tworzą zewnętrzną warstwę skóry oraz wyściółkę jelit, naczyń krwionośnych czy dróg oddechowych – zasadniczo „każdego narządu w naszym ciele, który ma kontakt ze światem zewnętrznym", mówi Ellen Foxman, która nie brała udziału w tym nowym odkryciu, ale bada komórki nabłonkowe w Yale School of Medicine. W przypadku skaleczenia komórki te koordynują proces gojenia, przesyłając sygnały chemiczne do swojego otoczenia.

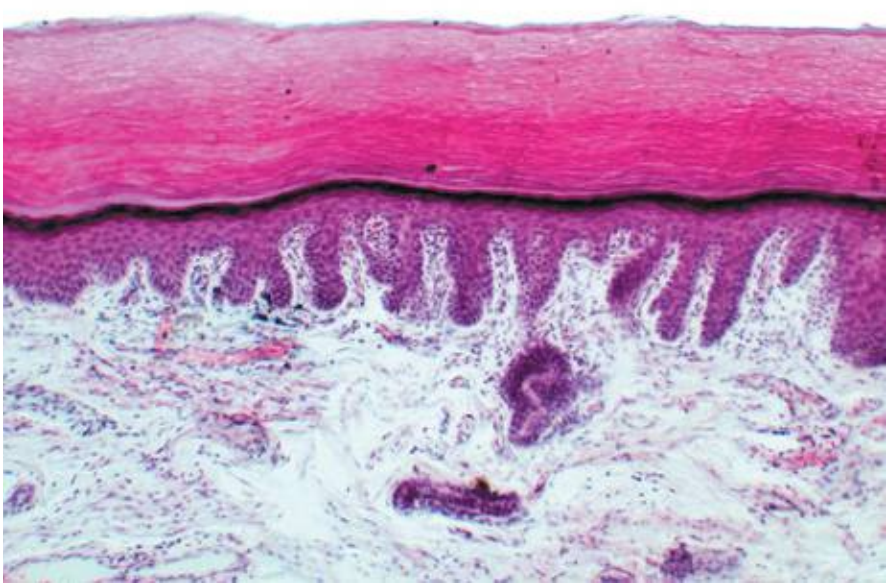
Jednak Yu „pomyślała, że powinien istnieć szybszy szlak przekazywania sygnałów". Hodowała ludzkie komórki nabłonkowe i komórki nerki pochodzące od psów na szalkach wyposażonych w elektrody. Kiedy za pomocą lasera uszkadzała komórki, wykrywała elektryczne „szumy" pochodzące z okolic obrażeń. „To był bardzo wyraźny, aktywny sygnał", który zdecydowanie przypominał impulsy elektryczne generowane przez neurony, mówi Yu. Te wyładowania były szybsze od komunikatów chemicznych, jednak znacznie wolniejsze niż sygnały przekazywane przez neurony: ich czas trwania można było mierzyć raczej w sekundach niż milisekundach. Wędrowały przez co najmniej kilkanaście kolejnych komórek nabłonkowych.

Nie jest jasne, w jaki sposób komórki nabłonkowe wytwarzały te sygnały, jednak naukowcy stwierdzili, że tego rodzaju komórki mogą ulegać wzbudzeniu jedynie w obecności jonów wapnia. Przekazywanie sygnałów przez neurony także zależy od jonów, między innymi wapnia, sodu i potasu. Ładunek elektryczny jonów jest źródłem wzrostu napięcia.

Te nowe obserwacje „wskazują, że może istnieć komunikacja o większym zasięgu" pomiędzy komórkami nabłonkowymi, pozwalająca na koordynowanie procesów gojenia, mówi Foxman. Zrozumienie, jak dokładnie te komórki reagują na uszkodzenia, może wyjaśnić, dlaczego niekiedy proces ten przebiega nieprawidłowo. „Kiedy się skaleczymy, czasami rana goi się idealnie – ale niekiedy pozostaje blizna, a zdarza się, że blizny w obrębie nabłonka narządów wewnętrznych prowadzą do przewlekłych zaburzeń. To mnie ekscytuje – mówi Foxman. – Ilekroć odkrywamy nowy szlak, możemy go badać i potencjalnie wykorzystać do opracowania nowych metod leczenia".

Wciąż nie jest do końca pewne, jaką rolę odgrywają te sygnały w żywych organizmach ani co robią inne komórki, kiedy otrzymają taki sygnał, mówi Sarah Najjar, która bada komórki nabłonkowe jelit na New York University. „Dokąd mają docierać te elektryczne sygnały?" – zastanawia się. Czy mają działać na neurony? Yu planuje podjąć badania nad interakcjami między tymi dwoma typami komórek. „Chcę się dowiedzieć, jak sygnały [neuronów] o wysokich częstotliwościach są przekazywane" do komórek nabłonkowych, nastrojonych na niskie częstotliwości i vice versa, mówi. „To badanie, do którego pcha nas ciekawość". *Allison Parshall*

Komórki nabłonkowe palca wybarwione na różowo



Yaroslav Stepaniuk/Alamy Stock Photo

eprasa.pl fd436c8696



© Guilhem Duvot/WCS

ETOLOGIA

Małpie smakołyki

Czy trufle smakują również gorylom?

GASTON ABEA PAMIĘTA, jak jego dziadek opowiadał mu, że goryle żyjące w pobliżu ich wioski w północnej części Republiki Konga rozgrzebywały ziemię w poszukiwaniu smakowitych mrówek. Abea wierzył w to wyjaśnienie aż do chwili, gdy sam przyjrzał się zjawisku z bliska i doszedł do wniosku, że nie do końca odpowiada ono opowieściom dziadka oraz innych członków rdzennej społeczności Ba'Aka.

„Goryle rzeczywiście odsuwały liście i drapały ziemię – mówi Abea. – A tak przecież nie szuka się mrówek – wystarczyłoby je po prostu zebrać."

Dziś Abea jest asystentem badawczym Towarzystwa Ochrony Przyrody (Wildlife Conservation Society) w Parku Narodowym Nouabalé-Ndoki w Kongu. Od zawsze ciekawiło go, co tak naprawdę robią te małpy. Po kilku latach obserwacji wraz ze współpracownikami opublikował odpowiedź na to pytanie w czasopiśmie „Primates", rzucając światło na dietę i obyczaje goryli: te wielkie naczelne poszukiwały… trufli.

Inni badacze również widywali goryle drapiące ziemię w różnych miejscach w Kongu, Gabonie i Republice Środkowoafrykańskiej – i podobnie zakładali, że chodzi o szukanie owadów. Zespół Abei rozwiał te wątpliwości, śledząc cztery grupy goryli z Ndoki przez lata, dokumentując ich zachowania i zbierając próbki małych, okrągłych obiektów, które zwierzęta podnosiły z rozgrzebanej ziemi i zjadały.

Analizy taksonomiczne i molekularne wykazały, że te podziemne przysmaki to *Elaphomyces labyrinthinus*, gatunek trufli przypominający mniejszą wersję tych, które jedzą ludzie. Nie wszystkie grupy goryli w tym rejonie regularnie rozgrzebywały ziemię, ale wszystkie wydawały się do tego zdolne. U jednej samicy zaobserwowano, że podwoiła czas spędzany na jedzeniu trufli po przejściu z grupy, która rzadko je zbierała, do takiej, która robiła to często. Obserwacje te wskazują, że strategie poszukiwania trufli są elastyczne i mogą być przekazywane społecznie, a nie wynikać wyłącznie z warunków środowiskowych.

Obyczaje goryli są znacznie mniej zbadane niż innych wielkich małp człekokształtnych. Prymatolodzy przez długi czas uznawali nawyki żywieniowe goryli za mniej interesujące niż szympansów czy orangutanów, które mają bardziej urozmaiconą dietę i chętniej używają narzędzi. Nowa publikacja jednak wzmacnia dowody na to, że dieta goryli jest „zaskakująco różnorodna i że mogą istnieć kulturowe preferencje żywieniowe w poszczególnych grupach społecznych", mówi Stacy Rosenbaum, antropolożka biologiczna z University of Michigan, która nie brała udziału w badaniu.

Naukowcy wciąż nie wiedzą, dlaczego te trudne do znalezienia rarytasy znalazły się w jadłospisie goryli. Niektóre badania świadczą, że trufle mogą mieć właściwości przeciwbakteryjne, przeciwutleniające i przeciwzapalne – mówi Rosenbaum – więc „interesującą hipotezą jest ich działanie lecznicze". A może po prostu niektóre goryle – podobnie jak niektórzy ludzie – zwyczajnie je uwielbiają? *Rachel Nuwer*

eprasa.pl fd436c8696

GEOMORFOLOGIA

Zwierzęcy architekci krajobrazu

Jak żywe stworzenia przeobrażają rzeźbę terenu



Kopiec termitów w Kenii

POWIERZCHNIA ZIEMI to dzieło w stanie ciągłego tworzenia. Głazy staczają się po zboczach gór wypiętrzonych przez zderzające się ze sobą płyty tektoniczne. Lodowce mielą te głazy na pył. Wiatr, deszcz i rzeki zanoszą ten pył do morza, gdzie staje się on osadem dennym. Tego rodzaju przeobrażenia krajobrazu opisujemy od dawna. Jednak nowe badania wskazują, że w tym opisie brakuje jednej potężnej siły natury: zwierząt.

W badaniu opublikowanym w „Proceedings of the National Academy of Sciences USA" naukowcy oszacowali, że dzikie gatunki słodkowodne i lądowe – od łososi po słonie – zużywają co roku 76 tys. gigadżuli energii na przekształcanie otaczającego je terenu. Odpowiada to tysiącom ekstremalnych powodzi.

Bobry są oczywiście doskonale znane wszystkim ze swoich inżynieryjnych osiągnięć. Jednak w przypadku innych zwierząt, niezależnie od tego, jak duże są budowane przez nie gniazda lub wykopywane nory, „panuje przekonanie, że są to ciekawostki, które jednak nie mają większego znaczenia w skali globalnej – mówi geograf Gemma L. Harvey z Queen Mary University of London, główna autorka publikacji. – Nasze badania kwestionują to przekonanie."

Badaniem ewolucji form terenu zajmuje się geomorfologia, a gdy zmiany te są powodowane przez zwierzęta, dodawany jest kolejny przedrostek: zoogeomorfologia. Już w 1881 roku Karol Darwin dostrzegł rolę dżdżownic w formowaniu gleby. Jednak dopiero w 1992 roku geograf fizyczny David Butler, obecnie emerytowany profesor Texas State University, zaproponował termin opisujący ten wpływ.

Wprowadził to naukowe określenie w artykule poświęconym „niedźwiedziowi grizzly jako czynnikowi erozyjnemu". Wyliczył w nim, że niedźwiedzie w Parku Narodowym Glacier w ciągu 100 lat przemieściły w dół stoków około 15 tys. ciężarówek ziemi podczas poszukiwania pożywienia i kopania nor. „Zacząłem wtedy podejrzewać, że gdyby przeprowadzić takie obliczenia na całym świecie dla setek gatunków, uzyskalibyśmy zdumiewające liczby" – mówi.

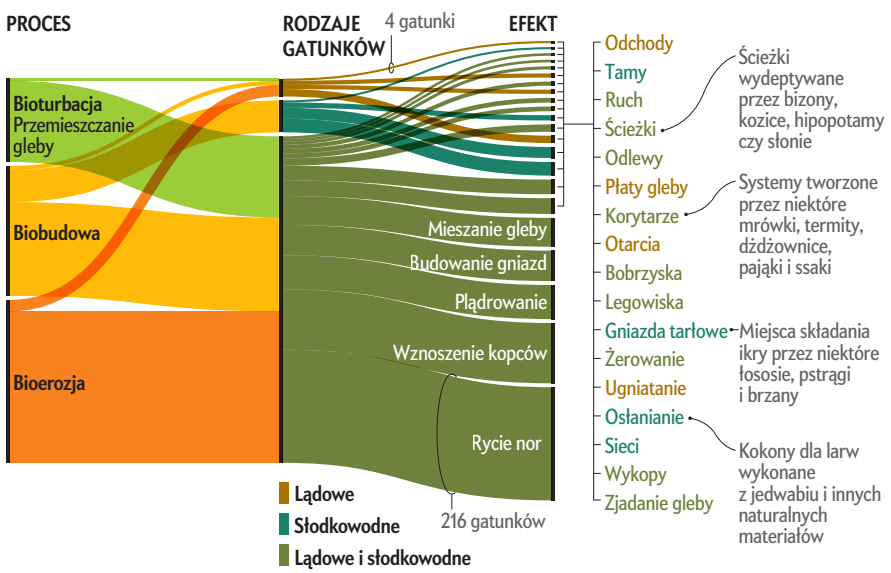
Dane potrzebne do tego typu badań nie były wtedy dostępne, ale trzy dekady później zespół Harvey zebrał wystarczająco dużo informacji, by przeanalizować 500 gatunków. Badacze odkryli, że rozdeptujące teren hipopotamy tworzą nowe koryta rzek, a raki ryjące w dnie poszerzają brzegi już istniejących. Ustalili też, że w Brazylii potężne kopce termitów zajmują łącznie obszar rozmiarów Islandii. „To są ogromne przekształcenia. I ogromne ilości przeobrażanej gleby" – mówi Harvey.

Brian Yanites, geomorfolog z Indiana University Bloomington, który nie brał udziału w tym badaniu, zauważa, że tego rodzaju analizy zwykle mają bardzo wąski zakres. „Dotyczą jednego rodzaju zwierząt, jednej konkretnej lokalizacji lub określonej formy terenu" – mówi. Tymczasem w nowym badaniu, jak podkreśla, naukowcy „podchodzą do zagadnienia w makroskali i w naprawdę elegancki sposób".

Według autorów 76 tys. gigadżuli to prawdopodobnie poważne niedoszacowanie; w analizie nie uwzględniono bowiem ważnych i rozległych ostoi bioróżnorodności w Afryce, Ameryce Południowej i Azji, ponieważ mało jest badań na temat tego, jak żywe stworzenia przekształcają tamtejsze krajobrazy. Chociaż wielu ekspertów lekceważy zwierzęta jako istotny czynnik zmieniający rzeźbę terenu, Butler uważa, że to badanie może zmienić ich poglądy.

Cody Cottier

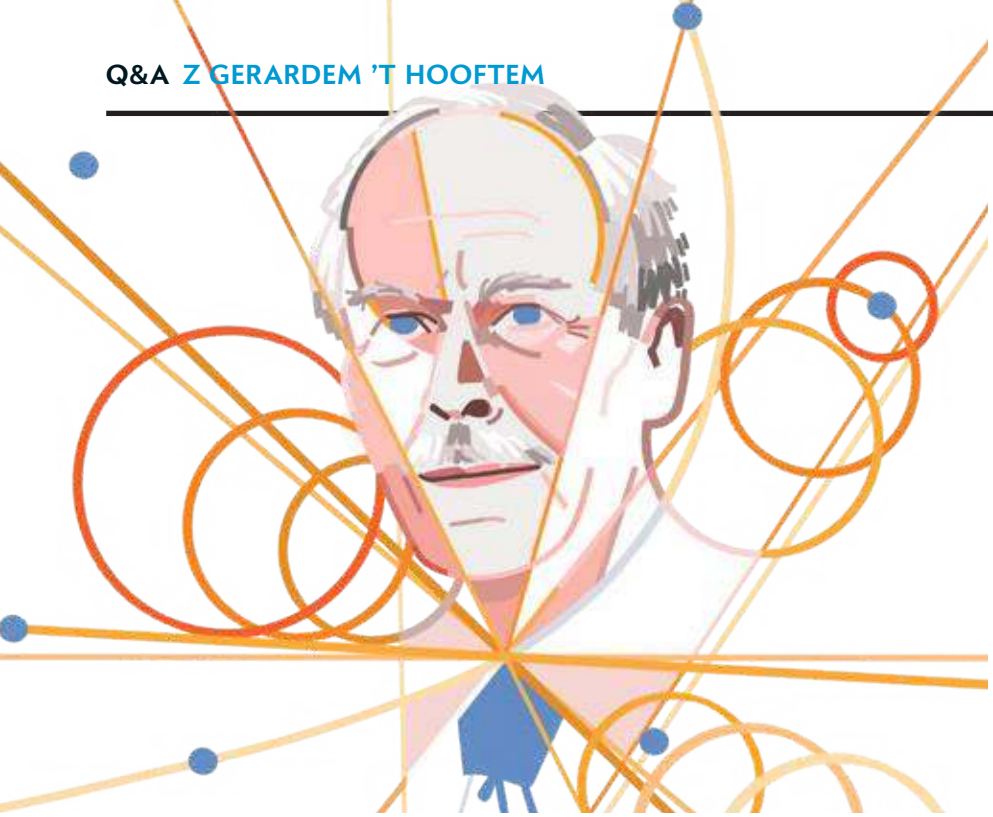
Liczba gatunków przypadających na efekt krajobrazowy



Vicki Jauron/Babylon and Beyond Photography/Getty Images (*u góry*); ŹRÓDŁO: "Global Diversity and Energy of Animals Shaping the Earth's Surface", Gemma L. Harvey i in., „Proceedings of the National Academy of Sciences USA", tom 122; 18 lutego 2025 (*tabela na dole, dane*)

Infografika Ripley Cleghorn

eprasa.pl fd436c8696



Fizyka kwantowa nie ma sensu

Fizyk teoretyczny, laureat Nagrody Nobla Gerard 't Hooft snuje rozważania na temat przyszłości

LEE BILLINGS

W PANTEONIE WSPÓŁCZESNEJ FIZYKI niewiele postaci może się równać z autorytetem Gerarda 't Hoofta. Holenderski fizyk teoretyczny, obecnie emerytowany profesor Universiteit Utrecht w Holandii, spędził większość z ostatnich 50 lat na kształtowaniu rozumienia fundamentalnych oddziaływań, które spinają w całość naszą rzeczywistość. Jednak skromna postawa i łagodny ton głosu 't Hoofta nie zdradzają jego ogromnego autorytetu naukowego, o którym świadczą matematyczna precyzja i głęboka wiedza fizyczna charakteryzujące jego prace, a także niezliczone zdobyte przez niego prestiżowe nagrody, w tym Nagroda Nobla, Nagroda Wolfa, Medal Franklina i wiele innych.

Przyznana mu w kwietniu ubiegłego roku Special Breakthrough Prize in Fundamental Physics to najbardziej lukratywne wyróżnienie w nauce – wysokość nagrody wynosi 3 mln dolarów. Gerard 't Hooft otrzymał ją za wielki wkład dla fizyki, jaki wniósł w trakcie swojej długiej kariery.

Jego najbardziej znane odkrycie – które w 1999 roku przyniosło mu, oraz jego promotorowi pracy doktorskiej, nieżyjącemu już Martinusowi Veltmanowi, Nagrodę Nobla z fizyki – pokazało, jak rozumieć nieabelowe teorie cechowania, które są złożonymi modelami matematycznymi opisującymi oddziaływania cząstek elementarnych. 't Hooft i Veltman wykazali wspólnie, że teorie te można renormalizować, co oznacza, że pojawiające się w obliczeniach wielkości nieskończone można okiełznać w spójny i precyzyjny sposób. Osiągnięcie to zmieniło bieg nauki, kładąc podwaliny pod Model Standardowy – obowiązujący obecnie paradygmat fizyki cząstek elementarnych.

Poza tym osiągnięciem, 't Hooft dokonał wielu innych przełomów, których jest zbyt dużo – a w większości przypadków są zbyt techniczne – aby je tutaj szczegółowo opisać. Jedną z najbardziej znaczących koncepcji jest wysunięta w latach 90. propozycja zasady holograficznej. Zgodnie z tym pomysłem wszystkie informacje zawarte w trójwymiarowej przestrzeni mogą być zakodowane na otaczającej ją dwuwymiarowej powierzchni, podobnie jak w hologramie. Od tego momentu idea ta stała się centralnym elementem wielu prób połączenia mechaniki kwantowej i ogólnej teorii względności w uniwersalną teorię grawitacji kwantowej.

W rozmowie z „Scientific American" 't Hooft opowiadał o nagrodzie Breakthrough Prize, swojej optymistycznej wizji przyszłości fizyki cząstek elementarnych, niezadowoleniu z mechaniki kwantowej oraz naukowych i kulturowych skutkach niektórych z jego najbardziej prowokacyjnych idei.

Poniżej zredagowana transkrypcja wywiadu.

Wygląda na to, że dostał Pan już prawie wszystkie najważniejsze nagrody w dziedzinie fizyki.

Niektórych jeszcze mi brakuje! Ale tak, zdobyłem sporo nagród. Trochę mnie martwi, że większość z nich przyznano mi za to samo osiągnięcie. Otrzymujesz nagrodę za nagrodą za coś, co już zostało docenione, podczas gdy inne moje dokonania naukowe nie są tak dobrze znane – przynajmniej nie szerokiej publiczności. Niemniej jednak fundacja Breakthrough Foundation sporządziła podsumowanie mojej pracy, za którą przyznano mi tę nagrodę, i zawiera ono praktycznie wszystko, co zrobiłem!

Tak, fundacja uwzględniła wszystko! Ale wziąwszy pod uwagę, ile nagród już Pan zdobył, czy ta jest dla Pana kolejnym punktem na liście osiągnięć? Czy stało się to dla Pana rutyną, czy nadal nagrody są ekscytujące?

Mogę zapewnić: nic nie jest rutyną. Wszystkie te rzeczy są inne. Punktem kulminacyjnym była oczywiście sama Nagroda Nobla, która co roku przyznawana jest tylko nielicznym osobom. To coś wyjątkowego. Ale ta również jest wyjątkowa. To wielka nagroda, w dosłownym tego słowa znaczeniu.

Lee Billings jest starszym redaktorem „Scientific American", zajmującym się kosmosem i fizyką.

Ilustracja Shideh Ghandeharizadeh

eprasa.pl fd436c8696

Pańska współpraca z Martinusem Veltmanem w latach 70. jest doceniana m.in. ze względu na jej znaczenie dla Modelu Standardowego fizyki cząstek elementarnych – najlepiej sprawdzonej i najbardziej udanej teorii naukowej, jaką kiedykolwiek opracowano. Jednak pod pewnymi względami Model Standardowy stał się również przedmiotem kontrowersji. Był on wielokrotnie potwierdzony, co sprawiło, że fizycy nie widzą już oczywistej drogi do dalszych przełomowych odkryć. Czy ten aspekt wieloletniej dominacji Modelu Standardowego Pana niepokoi?

Nie, wcale nie. Myślę, że w nauce naturalne jest to, iż nie zawsze jest możliwy nieograniczony strumień odkryć i nowych koncepcji. Będą okresy, takie jak ten, który obecnie mamy w fizyce cząstek elementarnych, kiedy wydaje się, że nic się nie dzieje. Dla przykładu, właśnie widziałem informację z CERN-u, że w Wielkim Zderzaczu Hadronów wykryto nowe kanały łamania symetrii CP [symetrii parzystości ładunku]. To bardzo ważne osiągnięcie, ale nie jest to odkrycie przełomowe. Wydaje się, że znajdujemy się w okresie, w którym naukowcy z mojej dziedziny dokonują wielu mniejszych odkryć. One same w sobie są satysfakcjonujące, ponieważ uzupełniają naszą wiedzę. Myślę jednak, że historia pokazuje, iż nie zawsze tak będzie. Pojawią się bardziej fundamentalne odkrycia, które ponownie zmienią nasze poglądy na zachodzące procesy.

W ciągu ostatnich kilku stuleci były długie okresy, w których wydawało się, że niewiele się dzieje. James Clerk Maxwell pod koniec XIX wieku połączył ze sobą elektryczność i magnetyzm, a około 1900 roku Max Planck po raz pierwszy zaobserwował kwantyzację energii. Oczywiście, wiele się działo w innych dziedzinach, takich jak fizyka statystyczna i inne podstawowe gałęzie nauki. Zarówno wtedy, jak i obecnie, w tych dyscyplinach następuje stały postęp. Weźmy taką astronomię – astronomowie przeżywają wspaniałe chwile i na pewno nie mówią, że jest im nudno! Odkrywają wiele nowych rzeczy we Wszechświecie, ponieważ ich teleskopy stają się coraz większe i dokładniejsze, a oni sami wykorzystują coraz bardziej fundamentalne techniki, aby zwiększyć ich rozdzielczość. To samo można powiedzieć o biofizyce lub medycynie, gdzie odkrycia są dokonywane niemal codziennie.

Ale ma Pan rację, faktycznie mogłoby się wydawać, że w mojej dziedzinie nic się nie dzieje. Nie zgadzam się jednak z tym. Coś się dzieje, tylko na mniejszą skalę.

Czy jest Pan zatem optymistą, że sytuacja ta ulegnie zmianie i będziemy świadkami ponownego rozkwitu wielkich odkryć w dziedzinie fizyki cząstek elementarnych?

To bardzo dobre pytanie, ponieważ wydaje się, że sami nie możemy nic zrobić. Jeśli sytuacja będzie się rozwijać w taki sposób, że każde nowe przełomowe odkrycie będzie wymagało dziesięciokrotnego, a nawet większego wzrostu rozmiarów, mocy i kosztów sprzętu, to oczywiście nie osiągniemy wiele więcej niż obecnie. Nie mogę wykluczyć, że takie przeszkody staną na drodze postępu, ale historia nauki sugeruje, iż w takim przypadku postęp po prostu nastąpi w innym obszarze. Można tu myśleć nie tylko o poprawie dokładności, ale także o zupełnie innych kierunkach badań, takich jak kosmologia czy fizyka czarnych dziur.

Chciałbym doradzić nowemu pokoleniu naukowców: nie martwcie się tym, ponieważ prawdziwym powodem, dla którego nie pojawiają się żadne nowe odkrycia, jest to, że wszyscy myślą tak samo!

Jestem nieco zaskoczony i rozczarowany tym stanem rzeczy. Wiele osób nadal myśli tak samo, a sposób, w jaki obecnie próbuje się wprowadzać nowe idee, również nie wydaje się dobrze działać. Mamy wiele nowych koncepcji dotyczących grawitacji kwantowej, fizyki statystycznej, Wszechświata i kosmologii, ale w swojej podstawowej strukturze nie są one tak naprawdę „nowe". Ludzie nie chcą podejmować śmiałych kroków, które – moim zdaniem – są naprawdę konieczne. Dla przykładu, wiemy, że wszyscy najpierw wysyłają swoje pomysły na serwer preprintów arXiv.org, a potem do czasopism w celu ich publikacji. I na arXiv.org co roku pojawiają się tysiące artykułów, ale żaden z nich nie przedstawia naprawdę błyskotliwego, nowego, fajnego spojrzenia, które by coś zmieniło. Oczywiście są tam ciekawe spostrzeżenia, ale nie takie, które są potrzebne, żeby dokonać nowego przełomu w naszej dziedzinie.

Uważam, że musimy zacząć myśleć w inny sposób. Zawsze starałem się mieć oryginalne podejście do spraw. Szczególnie w latach 70. istniał bardzo skuteczny sposób na osiągnięcie postępu: myśl inaczej niż twoi znajomi, a wtedy odkryjesz coś nowego!

Wydaje mi się to nadal aktualne. Teraz jednak starzeję się i nie mam już co tydzień genialnych nowych pomysłów. Ale istnieją procedury – w mechanice kwantowej, kosmologii, biologii – które nie są konwencjonalnym podejściem do zagadnienia. Moim zdaniem ludzie myślą w sposób, który nie jest wystarczająco nowatorski.

Czy zechciałby Pan może podać przykład takiej nowatorskiej procedury?

Oczywiście. Moje podejście do świata, fizyki oraz innych dyscyplin powiązanych z fizyką polega na tym, że wszystko powinno być znacznie bardziej logiczne, bezpośrednie i „przyziemne".

Wiele osób piszących artykuły dotyczące mechaniki kwantowej lubi nadawać jej charakter mistyczny, jakby temat ten miał w sobie coś dziwnego, niemal religijnego. Uważam, że jest to całkowicie błędne. Mechanika kwantowa opiera się na metodzie matematycznej stosowanej do opisania bardzo zwyczajnych zjawisk fizycznych. Uważam, że sam świat fizyczny jest bardzo zwyczajny i całkowicie klasyczny, aczkolwiek w tym całkowicie klasycznym świecie nadal istnieje zbyt wiele rzeczy, których dziś nie znamy; są pewne etapy, które zasadniczo pomijamy na naszej drodze do głębszego zrozumienia.

Jakie to etapy?

Mówię o etapach, które wykorzystywałyby fakt, że cały świat jest bardzo prosty i przejrzysty. Problem w tym, że nadal wydaje nam się skomplikowany, dlatego znaleźliśmy się w obecnej sytuacji.

Wspomniał Pan już o Modelu Standardowym, tym wspaniałym odkryciu z poprzedniego stulecia. To pouczający przykład, ponieważ w zasadzie jest on bardzo prosty, ale jeśli przyjrzeć się mu głębiej, widać, że brakuje w nim czegoś niezwykle ważnego. Model Standardowy opiera się na mechanice kwantowej, a mechanika kwantowa mówi nam, co dzieje się, gdy cząstki zbliżają się do siebie i rozpraszają. Ale mogą one rozpraszać się na wiele różnych sposobów; mają wiele możliwości, a Model Standardowy nie daje w tym zakresie żadnych rzetelnych prognoz. Daje nam tylko statystyki. Model Standardowy to fantastyczna teoria, która zajmuje się statystyką tego, co się dzieje. Jednak teoria ta nigdy nie mówi z nieskończoną precyzją, jakiego wyboru dokona natura; mówi jedynie, że istnieją różne możliwości z pewną amplitudą prawdopodobieństwa. Tak wygląda świat, jaki znamy. Stąd wiemy, jak sformułować prawa natury. Ale nie są to same prawa natury.

eprasa.pl fd436c8696

Brakuje nam zrozumienia tego, co sprawia, że cząstka czasami porusza się w jedną stronę, a czasami w drugą. Cóż, można łatwo argumentować, że proces zderzenia cząstek może zachodzić w pewnej odległości. Nie zderzają się one czołowo, ale pod pewnym kątem, a następnie rozpraszają się pod pewnym kątem. Być może jest to prawda. Jednak dzisiejsza teoria nie mówi mi, na co powinienem zwrócić uwagę, gdy dwie cząstki zbliżają się do siebie, aby móc z wyprzedzeniem przewidzieć, w jaki sposób się rozproszą.

Wyobraźmy sobie, że wiemy, jak przebiegałyby takie interakcje, tak samo dokładnie, jak wiemy, co się stanie, gdy zderzą się ze sobą dwa fortepiany. W przypadku fortepianów można by dokładnie określić, które struny uderzą o siebie, i przewidzieć, co dokładnie zajdzie. Czy tak samo może być w przypadku cząstek? W praktyce takie przewidywania dotyczące cząstek są uważane za zbyt trudne, więc zwracamy się ku statystyce i dochodzimy do wniosku, że cząstki fortepianowe mogą rozpryskiwać się we wszystkich kierunkach – i jest to wszystko, co można stwierdzić. Cóż, patrząc na fortepiany, być może można powiedzieć coś więcej. Jeśli dokładnie wiadomo, gdzie i pod jakim kątem się zderzą, można z góry przewidzieć, jak się rozpryśną. Powinno to również znaleźć odzwierciedlenie w naszych teoriach dotyczących cząstek elementarnych – ale tak nie jest.

Uważam, że powinniśmy tak właśnie zacząć myśleć. Ludzie odrzucają tę koncepcję, ponieważ sądzą, że mechanika kwantowa jest zbyt piękna, aby mogła być błędna, podczas gdy ja twierdzę, że mechanika kwantowa nie jest właściwym sposobem ostatecznego określenia podstawowych praw, którym podlegają obiekty podczas zderzenia.

Przygotowując się do tego wywiadu, znalazłem zapis rozmowy, którą przeprowadził Pan w 2013 roku z George'em Musserem w „Scientific American". Wśród poruszonych tematów była praca fizyka Johna Bella i jej implikacje dla rozumienia natury rzeczywistości. Powiedział Pan, że uważa lokalność za „niezbędny składnik każdego prostego, podstawowego prawa rządzącego Wszechświatem". Wygląda na to, że nadal podziela Pan tę opinię.

Zdecydowanie tak. Uważam, że mechanikę kwantową można bardzo dobrze zrozumieć i wyjaśnić, zakładając, że prawa są wyłącznie prawami lokalnymi. Powiedzmy, że to, co robią cząstki podczas zderzenia, zależy od dokładnego miejsca, w którym się znajdują w momencie jego zajścia. Oznacza to, że rzeczy, które się dzieją w innych miejscach Wszechświata, w zasadzie nie powinny mieć znaczenia. A jeśli mają znaczenie, to mamy do czynienia z czymś, co nazywamy nielokalnością. Ale nielokalność byłaby katastrofą dla większości ugruntowanych teorii naukowych!

Nie uważam, że nielokalność jest konieczna. Nie wiemy dokładnie, co się dzieje, gdy zderzają się dwie cząstki, bo nie wiemy, czy cząstki wyglądają jak fortepiany, czy jak proste punkty. Tak naprawdę to nie mogą być prostymi punktami, bo proste punkty nie są w stanie nic zrobić. Coś w nich jest, a my powinniśmy móc sformułować wszystkie prawa opisujące to, co się w tych cząstkach znajduje. W jaki sposób mogą się ze sobą zderzać? Dlaczego czasami poruszają się w jedną stronę, a czasami w drugą? Czym jest spin?

Powinniśmy umieć zapisać te rzeczy jako solidne prawa, a nawet się do tego nie zbliżamy. I dlatego uważam, że nadal możliwe są inne przełomowe odkrycia – i to wiele! – które pomogą dojść się do takiego poziomu zrozumienia, jakiego nawet w przybliżeniu nie ma dzisiaj.

W trakcie rozmów z fizykami teoretycznymi zauważyłem, że im bardziej utalentowana jest dana osoba, tym większe jest prawdopodobieństwo, iż powie ona: „prawdziwym wyzwaniem nie jest szukanie odpowiedzi na stare pytania, ale raczej znalezienie nowych, lepszych pytań dotyczących dowolnego problemu, którym się zajmujemy". Myślę, że wynika to z optymizmu dotyczącego możliwości poznania – z poczucia, że jeśli zadamy „właściwe" pytania, pojawią się sensowne odpowiedzi. Czy naprawdę uważa Pan, że problem polega na tym, iż nie zadajemy właściwych pytań, czy też może raczej zadajemy właściwe pytania, ale odpowiedzi na nie, wbrew naszym nadziejom, są po prostu poza naszym zasięgiem?

Takie stwierdzenia, że odpowiedzi są poza naszym zasięgiem, to dokładnie to, co ludzie mówili 10, 100 i 1000 lat temu. I oczywiście za każdym razem było to błędne. Możemy odpowiedzieć na te pytania, ale wymaga to ogromnej wiedzy naukowej. Przed Maxwellem nikt nie rozumiał, jak powiązane są ze sobą pola elektryczne i magnetyczne, i myślano: „och, nie da się tego ustalić, bo to dziwne!". Ale potem Maxwell stwierdził, że nie, wystarczy tylko jeden termin, a wszystko się wyjaśni! Teraz rozumiemy dokładnie, jak działają oddziaływania elektryczne i magnetyczne. Nie jest prawdą, że na takie pytania nie ma odpowiedzi. Są, ale trzeba zacząć od początku, tak jak to mówiłem o mechanice kwantowej.

Jeśli już na wstępie wierzymy, że mechanika kwantowa jest teorią, która daje tylko odpowiedzi statystyczne i nic więcej, to moim zdaniem idziemy w złym kierunku. Ludzie nie chcą porzucić przekonania, że mechanika kwantowa jest jakąś dziwną, nadprzyrodzoną właściwością cząstek, której nigdy nie zrozumiemy. Nie! Zrozumiemy, ale najpierw musimy cofnąć się o krok, i takie jest moje ogólne przesłanie dla nauki: zanim coś zrozumiemy, cofnijmy się o kilka kroków. Być może trzeba będzie cofnąć się o wiele kroków, aż do samego początku.

Wyobraźmy sobie: jakie byłyby podstawowe prawa fizyki, gdyby nie było mechaniki kwantowej? Odpowiedź na to pytanie wymaga oczywiście wyjaśnienia, czym jest mechanika kwantowa.

No dobrze, czym zatem jest mechanika kwantowa?

Mechanika kwantowa to możliwość rozważania superpozycji stanów. To wszystko. Twierdzę, że superpozycje stanów nie są rzeczywiste. Jeśli popatrzymy uważnie, rzeczy nigdy na siebie się nie nakładają. Erwin Schrödinger zadał właściwe pytania – weźmy na przykład kota; może być martwy, może być żywy. Czy może znajdować się w superpozycji? To nonsens!

Schrödinger miał całkowitą rację. Ludzie nie powinni nadal twierdzić, że martwy kot i żywy kot nakładają się na siebie. To kompletna bzdura – jednak na tym poziomie wydaje się, że jedyną poprawną odpowiedzią jest dokładne określenie, gdzie znajduje się cząstka, jaka jest jej prędkość, jaki jest jej spin i tak dalej. Muszą jednak istnieć różne rodzaje zmiennych, które ewoluują w czasie, takie jak zmienne o wartościach całkowitych lub zmienne dyskretne, żeby wymienić tylko dwie możliwości. Byłyby to zmienne, w odniesieniu do których nie można przenieść kota, nie można powiedzieć, czy jest martwy, czy żywy, chyba że dokona się więcej zmian nielokalnych. Muszą istnieć sposoby opisania wszystkich stanów żywych kotów i martwych kotów, ale stany te będą się mieszać ze stanami, które w ogóle nie opisują kotów.

eprasa.pl fd436c8696

Używanie superpozycji to tylko sztuczka, która na początku działa, ale nie pozwala nam zrozumieć stanów, które chcemy poznać. Musimy zrobić krok wstecz.

Proszę mi to wyjaśnić. Jeśli superpozycje są iluzoryczne, ponieważ są pojęciami czysto matematycznymi, które nie mają podstaw w rzeczywistości fizycznej, to jak to się ma do bieżących sukcesów informatyki kwantowej? Wydaje się z nich wynikać, że superpozycja jest rzeczywistym zjawiskiem fizycznym, które można wykorzystać na przykład do wykonywania czynności niemożliwych do przeprowadzenia w sposób klasyczny.

Myślę, że technologia kwantowa jest po prostu tym, co otrzymujemy, gdy zakładamy realność superpozycji układów. Co przez to rozumiem? Wiemy, że superpozycja w świecie makroskopowym to nonsens. To oczywiste. Uważam, że w świecie mikroskopowym to również nonsens, nawet jeśli wydaje się, że aby zrozumieć atomy, musimy zakładać superpozycję. Ludzie zajmujący się technologią kwantową prawdopodobnie nie zdają sobie sprawy, że robią coś zupełnie przeciwnego niż to, co myślą, że robią. Wydaje się im, że rozumieją mechanikę kwantową. Uważam, że powinni raczej spróbować usunąć mechanikę kwantową z opisu i wykorzystać bardziej fundamentalne stopnie swobody, takie jak wspomniane przeze mnie stany dyskretne.

Ludzie ci nie zadają właściwych pytań, a to sprawia, że wszystko wydaje się coraz bardziej skomplikowane – coraz bardziej kwantowo-mechaniczne – podczas gdy w rzeczywistości nie powinno się tego tak interpretować.

Czy nie rozmawialiśmy właśnie o tym, że wybitni teoretycy nie zadają właściwych pytań?

Odpowiem w następujący sposób. Tak, fizycy przeprowadzają właściwe eksperymenty. Tak, próbują robić rzeczy dobrze. I tak, w niektórych zastosowaniach ich komputery kwantowe mogą być potężniejsze niż cokolwiek innego, ponieważ rozumieją oni „mechanikę kwantową". Mam na myśli to, że znają wszystkie szczegóły działania układów mikroskopijnych, ponieważ wiedza ta wynika z badań świata kwantowego. Tak, wiemy jak reagują i oddziałują na siebie małe obiekty. Problem polega jednak na tym, że obecnie możemy jedynie formułować prognozy statystyczne. Gdy tylko komputer kwantowy zacznie podawać rozkłady statystyczne zamiast poprawnych odpowiedzi, będzie to oznaczało koniec „komputera" – w większości zastosowań będzie on bezużyteczny.

W większości przypadków chcemy korzystać z komputera tak, aby uniknąć superpozycji, ponieważ zależy nam na uzyskaniu jednoznacznej odpowiedzi. Dla przykładu, chcemy złamać tajny szyfr lub coś w tym rodzaju. Chcemy uzyskać dokładną odpowiedź: „mamy to, a nie tamto!". Nie powinniśmy oczekiwać odpowiedzi będącej superpozycją dwóch możliwości – to nie miałoby sensu.

Chodzi mi o to, że musimy niejako rozwikłać mechanikę kwantową, aby zobaczyć, co dzieje się pod powierzchnią. Uważam, że dopóki technolodzy kwantowi nie zaczną tego robić, nie osiągną naprawdę znaczącego postępu. Dla przykładu, komputery kwantowe zawsze popełniają błędy, a ich projektanci i operatorzy próbują je korygować. Moim zdaniem, jeśli próbujemy poprawiać te błędy, oznacza to, że chcemy przejść do bardziej podstawowych stopni swobody, które nigdy nie zawierają żadnych błędów, ponieważ są dokładne – są po prostu klasyczne. Jednakże bardzo trudno osiągnąć ten poziom zrozumienia.

To moja odpowiedź na pytanie, dlaczego nie dokonujemy przełomowych odkryć. Powinniśmy myśleć w inny sposób.

Wygląda na to, że Pańskim zdaniem żyjemy we Wszechświecie działającym jak zegarek, w którym na najbardziej fundamentalnym poziomie wszystko musi być czysto deterministyczne, a zatem nie ma zbyt wiele miejsca na jakiekolwiek quasi-mistyczne spekulacje. Jedną z konsekwencji tego wydaje się usunięcie pewnego stopnia tajemniczości. Wspomniał Pan o upartym, niemal religijnym podejściu do niedeterministyczności mechaniki kwantowej, panującym w środowisku naukowym, nie wspominając już o kulturze popularnej. Być może taka postawa utrzymuje się, ponieważ wielu ludzi pragnie zachować jakąś nieuchwytność w swym doświadczeniu życiowym, nie chcąc przyjmować, że, jeśli rozwiąże się odpowiednie równania, będzie można poznać wszystko. Jeśli więc wierzy Pan w taki mechaniczny Wszechświat, to co według Pana jest jego najbardziej tajemniczym aspektem?

Wciąż istnieje wiele tajemnic, które sprawiają, że nasz problem staje się niezwykle trudny. A ten deterministyczny Wszechświat, o którym dyskutujemy, jest czymś, co może w pełni zrozumieć tylko ktoś o znacznie większym umyśle, znacznie większym mózgu niż ja, ponieważ będzie musiał rozważyć wszystkie możliwości. A gdy tylko przyjmiemy jakieś błędne założenie, ponownie znajdziemy się w sytuacji kwantowo-mechanicznej, w której dochodzi do superpozycji różnych rzeczy.

Postawmy prostsze pytanie: czy można sformułować mechanikę kwantową bez zasady superpozycji? Moja odpowiedź brzmi: tak. W jednej z moich ostatnich prac umieszczonych na portalu arXiv.org przedstawiłem prosty model – zbyt prosty, aby mógł być użyteczny w rzeczywistości. Model ten przedstawia zegar z wahadłem, które porusza się w bardzo uporządkowany sposób i napędza koło wskazujące czas oraz wskazówki minutowe i sekundowe. Nazywam to modelem „zegara mojego dziadka". Z ruchów wahadła można wywnioskować, jaki czas powinny pokazywać wskazówki. A wskazówki te są deterministyczne. Pokazują po prostu czas z nieskończoną precyzją. Wahadło jest wahadłem kwantowym – można je kwantyzować; możemy zapisać dla niego równania kwantowe.

Znalazłem związek między matematyką tego wahadła a matematyką wskazówek zegara, które pokazują czas. Należy pamiętać, że wskazówki są całkowicie klasyczne, a wahadło jest całkowicie kwantowo-mechaniczne, ale oba elementy są ze sobą powiązane – to jedna maszyna.

Mój model spotkał się z niewielkim odzewem. Myślałem, że ludzie powiedzą: „no tak, oczywiście, teraz rozumiemy, jak dalej postępować!". Zamiast tego stwierdzili: „No dobrze, 't Hooft ma kolejny gorący, szalony pomysł. Ma ich wiele. Niech się nimi cieszy, my będziemy robić swoje". Z takimi reakcjami spotykałem się najczęściej.

Podejrzewam, że przyczyny tej reakcji raczej nie są naukowe, a bardziej „kulturowe", prawda? Myślę o tym w kategoriach szumu, na który natyka się każdy, kto próbuje nadążyć za zalewem nowych artykułów publikowanych na stronie arXiv.org i w innych miejscach. Bardzo trudno podjąć decyzję, na co zwrócić uwagę i jak ocenić to, co nas zainteresowało.

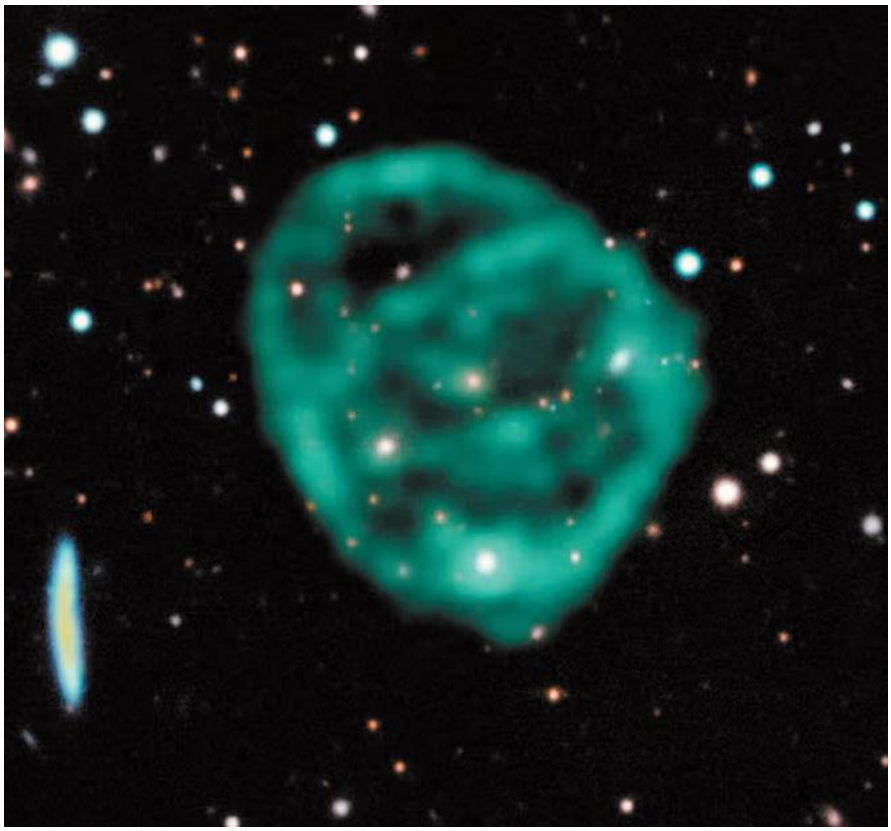
Ta myśl prowadzi mnie do jeszcze jednego pytania. Zastanawiam się, co Pan sądzi o kulturowym wpływie swoich osiągnięć naukowych, w szczególności zasady holograficznej, którą po raz pierwszy zaproponował Pan na początku lat 90.

eprasa.pl fd436c8696

Prawdopodobnie dzięki tej koncepcji niektóre osoby – myślę, że głównie nienaukowcy – naprawdę wierzą, iż Wszechświat faktycznie znajduje się wewnątrz czarnej dziury lub że wszystko jest symulacją w komputerze o większej liczbie wymiarów. Idea tej „hipotezy symulacji" polega na tym, że być może nic nie jest „prawdziwe" poza samą informacją, a wszystko inne może być tylko projekcją schematów zer i jedynek zakodowanych na najbardziej zewnętrznej granicy obserwowalnego Wszechświata. Ponad 30 lat temu przedstawił Pan prowokacyjną hipotezę, która w jakiś sposób doprowadziła do tego, że najbogatszy człowiek świata w popularnym podcaście poważnie zasugerował, iż „najprawdopodobniej" wszyscy jesteśmy tylko awatarami w jakiejś kosmicznej grze wideo. Jestem ciekaw, co Pan sądzi o tym fenomenie.

Mam co do niego spore zastrzeżenia. Być może nie powinienem był w ogóle poruszać zasady holograficznej, ponieważ niektórzy ludzie po to, aby nadać jej tajemniczy charakter, posuwają się do nonsensownych wniosków, łącząc tę koncepcję ze zjawiskami nadprzyrodzonymi i niejasno zdefiniowaną wymiarowością. Mam z tym duży problem. Uważam, że nie należy formułować praw natury w sposób bardziej skomplikowany niż to absolutnie konieczne. Należy je w jak największym stopniu upraszczać. Nawet Albert Einstein powiedział kiedyś coś w tym stylu – że należy maksymalnie upraszczać rzeczy, ale nie bardziej, niż pozwala na to prawda. Powinniśmy unikać odwoływania się do zjawisk nadprzyrodzonych; jeśli my, naukowcy, pozostawiamy po sobie choćby tylko mgiełkę tajemniczości, to nie postępujemy właściwie.

Trochę martwi mnie, że zasada holograficzna wywołała u ludzi skłonność do mistycyzmu; ja pragnę czegoś zupełnie przeciwnego. Chcę, aby ludzie starali się być superracjonalni. Dla mnie nawet mechanika kwantowa jest już za mało racjonalna. A jeśli przeformułujemy mechanikę kwantową tak, aby traktować przestrzeń Hilberta [rodzaj przestrzeni wektorowej, w której możliwa jest nieskończona liczba wymiarów] jako coś użytecznego do celów praktycznych, a nie jako fundamentalną właściwość natury, nie będziemy już potrzebować nawet takiej holografii. Chciałbym, aby więcej osób to rozumiało. Musimy starać się formułować rzeczy precyzyjniej, żeby zapobiec chaosowi w publicznym odbiorze nauki. ■



Tajemnicze kręgi na niebie

Osobliwe kręgi radiowe to jedno z najdziwniejszych dokonanych ostatnio odkryć kosmicznych

PHIL PLAIT

W DZISIEJSZYCH CZASACH astronomowie rzadko odkrywają coś nowego na niebie. W końcu badamy niebo od wieków, stąd wszystkie łatwe obiekty zostały już znalezione. Jednak wprowadzenie nowych możliwości technicznych w naszych poszukiwaniach zazwyczaj skutkuje nowymi odkryciami. Na przykład obserwacje w różnych zakresach widma elektromagnetycznego są dobrym sposobem na odkrycie nowych obiektów, ponieważ emitują one odmienne rodzaje promieniowania.

Elementy należące do nowo odkrytych kategorii są zazwyczaj trudno dostrzegalne, ponieważ jasne obiekty zostały już dużo wcześniej zaobserwowane. Dlatego też rozpoznanie czegoś zupełnie nowego jest rzadkością. Jest to również powód, dla którego takie odkrycia bywają zaskakujące – z definicji dotąd nie widzieliśmy czegoś podobnego.

W 2019 roku astronomowie natknęli się właśnie na coś takiego, gdy znaleźli wiele przykładów struktury nieznanego wcześniej typu. Obiekty te pojawiły się podczas pilotażowych badań przeprowadzonych z użyciem nowo ukończonego teleskopu radiowego o nazwie Australian Square Kilometer Array Pathfinder (ASKAP), składającego się z 36 anten radiowych o szerokości 12 m każda, zlokalizowanych w Australii Zachodniej.

Nowo odkryte obiekty niebieskie były stosunkowo duże i okrągłe – co jest typowym kształtem dla ciał astronomicznych. Kiedy coś w kosmosie wygląda na okrągłe, jest bardzo prawdopodobne, że w istocie widzimy kulistą powłokę, podobną do bańki mydlanej. W pobliżu środka bańki,

Phil Plait jest zawodowym astronomem i popularyzatorem nauki mieszkającym w Wirginii. Wydaje *Bad Astronomy Newsletter*. Można go śledzić na Beehiiv.

Z „MeerKAT uncovers the Physics of an Odd Radio Circle", Ray P. Norris i in., „Monthly Notices of the Royal Astronomical Society", tom 513, nr 1, czerwiec 2022. Opublikowane 24 marca 2022 (CC By 4.0)

eprasa.pl fd436c8696

w przeciwieństwie do krawędzi, nasza linia wzroku przechodzi przez stosunkowo niewielką ilość materii. Jeśli materia ta świeci, będzie wyglądała jak okrąg z każdego kierunku obserwacji. Umierające gwiazdy, które wyrzucają na zewnątrz gaz, mają tendencję do tworzenia tego rodzaju struktur, i mamy już wiele tego rodzaju przykładów.

Jednakże nowe obiekty odkryte w ramach badania ASKAP nie odpowiadały żadnej znanej wcześniej strukturze, nie miały oczywistego źródła i poza emisją radiową pozostawały niewidoczne w zakresie fal świetlnych. Nie znając mechanizmu ich powstania, astronomowie nazwali je dziwnymi kręgami radiowymi (ORC – Odd Radio Circles). Szczerze mówiąc, doceniam wymyślenie tak krótkiej, opisowej nazwy (prawdopodobnie przez fanów J.R.R. Tolkiena). Artykuł opisujący odkrycie, opublikowany w „Publications of the Astronomical Society of Australia", wymienia cztery takie ORC.

Pierwszy z nich, nazwany oczywiście ORC 1, dostarczył pewnych wskazówek co do swojego pochodzenia. Przeszukując zdjęcia z innych teleskopów, astronomowie znaleźli obiekt emitujący światło widzialne i promieniowanie podczerwone dokładnie w jego centralnej części. Kolejne obserwacje wykazały, że chodzi o galaktykę eliptyczną oddaloną od Ziemi o około 5 mld lat świetlnych. Jeśli faktycznie jest to źródło ORC 1, to ten pierwszy w swojej kategorii dziwny krąg niebieski ma zawrotną średnicę 2 mln lat świetlnych – ponad 15 razy więcej niż nasza Galaktyka – Droga Mleczna – co czyni go naprawdę rozległym. Niewykluczone jednak, że galaktyka ta znalazła się po prostu przypadkowo w pobliżu pozornego centrum ORC 1 na niebie.

Co gorsza, pozostałe ORC opisane w tym artykule są jeszcze dziwniejsze. ORC 2 i 3 mają mniej więcej ten sam rozmiar na niebie i znajdują się tak blisko siebie, że prawie się stykają, co silnie sugeruje, że są ze sobą w jakiś sposób powiązane. Jednak podczas gdy ORC 2 ma kształt pierścienia i jest jasny, ORC 3 jest słabo widoczny i ma kształt równomiernie wypełnionego koła, bardziej przypominając dysk. Jeśli są one powiązane, to dlaczego wyglądają zupełnie inaczej? W pobliżu znajduje się kilka galaktyk, lecz obiekty te zajmują sporo miejsca na niebie, zatem prawdopodobieństwo przypadkowego znalezienia galaktyk w ich pobliżu jest duże.

W ciągu kilku lat od tych pierwszych odkryć astronomowie znaleźli kolejne ORC, a niektóre z nich również wydają się mieć galaktykę w swoim centrum, co wydaje się potwierdzać korelację. Jeśli galaktyki te naprawdę zlokalizowane są w tym miejscu, to ORC również mają rozmiar rzędu milionów lat świetlnych.

Jeśli mamy do czynienia z rzeczywistym związkiem, to jaki mechanizm fizyczny prowadzi do powstania ORC? Pomysłów jest tu wiele. Jednym z możliwych czynników leżących u podstaw tego procesu jest supermasywna czarna dziura. Z tego, co nam wiadomo, każda duża galaktyka ma w swoim jądrze takiego żarłocznego potwora. Gdy materia wpada do środka, gromadzi się wokół punktu, z którego nie ma już powrotu, tworząc ogromny dysk. Silne pola magnetyczne wirujące niczym tornado w pobliżu centrum mogą wyrzucać z czarnej dziury z ogromną prędkością niezwykle potężne wiązki materii i energii. Wyniki badań opublikowane w 2024 roku w „Astrophysical Journal" pokazują, że wiązki te mogą rozprężać gaz znajdujący się między galaktykami, tworząc struktury bardzo podobne do obserwowanych ORC.

Nie wszystkie ORC są jednak takie same. W liście opublikowanym w zeszłym roku w „Astronomy and Astrophysics" astronomowie poinformowali, że odkryli rozproszoną emisję promieniowania rentgenowskiego w lokalizacji ORC, który nazwali Cloverleaf, a jego widmo wskazuje, że wysokoenergetyczne światło pochodzi z gorącego gazu typowego dla grup galaktyk o małej masie, nieco większych od naszej lokalnej grupy (której największymi członkami są Droga Mleczna i galaktyka Andromedy). To oznaczałoby, że ORC znajduje się około 600 mln lat świetlnych od Ziemi.

Struktura emisji Cloverleaf jest nieco nieregularna i wykazuje niejednolitość, która zwykle wiąże się z kolizją i połączeniem dwóch grup galaktyk. Takie katastrofalne wydarzenie jest w stanie wpompować dużo energii do gazu wokół galaktyk, tworząc i w tym przypadku rozszerzający się wiatr, który może przybrać mniej więcej kulisty kształt. Tak powstaje ORC.

Jeśli interpretacja Cloverleaf jest prawidłowa, oznacza to, że istnieje więcej niż jeden sposób powstania ORC. Te dziwne obiekty mogą w istocie odpowiadać szerokiemu zakresowi struktur fizycznych o wyraźnie różnym pochodzeniu. Inny obiekt, po raz pierwszy opisany w artykule z 2022 roku, przypomina oryginalne ORC, lecz nie ma centralnej galaktyki ani gromady galaktyk i na zdjęciach ASKAP wygląda jak pierścień. Jego położenie jest jednak podejrzane – zaledwie trzy stopnie od krawędzi Wielkiego Obłoku Magellana (LMC), galaktyki satelitarnej Drogi Mlecznej. Związek z LMC oznaczałby, że ORC znajduje się tylko 160 tys. lat świetlnych od nas, co dałoby mu średnicę wynoszącą zaledwie około 150 lat świetlnych. Sugerowałoby to zupełnie inną historię jego formacji, czyniąc go prawdopodobnie pozostałością po supernowej, czyli ekspandującymi szczątkami gwiazdy, która eksplodowała dawno temu. Nietypowe jest to, że znajduje się on poza LMC, gdzie gęstość gwiazd jest niska. Czasami jednak gwiazdy są wyrzucane z galaktyk – jeśli zbliżą się do masywnej czarnej dziury lub jeśli druga gwiazda w układzie podwójnym, którego kiedyś były częścią, gwałtownie eksploduje.

Wygląda na to, że kategoria ORC może obejmować kilka różnych rodzajów obiektów. Nie jest to zbyt zaskakujące, ponieważ w astronomii wielokrotnie przekonywaliśmy się, że zjawiska, które wyglądają podobnie, mogą mieć zupełnie odmienne przyczyny. Niektóre supernowe są gwiazdami o dużej masie, które eksplodowały, gdy ich jądra skolapsowały pod koniec cyklu ewolucyjnego, natomiast inne powstają z już martwych białych karłów, które zgromadziły na powierzchni wystarczającą ilość materii, aby spowodować katastrofalną eksplozję termojądrową obejmującą całą gwiazdę. Rozbłyski promieniowania gamma mogą być spowodowane eksplozją niezwykle masywnych gwiazd lub zderzeniem dwu małych, lecz bardzo gęstych gwiazd neutronowych. Lista przypadkowych podobieństw w danej klasie obiektów jest długa.

Należy pamiętać, że termin „ORC" ma charakter opisowy, a nie wyjaśniający. Niektóre ORC mogą być wynikiem zderzeń grup galaktyk, inne pochodzić z eksplodujących gwiazd, a jeszcze inne z wybuchów supermasywnych czarnych dziur. Jakkolwiek astronomowie badają ORC już od dobrych kilku lat, obiekty te nadal przynależą do zupełnie nowej kategorii, co oznacza, że prawdopodobnie mamy więcej teoretycznych wyjaśnień na ich temat niż przypadków faktycznie zbadanych na niebie. Więcej obserwacji powinno pomóc astronomom w ich klasyfikacji i, jak zawsze, mogą oni żywić nadzieję, że uda się je usystematyzować, wyjaśnić i poznać działające w nich procesy. ■

eprasa.pl fd436c8696



Ćwiczenia fizyczne a jelita

Trening sprzyja drobnoustrojom w jelitach, a to działa korzystnie na całe ciało

LYDIA DENWORTH

POMYSŁ, ŻE TRENING miałby pozytywnie działać na tzw. mikrobiotę jelitową – miliardy mikroorganizmów żyjących w naszym układzie pokarmowym, w tym bakterie i wirusy, które wspomagają układ odpornościowy, metabolizm, trawienie i inne kluczowe funkcje naszych organizmów – nie jest oczywisty. W każdym razie nie jest równie oczywisty, jak zależności między dietą a mikrobiotą. Jednak mamy coraz więcej dowodów na to, że ćwiczenia aerobowe, na przykład bieganie, mogą poprawiać stan zdrowia mikroorganizmów jelitowych, co z kolei korzystnie wpływa na ogólny stan naszego zdrowia. Wstępne obserwacje wskazują, że zależność ta jest dwukierunkowa: zdrowa mikrobiota jelitowa wydaje się poprawiać kondycję fizyczną.

„Jelita kojarzą nam się z dietą i probiotykami – mówi Sara Campbell, specjalistka fizjologii aktywności fizycznej z Rutgers University, zajmująca się głównie mikrobiotą jelit. – Jednak obecnie wielu naukowców „zwraca uwagę na fakt, że ćwiczenia mogą działać korzystnie na jelita".

„Zdrowa" mikrobiota oznacza zwykle dużą ilość i różnorodność bakterii w jelitach. Ćwiczenia fizyczne wydają się wpływać na oba te parametry. Mikroorganizmy jelitowe zawodowych sportowców są bardziej zróżnicowane w porównaniu z tymi u osób nieaktywnych lub uprawiających sport rekreacyjnie. Dla zdrowia ważniejsze jest jednak, „to, co właściwie robią te mikroorganizmy" – mówi Jacob Allen, specjalista fizjologii aktywności fizycznej z University of Illinois Urbana-Champaign.

Ważną obserwacją jest na przykład fakt, że ćwiczenia aerobowe zwiększają aktywność bakterii wytwarzających krótkołańcuchowe kwasy tłuszczowe, kluczowe dla wspomagania procesów fizjologicznych. Większość cząsteczek kwasów tłuszczowych zbudowanych jest z 16 lub 18 atomów węgla. Krótkołańcuchowe kwasy tłuszczowe, zgodnie z nazwą, mają ich zaledwie od jednego do sześciu.

Jak się okazuje, szczególnie ważny dla korelacji pomiędzy ćwiczeniami a stanem jelit jest maślan. Dostarcza on energii do różnych tkanek, m.in. komórek nabłonkowych wyścielających jelita, i może redukować stan zapalny oraz poprawiać zdolność komórek do wychwytywania insuliny. Nasze ciała w naturalny sposób wytwarzają niewielkie ilości maślanu, w większości jest on jednak syntetyzowany przez mikroorganizmy, a tę produkcję wspomagają ćwiczenia aerobowe. Zależność pomiędzy ćwiczeniami siłowymi a poziomem maślanu rzadko była oceniana w badaniach, a wyniki nie były jednoznaczne.

Związek pomiędzy ćwiczeniami fizycznymi a stanem jelit jeszcze 15 lat temu nie zaprzątał uwagi naukowców. Marc Cook, specjalista immunologii wysiłku fizycznego, studiował wtedy na kampusie Urbana-Champaign. Wiedział, że ćwiczenia łagodzą objawy chorób zapalnych jelit, szczególnie ich wrzodziejącego zapalenia. Jednak naukowcy nie rozumieli, dlaczego tak się dzieje. Cook rozpoczął badania na myszach i stwierdził, że bieganie w kołowrotku chroniło je przed mysią wersją zapalenia okrężnicy. Ponadto ilość korzystnych bakterii w wyściółce jelita grubego gryzoni wzrastała siedmiokrotnie.

W badaniu przeprowadzonym w 2018 roku Allen, Cook (obecnie pracujący na North Carolina A&T State University) i inni naukowcy po raz pierwszy przeanalizowali wpływ ćwiczeń na zdrowie jelit w badaniu interwencyjnym z udziałem ludzi. Badaniem objęto dwie grupy osób prowadzących siedzący tryb życia, zarówno szczupłych, jak i otyłych, które ćwiczyły na bieżni lub na rowerach. Wszyscy zaczynali od umiarkowanie intensywnych treningów trzy razy w tygodniu, dochodząc do trwających godzinę sesji ćwiczeń o dużej intensywności.

Po sześciu tygodniach u wszystkich uczestników stwierdzono wzrost poziomu maślanu i dwóch innych krótkołańcuchowych kwasów tłuszczowych – octanu i propionianu. Zarejestrowano u nich również oczekiwane korzyści związane z ćwiczeniami fizycznymi, takie jak zmniejszenie masy tłuszczowej i poprawa wydolności krążeniowo-oddechowej. Wszystkie te efekty były

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

Ilustracja Jay Bendt

eprasa.pl fd436c8696

wyraźniejsze u osób szczupłych, czego badacze jeszcze nie zdołali wytłumaczyć. Po kolejnych sześciu tygodniach, w których trakcie wszyscy zaprzestali ćwiczeń, liczba mikroorganizmów w jelitach wróciła do wartości początkowych, a korzyści zdrowotne zmalały.

Badacze nie stwierdzili jednoznacznie, które efekty ćwiczeń można bezpośrednio przypisać mikroorganizmom, a nie innym zmianom związanym z aktywnością fizyczną. Różnica w środowisku jelitowym jest jednak wyraźnie widoczna. „Wiemy, że podczas ćwiczeń dochodzi do pewnego wzrostu ilości krwi w mięśniach kosztem przewodu pokarmowego" – mówi Allen. To powoduje niewielki spadek poziomu tlenu w tkankach jelit. W przewodzie pokarmowym obserwuje się także zmiany pH i temperatury. Każda z tych zmian może wpływać na przeżywalność mikroorganizmów.

Badania z udziałem ludzi utrudnia ogromna zmienność mikrobioty pomiędzy poszczególnymi osobami i ich grupami. Naukowcy próbują teraz określić, jakie czynniki wpływają na różnice w reakcjach. Campbell bada zmienność w zależności od płci. Cook analizuje wpływ bakterii wytwarzających krótkołańcuchowe kwasy tłuszczowe u osób rasy czarnej, u których często występuje nadciśnienie. W badaniu pilotażowym zidentyfikował wraz ze swoimi współpracownikami bakterie związane z nadciśnieniem u sportowców rasy czarnej. Jego zespół ma nadzieję na określenie, które z nich mogą stanowić cel interwencji terapeutycznych.

Jeśli chodzi o wpływ mikroorganizmów na wydolność fizyczną, większość danych pochodzi z badań na myszach. Zwierzęta, u których zastosowano antybiotyki w celu eliminacji mikrobioty, są mniej aktywne fizycznie niż zwierzęta o zdrowym mikrobiomie i szybciej się męczą. Badania wykazały ponadto, że nienaruszona mikrobiota w jelitach przyczynia się do silniejszego rozwoju mięśni.

Trwające badania nie zmieniają standardowych zaleceń dotyczących ćwiczeń fizycznych, zgodnie z którymi ludzie powinni poświęcać tygodniowo co najmniej 150 minut na umiarkowany wysiłek fizyczny. Dołączają natomiast kolejny argument za taką aktywnością, a w przyszłości może wyjaśnią, skąd wynikają różnice w reakcji na ćwiczenia. Być może kiedyś będzie nawet możliwe takie zadziałanie na mikrobiotę, aby lepiej reagowała na czas spędzany na siłowni. ■



ELEKTROLIZA SOLANKI

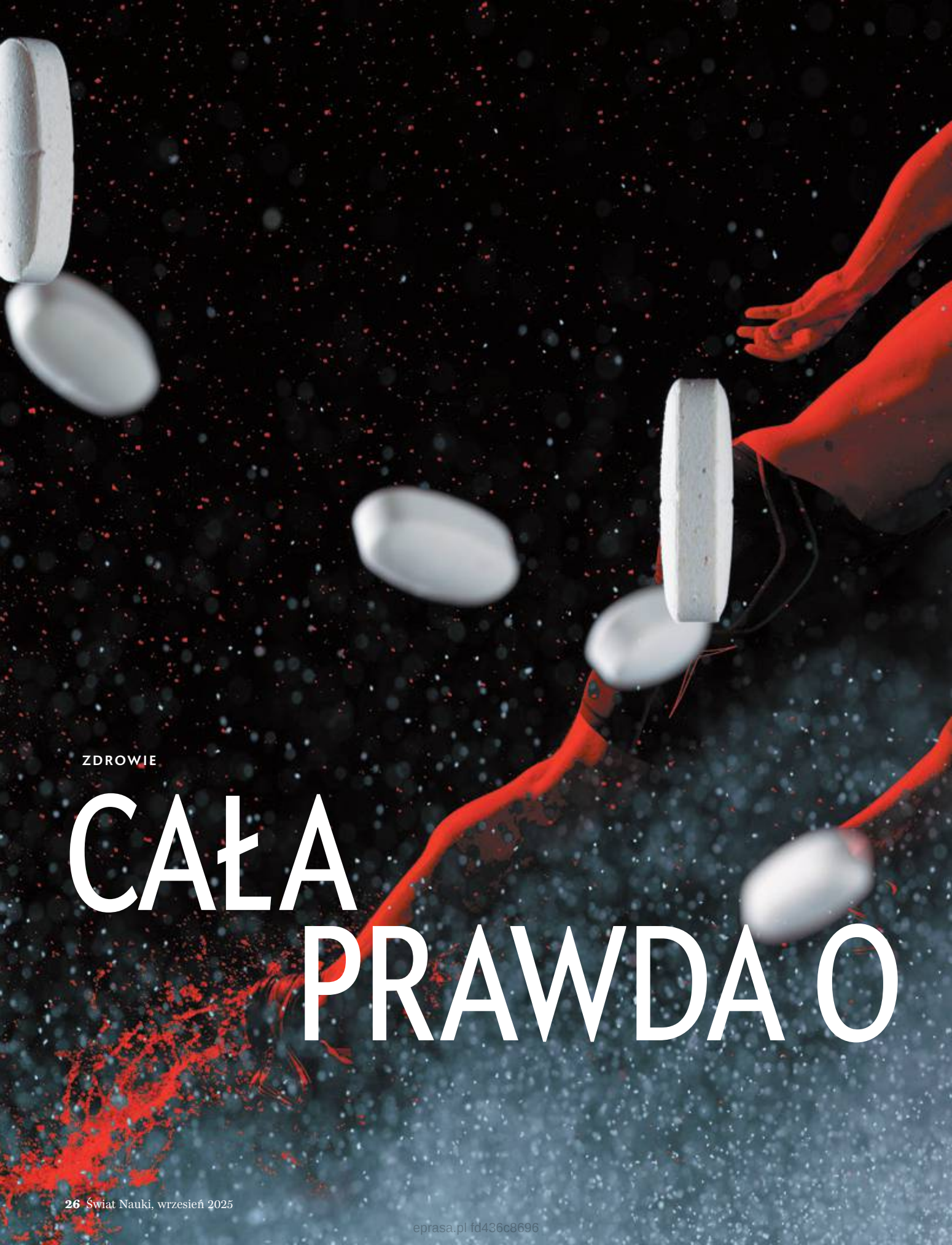
$2NaCl(aq) + 2H_2O(l) \rightarrow H_2(g) + Cl_2(g) + 2NaOH(aq)$

Rzadko widuję morze tak spokojne –
pogodę niemal tak łagodną,
jakby świat wiedział,
że wiatr rozerwałby mnie na strzępy,
zniszczył więzi już napięte,
atomy naprężone, szukające
oporu twoich ramion,
które trzymają mnie w całości –
Mówię ci to – wysyłam jako wiadomość
przez fale
ze Szkocji na norweskie wybrzeże,
zastanawiając się, czy to ta właśnie
sprawi, że fale radiowe
między nami zamienią się w drut,
połączony z niewyczerpalnym źródłem
porannych „dzień dobry" i nocnych „dobranoc" –
Tak, abyśmy w dni takie, jak ten,
gdy oboje siedzimy
z nogami zanurzonymi w słonej wodzie,
dwa miliony stóp od siebie,
mogli stać się elektrodami –
przewodnikami w zlewce Morza Północnego,
przyciągającymi orkiestry jonów
przez eony oceanu,
aż –
na jeden elektryzujący moment –
poczuję mrowienie dotyku
elektronów z chloru
w soli morza, które
pocałowało twoje stopy,
skupiając mnie z powrotem w całość –
i jestem Wenus,
zrodzona z piany
gromadzących się wokół mnie zdradliwych bąbelków.

Alisz Reed jest pisarką i popularyzatorką nauki, z wykształcenia jest matematyczką. Obecnie pracuje nad sztuką teatralną o losowości i jako wolontariuszka odbywa roczny rejs po Skandynawii na pokładzie zabytkowego żaglowca.

Ilustracja Masha Foya

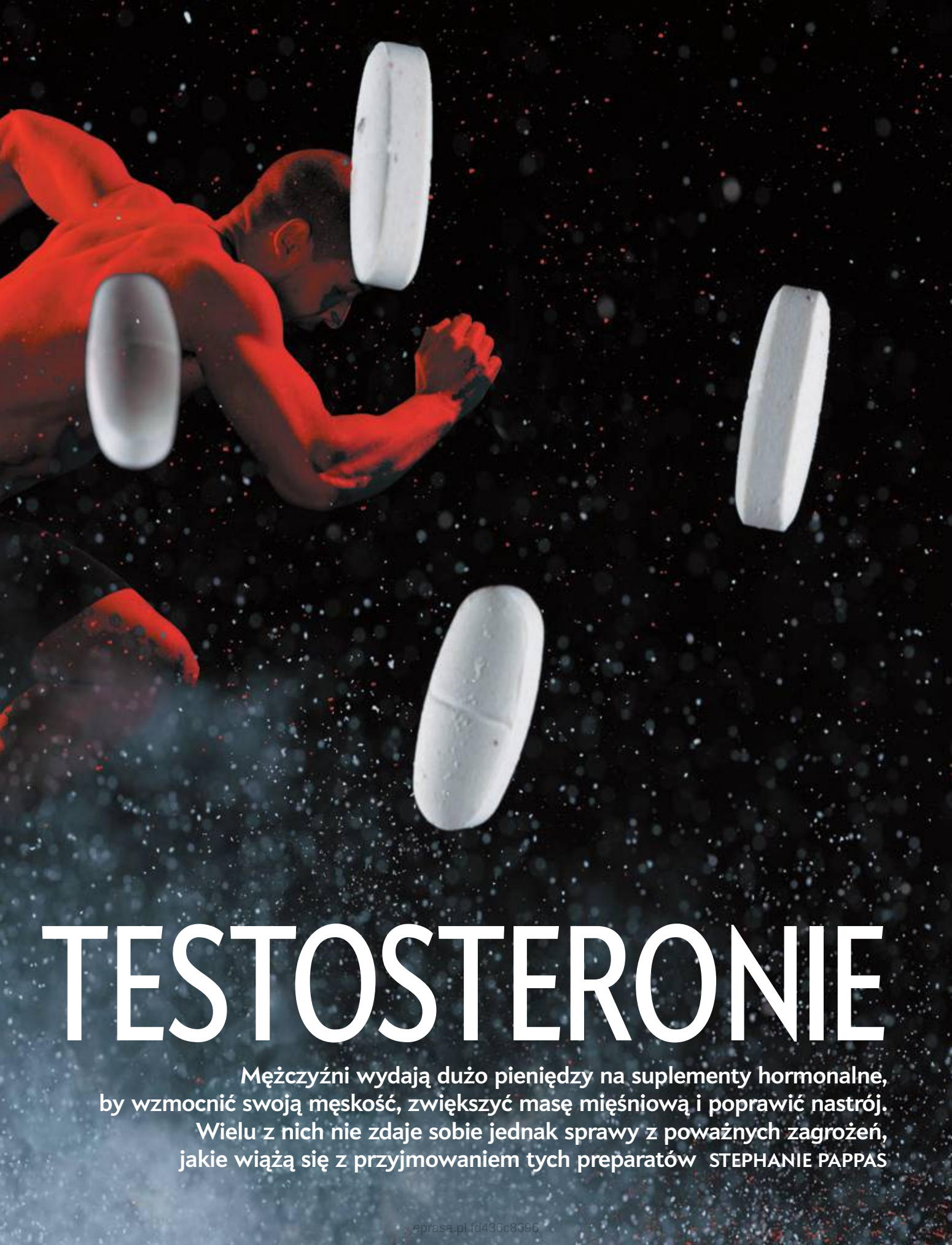
eprasa.pl fd436c8696



ZDROWIE

CAŁA PRAWDA O

eprasa.pl fd436c8696



TESTOSTERONIE

Mężczyźni wydają dużo pieniędzy na suplementy hormonalne, by wzmocnić swoją męskość, zwiększyć masę mięśniową i poprawić nastrój. Wielu z nich nie zdaje sobie jednak sprawy z poważnych zagrożeń, jakie wiążą się z przyjmowaniem tych preparatów STEPHANIE PAPPAS

eprasa.pl fd436c8396

ROB, 42 LATA, TO FANATYK FITNESSU. Uwielbia trenować, wolny czas spędza na matach do ju-jitsu i stosuje wysokobiałkową dietę z dużą ilością oleju z awokado. Dba o swoje zdrowie i chce je polepszać – podobnie jak wielu influencerów, których obserwuje w mediach społecznościowych.

Dlatego kilka lat temu, gdy na oglądanych przez niego kanałach internetowych zaczęły pojawiać się reklamy terapii zastępczej testosteronem (testosterone replacement therapy, TRT), zaintrygowała go. (Imiona pacjentów w tym artykule zostały zmienione w celu ochrony ich prywatności.) Rob już wtedy był w dobrej formie fizycznej, ale suplementacja testosteronem wydała mu się świetnym sposobem, by zyskać dodatkowe korzyści.

„Dałem się przekonać temu, co słyszałem w mediach społecznościowych – mówi. – »Będziesz się lepiej czuć, będziesz silniejszy, będziesz lepiej wyglądać«".

Rob udał się do lokalnej, prywatnej kliniki. Tam zrobiono mu badanie krwi, które wykazało, że jego poziom testosteronu jak najbardziej mieści się w normie. „Zdecydowanie nie potrzebowałem terapii testosteronowej" – mówi. Mimo to klinika przepisała mu leczenie.

Rahim, 48 lat, opowiada podobną historię. Dziesięć lat temu odwiedził klinikę zdrowia mężczyzn, szukając zastrzyku energii i sposobów poprawy kondycji. Już tego samego dnia podano mu testosteron.. Przy kolejnych wizytach klinika zwiększała dawki, ale Rahim nie odczuwał prawie żadnych korzyści. „Czułem się, jakby mnie wykorzystano – mówi dziś. – Miałem wrażenie, że ktoś zarabia na moim ciele."

Terapia testosteronowa – czyli preparaty recepturowe w formie tabletek, plastrów, zastrzyków lub wszczepialnych kapsułek – prawdopodobnie nigdy nie była tak popularna i szeroko promowana. TRT stosuje Joe Rogan, znany podcaster. W serwisie Reddit, na TikToku, billboardach przy autostradach i w reklamach telewizyjnych zachwala się TRT jako sposób na lepszy nastrój, seks, energię, a nawet sześciopak na brzuchu. Takich przekazów jest mnóstwo. Globalny rynek TRT szacuje się na 1,9 mld dolarów.

W przypadku pacjentów z wyraźnie obniżonym poziomem hormonu TRT może rzeczywiście przynieść korzyści: poprawę nastroju, wzrost energii, zwiększenie libido, przyrost mięśni, redukcję tłuszczu oraz obniżenie biomarkerów chorób serca. Rzetelne badania obaliły dawne obawy, że suplementacja testosteronem zwiększa ryzyko raka prostaty. Odpowiedzialne kliniki informują pacjentów o potencjalnym ryzyku i korzyściach i na bieżąco ich dokładnie monitorują.

Jednak wielu mężczyzn stosujących TRT wcale nie ma obniżonego poziomu testosteronu – a sztuczne podnoszenie poziomu hormonu u zdrowych mężczyzn może być szkodliwe. W środowisku medycznym nie ma zgody, co dokładnie oznacza „niski poziom", ponieważ w różnych badaniach operuje się odmiennymi grupami badawczymi i progami normy. Z powodu tej niejednoznaczności niektóre kliniki legalnie przepisują TRT mężczyznom, którzy według wielu kryteriów mają poziom hormonów absolutnie prawidłowy. „To nie sprawi, że będziesz żył dłużej. To nie uczyni cię ogólnie zdrowszym" – mówi Channa Jayasena, endokrynolog reprodukcyjny z Imperial College w Londynie.

TRT wiąże się z ryzykiem. Suplementacja testosteronem może: zmniejszyć płodność i spowodować zanik jąder, wywołać erytrocytozę (zwiększenie masy czerwonych krwinek) i doprowadzić do trądziku i bolesnego obrzęku gruczołów piersiowych. Dlatego urolodzy i endokrynolodzy ostrzegają mężczyzn rozważających TRT, by zachowali dużą ostrożność.

Z POWODU SILNYCH kulturowych skojarzeń testosteronu z męskością przekazy marketingowe dotyczące tej terapii prawdopodobnie w dużo większym stopniu odwołują się do emocji niż te odnoszące się do innych aspektów zdrowia. W reklamach TRT w mediach społecznościowych obiecuje się wiele, ale rzadko wspomina o działaniach niepożądanych czy o konieczności odpowiedniej diagnostyki. „Większość treści o testosteronie na TikToku i Instagramie to koszmar – mówi Justin Dubin, urolog z Memorial Healthcare System na południu Florydy. – To po prostu nieprawdziwe informacje."

Zakres uznawany za normę poziomu testosteronu wynosi od około 300 do 1000 nanogramów na decylitr krwi (ng/dl). Po 40 roku życia poziom krążącego w organizmie testosteronu zaczyna stopniowo

Stephanie Pappas jest niezależną dziennikarką naukową z Denver w Kolorado.

Xsion/Getty Images (*mężczyzna*); Jonathan Knowles/Getty Images (*pigułki*) *(poprzednie strony)*

eprasa.pl fd436c8696

spadać – średnio o około 1% rocznie, a że populacja USA się starzeje, wzrost zainteresowania terapią TRT nie jest zaskoczeniem. Istnieją też dane sugerujące, że średni poziom testosteronu spada nawet u młodych mężczyzn. Choroby, które dziś są znacznie powszechniejsze – otyłość czy cukrzyca – wpływają negatywnie na produkcję hormonów i mogą częściowo tłumaczyć ten trend.

Zainteresowanie podnoszeniem poziomu testosteronu sięga jednak znacznie dalej w przeszłość – nawet zanim było wiadomo, czym ten hormon właściwie jest. W 1849 roku niemiecki naukowiec Arnold Adolph Berthold zauważył, że kastrowane koguty przestają rywalizować o samice. Kiedy przeszczepiał im jądra innych kogutów, koguty nagle odzyskiwały zainteresowanie seksem i walkami w zagrodzie.

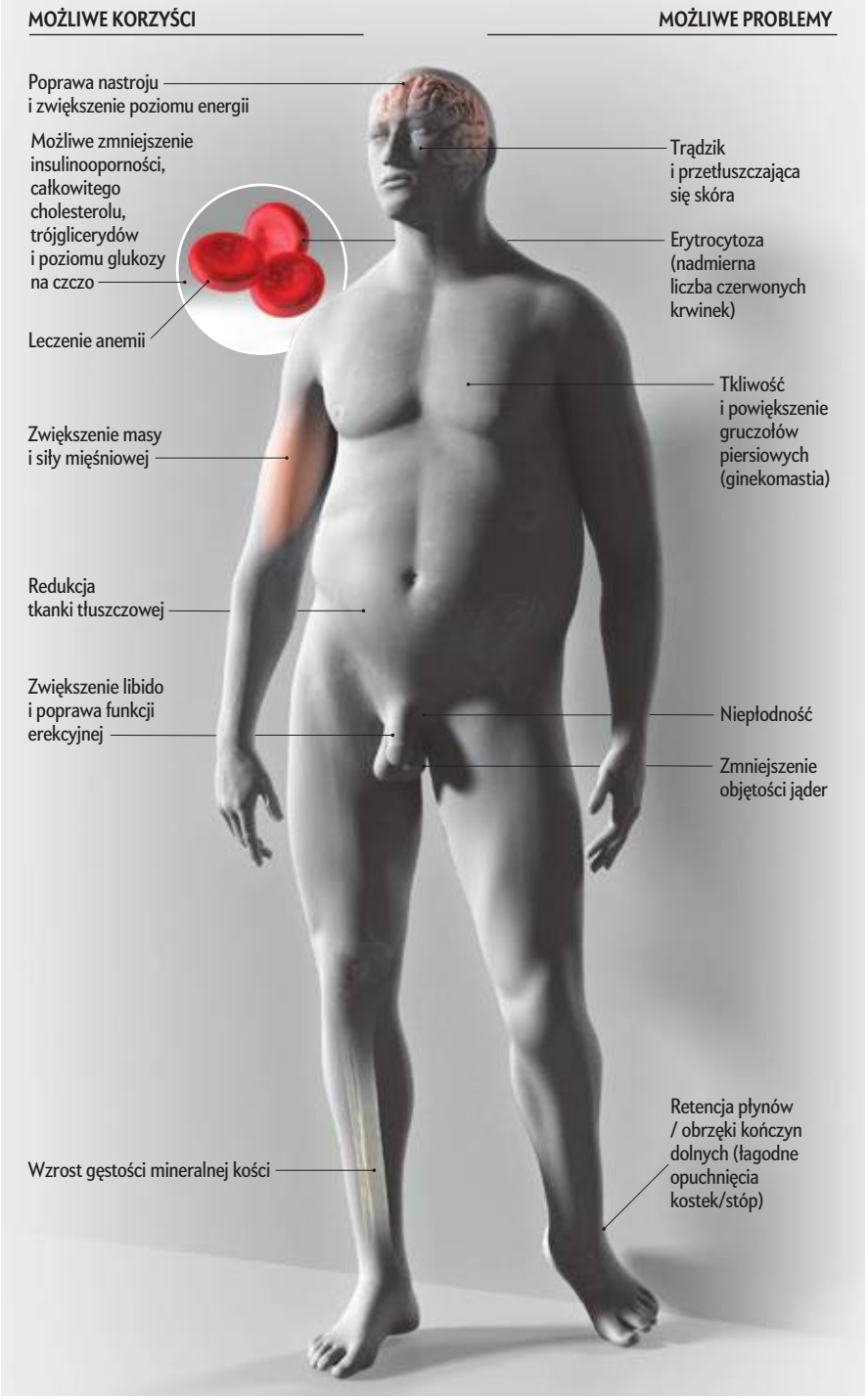
Wkrótce lekarze zaczęli próbować wykorzystać tę cudowną, maskulinizującą moc jąder. W 1889 roku 72-letni neurolog z Mauritiusa, Charles-Édouard Brown-Séquard, wstrzykiwał sobie miksturę z rozdrobnionych jąder psa i świnki morskiej, licząc na odmłodzenie. Relacjonował, że już po kilku zastrzykach potrafił zbiegać po schodach jak młodzieniec i stać przy stole laboratoryjnym godzinami bez zmęczenia.

Lekarz rosyjskiego pochodzenia, Siergiej Abramowicz Woronow, eksperymentował z przeszczepami jąder małp u ludzi, a swoje „spektakularne" efekty przedstawił w książce z 1925 roku *Rejuvenation by Grafting* (*Odmładzanie przez przeszczepy*). Opisał w niej przypadek 74-letniego pacjenta: „zniknęła nadmierna tkanka tłuszczowa, mięśnie stały się jędrne, wyprostował się i sprawiał wrażenie człowieka w doskonałym zdrowiu. […] Przeszczep zmienił zgrzybiałego, impotentnego, żałosnego starca w pełnego sił mężczyznę, mającego wszystkie swoje zdolności."

Współcześni lekarze są zgodni, że wszelkie pozytywne efekty tamtych zabiegów miały identyczny skutek jak placebo. W 2002 roku australijscy naukowcy odtworzyli ekstrakty jąder według receptury Brown-Séquarda i odkryli, że zawierały zaledwie jedną czwartą dawki testosteronu potrzebnej, by wywołać jakikolwiek biologiczny efekt. Co więcej, w czasach Woronowa – zanim pojawiły się nowoczesne metody konserwacji tkanek i zanim zrozumiano, czym są leki immunosupresyjne – przeszczepy jąder, zwłaszcza międzygatunkowe, nie miały praktycznie żadnych szans na przetrwanie.

Suplementacja testosteronem – za i przeciw

Terapia zastępcza testosteronem (testosterone replacement therapy, TRT) przeżywa boom. Mężczyźni chcący poprawić swoje libido czy zbudować masę mięśniową lub walczący z przewlekłym zmęczeniem lub obniżonym nastrojem masowo zgłaszają się do klinik, by zbadać poziom hormonów i otrzymać recepty na TRT. W przypadku mężczyzn z rzeczywiście niskim poziomem testosteronu – według Amerykańskiego Towarzystwa Urologicznego oznacza to wynik poniżej 300 ng na decylitr uzyskany w dwóch niezależnych badaniach – suplementacja może dać korzyści. Jednak nawet jedna trzecia mężczyzn stosujących TRT może nie spełniać kryteriów niedoboru testosteronu, a w przypadku osób z prawidłowym poziomem tego hormonu terapia może nie tylko nie pomóc, ale wręcz zaszkodzić – zwłaszcza że wiąże się z ryzykiem m.in. niepłodności.



Źródło: Abraham Morgentaler (*konsultacja naukowa*)

Grafika Violet Frances

eprasa.pl fd436c8696

Syntetyczną formę testosteronu otrzymano w 1935 roku, co umożliwiło opracowanie leku stosowanego w TRT. Jednak jego pojawienie się nie doprowadziło od razu do boomu na recepty (choć zainteresowały się nim środowiska kulturystyczne). Częściowo przyczyną medycznej ostrożności było niewielkie badanie z 1941 roku, które wykazało, że testosteron może przyspieszać rozwój raka prostaty, a guzy się kurczą, gdy poziom hormonu jest niski. To powiązanie sprawiło, że lekarze zaczęli bardzo niechętnie podawać testosteron nawet mężczyznom z ewidentnym hipogonadyzmem (czyli takim, u których jądra nie produkują wystarczającej ilości hormonu). „To była niemal całkowita blokada" – mówi Abraham Morgentaler, urolog i badacz testosteronu z Harvard Medical School.

W latach 80. Morgentaler, który w czasach studenckich badał wpływ testosteronu na zachowania godowe jaszczurek, pracował jako młody urolog zajmujący się niepłodnością męską, niskim libido i zaburzeniami erekcji. Pacjenci byli zdesperowani. Morgentaler przypomniał sobie jaszczurki, które traciły zainteresowanie samicami po odstawieniu testosteronu i – ostrożnie – zaczął podawać hormon kilku pacjentom. Zgłaszali nie tylko poprawę życia seksualnego. „Opisywali też, że również ogólnie czują się lepiej – na przykład, że mają więcej cierpliwości do swoich małych dzieci, że wstają z łóżka pełni optymizmu'".

W miarę kontynuowania badań Morgentaler nie zauważał wzrostu ryzyka raka prostaty. Z czasem dowodów na to, że testosteron niekoniecznie stymuluje rozwój nowotworu, zaczęło przybywać. Na początku XXI wieku obawy zaczęły słabnąć, choć całkowicie nie zniknęły.

TRT zyskała na popularności – według badań z 2013 roku częstość jej stosowania między 2001 a 2011 rokiem się potroiła. Jednak nadal były wątpliwości. W 2014 roku Amerykańska Agencja ds. Żywności i Leków (FDA) wydała ostrzeżenie, że TRT może zwiększać ryzyko zawałów i udarów. Testosteron wpływa na wzrost mięśni – a serce to także mięsień. U mężczyzn stosujących sterydy anaboliczne w celach kulturystycznych (naturalny testosteron też się do takich sterydów zalicza) problemy z sercem to dobrze znany skutek uboczny.

Aby zbadać te dwa zagrożenia, grupa naukowców zorganizowała TRAVERSE – największe dotąd randomizowane badanie kliniczne TRT u mężczyzn z niskim testosteronem. Przebadano ponad 5 tys. mężczyzn w wieku 45–80 lat, upewniając się, że na początku mieli niskie poziomy PSA (markera raka prostaty), i moitorowano ich przez średnio trzy lata. W 2023 roku opublikowano wyniki. Nie stwierdzono wzrostu zachorowań na raka prostaty u osób otrzymujących testosteron; nie zanotowano też zwiększonego ryzyka zawałów, udarów ani zgonów sercowo-naczyniowych.

TO DOBRA WIADOMOŚĆ dla mężczyzn z niskim testosteronem i prawidłowym poziomem PSA: jeśli poziom hormonu zostanie uzupełniony do średniego, ryzyko nowotworu i chorób serca będzie niskie. TRT wciąż jednak budzi kontrowersje, głównie dlatego, że brakuje jednoznacznej definicji „niskiego poziomu testosteronu".

Amerykańskie Towarzystwo Urologiczne sugeruje, że niski poziom to wynik poniżej 300 ng/dl, zmierzony dwukrotnie rano, ponieważ poziom testosteronu naturalnie się waha. Z kolei Endocrine Society uznaje za „normalny" zakres między 264 a 916 ng/dl, natomiast Europejska Akademia Andrologii wskazuje jako dolną granicę normy wynik pomiędzy 231 a 350 ng/dl. Różnice te wynikają z faktu, że poziom testosteronu może zmieniać się nawet o 100 ng/dl w ciągu dnia, więc objawy (np. zmęczenie) mogą występować przy bardzo różnych wartościach.

W badaniu TRAVERSE przyjęto 300 ng/dl jako granicę „niskiego" poziomu. U mężczyzn z niższym poziomem zaobserwowano poprawę nastroju i zwiększenie energii. W 2024 roku naukowcy poinformowali, że w tej grupie TRT doprowadziło do 50% wzrostu aktywności seksualnej, co oznaczało prawie jeden dodatkowy „epizod seksualny" dziennie (w tym seks z partnerką, masturbację, fantazje, flirt czy spontaniczne erekcje). Dla porównania: grupa placebo zanotowała tylko 25% wzrostu.

Efekty TRT w przypadku subtelniejszych objawów, jak zmęczenie, „mgła mózgowa", depresyjny nastrój, drażliwość – są mniej jednoznaczne. Joe, 38 lat, wspomina, że był w bardzo kiepskim stanie, gdy w wieku trzydziestu kilku lat dowiedział się, że jego poziom wynosi tylko 95 ng/dl. Dziś, dzięki TRT, utrzymuje ponad 600 ng/dl i mówi, że to działa: „Po prostu czuję się absolutnie normalnie". W badaniu TRAVERSE nie wykazano przewagi TRT nad placebo w leczeniu łagodnych objawów depresji, ale w innym badaniu z 2024 roku u mężczyzn z poważniejszymi objawami zaobserwowano poprawę nastroju i wzrost energii. Nie odnotowano korzyści w zakresie pamięci ani jakości snu.

Mężczyźni z pogranicza normy, około 300 ng/dl, nie byli dotąd systematycznie badani, mówi Frederick Wu, emerytowany profesor endokrynologii z University of Manchester, inicjator i lider bardzo dużego Europejskiego Badania Starzenia się Mężczyzn (European Male Aging Study, EMAS). A u mężczyzn z prawidłowym poziomem testosteronu efekty terapii nie muszą być tak wyraźne, jak u tych z wyraźnym niedoborem. Objawy takie, jak brak energii, są trudne do jednoznacznego powiązania z testosteronem – mogą być skutkiem dowolnych problemów występujących w wieku średnim, jak deprywacja snu spowodowana opieką nad małymi dziećmi, siedząca praca przy komputerze, stres czy zła dieta. Jedną z pierwszych rzeczy, jaką sprawdzają urolodzy i endokrynolodzy u pacjentów z tymi objawami, jest bezdech senny, który może powodować mgłę mózgową, zmęczenie i jednocześnie obniża poziom testosteronu. „Poziom testosteronu to bardzo istotny wskaźnik ogólnego stanu zdrowia – mówi Wu. – Jeśli widzisz niski poziom T u pacjenta, to powinieneś najpierw zbadać jego ogólny stan zdrowia, a nie od razu sięgać po terapię testosteronem".

Różnice w objawach mogą też wynikać z indywidualnej wrażliwości organizmu. „To możliwe, że mężczyzna z poziomem 350 ng/dl może mieć niedobory w pewnych obszarach – mówi Joshua Halpern, dyrektor naukowy kliniki Posterity Health i profesor urologii na Northwestern University. – Różne tkanki i układy narządów organizmu potrzebują różnych poziomów testosteronu, by działać optymalnie".

Tu właśnie pojawia się kolejny punkt sporny. Niektórzy lekarze uważają, że testosteron powinno się stosować dopiero po wypróbowaniu innych interwencji zdrowotnych, ponieważ zmiany w diecie i aktywności fizycznej mogą podnieść poziom testosteronu i poprawić ogólny stan zdrowia. Inni, jak Morgentaler, argumentują, że terapię zastępczą testosteronem (TRT) można zaoferować jako pierwszą opcję mężczyznom z niskim poziomem hormonu, ponieważ taka suplementacja powinna dać im zastrzyk energii potrzebny do rozpoczęcia ćwiczeń i zmiany stylu stylu życia na zdrowszy. Ten spór może się teraz skomplikować przez pojawienie się leków z grupy GLP-1, takich jak Ozempic, które znacznie ułatwiają utratę wagi. Czy więc mężczyzna z otyłością i niskim

eprasa.pl fd436c8696

testosteronem powinien otrzymać TRT czy Ozempic? Tego nikt jeszcze nie zbadał.

Wreszcie niewiadomą pozostaje to, jaki typ pomiaru testosteronu stosować. Większość badań opiera się na pomiarze testosteronu całkowitego, czyli łącznej ilości hormonu krążącego we krwi. Ale duża część tego testosteronu jest związana z białkami, takimi jak albumina i globulina wiążąca hormony płciowe (sex-hormone binding globulin, SHBG). Testosteron mocno złączony z SHBG nie jest dostępny dla tkanek organizmu. „Wolny" testosteron – czyli niezwiązany – już tak. I to właśnie jego ilość może być znacznie istotniejsza dla samopoczucia mężczyzny niż poziom całkowity. „Objawy korelują z poziomem wolnego testosteronu" – mówi Morgentaler. W badaniu z 2018 roku z wykorzystaniem danych z EMAS naukowcy odkryli, że u otyłych mężczyzn z rozwijającym się hipogonadyzmem tylko ci, u których wolny testosteron spadał wraz z całkowitym, doświadczali niekorzystnych symptomów. Mimo to towarzystwa medyczne nie ustaliły konkretnych progów wolnego testosteronu, które kwalifikowałyby do leczenia, więc decyzja lekarza ma tu ogromne znaczenie.

JEDNAK ŻADEN z tych medycznych niuansów raczej nie pojawi się w rozmowie, kiedy ktoś trafi do jednej z wielu klinik „męskiego zdrowia". Tak jak Rob czy Rahim, pacjent najprawdopodobniej otrzyma receptę. Potwierdza do badanie, które Dubin, Halpern i kilku ich współpracowników opublikowali w 2022 roku w „JAMA Internal Medicine". Ukrywając swoją prawdziwą tożsamość, wysłali rzeczywiste wyniki badania poziomu testosteronu Dubina do siedmiu klinik. Poziom ten wynosił 675 ng/dl – czyli był wyższy niż ten, do jakiego zwykle dążą urolodzy u mężczyzn z niskim testosteronem. Dodatkowo Dubin poinformował, że planuje w przyszłości mieć dzieci – co powinno automatycznie wykluczyć go z terapii. Testosteron jest częścią mechanizmu regulującego produkcję plemników, pętli sprzężenia zwrotnego – gdy we krwi utrzymuje się jego wysoki poziom, jądra przestają wytwarzać własny testosteron i plemniki. „W moim przypadku nie było absolutnie żadnych przesłanek do rozpoczęcia TRT" – mówi Dubin.

Mimo to sześć z siedmiu klinik i tak zaproponowało mu terapię. I to nie jest wyjątek. „Z perspektywy czasu widzę, że to było po prostu absurdalne" – wspomina Rahim, u którego również rozpoczęto leczenie testosteronem już przy pierwszej wizycie. Chociaż oficjalne wytyczne jednoznacznie mówią, że przed rozpoczęciem TRT należy wykonać co najmniej dwa badania krwi, wiele prywatnych i internetowych klinik opiera się na jednym. Rahim pamięta, że poziom testosteronu oscylował u niego w granicach 300–400 ng/dl, ale i tak przepisano mu dawkę tak wysoką, że wywołała działania niepożądane. Klinika zaproponowała kolejne leki na ich złagodzenie. „Większe dawki testosteronu były dla nich po prostu bardziej opłacalne finansowo – nawet jeśli nie były dobre dla mojego zdrowia" – mówi.

Inni mężczyźni relacjonują podobne doświadczenia. John, obecnie 42-latek, miał około 35 lat, gdy zainteresował się TRT, chcąc utrzymać formę potrzebną mu w służbie w wojskowych jednostkach specjalnych. Przepisano mu wszczepialne granulki testosteronu, przez co jego poziom tego hormonu wzrósł do ponad 1800 ng/dl. Wkrótce pojawiły się problemy – zaburzenia fukcjonowania stawu skroniowo-żuchwowego objawiające się zgrzytaniem zębów oraz łagodny rozrost prostaty, który pociągnął za sobą przyjmowanie kolejnych leków.

Morgentaler mówi, że takie przypadki to przestroga, którą należy traktować poważnie. Radzi unikać klinik, które oferują TRT bez wcześniejszego wstępnego badania albo takich, które nie przedstawiają jasnego planu monitorowania wyników. W jednym z badań z 2015 roku wykazano, że w dużym ośrodku miejskim u ponad połowy mężczyzn poddanych TRT nigdy nie wykonano kontrolnego badania krwi. A to istotny problem, bo jednym z częstszych działań niepożądanych TRT jest erytrocytoza – nadprodukcja czerwonych krwinek.

Działająca etycznie klinika powinna również uczciwie informować o wpływie TRT na płodność. Dubin i Halpern przyznają, że co miesiąc trafiają do nich mężczyźni, którzy nie zostali ostrzeżeni, że ich terapia testosteronowa może drastycznie obniżyć liczbę plemników. Internetowi influencerzy często bagatelizują to działanie niepożądane jako tymczasowe, ale lekarze ostrzegają, że może się ono utrzymywać. Według badania z 2006 roku opublikowanego w „The Lancet", powrót do normalnej liczby plemników potrafi zająć nawet dwa lata po odstawieniu TRT. A każdy, kto zmaga się z niepłodnością, wie, że dwa lata to bardzo długo.

Dwa leki, które lekarze przepisują w celu przyspieszenia powrotu płodności – gonadotropina kosmówkowa (hCG) i cytrynian klomifenu – często nie są refundowane, a ponadto same mogą powodować działania niepożądane. Halpern mówi, że jakość nasienia po odstawieniu TRT może być niższa niż u mężczyzn, którzy nigdy nie stosowali terapii.

Wreszcie, chociaż wyniki badania TRAVERSE wskazują, że mężczyźni próbujący TRT nie są szczególnie narażeni na raka prostaty czy problemy sercowe, odnotowano niewielki, niewyjaśniony wzrost liczby złamań kości u osób stosujących tę terapię. Co więcej, nie istnieją żadne badania analizujące wpływ TRT w perspektywie kilku dekad – a mężczyzna zaczynający leczenie zaraz po trzydziestce może być poddawany terapii przez 40–50 lat, jeśli nie chce przechodzić przez hormonalne załamanie po jej przerwaniu.

Jedną z obaw wynikającą z badań nad długotrwałym stosowaniem sterydów anabolicznych jest to, że naturalna produkcja testosteronu może się już nigdy w pełni nie odbudować, mówi Harrison Pope, psychiatra z Harvard Medical School, który badał użycie sterydów. W badaniu z 2023 roku opublikowanym w „Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism", mężczyźni, którzy stosowali nielegalnie sterydy anaboliczne, po dwóch latach od odstawienia zgłaszali niższą jakość życia niż ci, którzy nigdy ich nie stosowali. Ponieważ działanie sterydów w organizmie jest zbliżone do suplementacji testosteronem, wyniki te budzą niepokój także w kontekście TRT.

„Gdybyś zapytał mnie o to 20 lat temu, zapewniłbym cię, że po zakończeniu terapii testosteronem organizm odbuduje się i wszystko wróci do normy – mówi Pope. – W niektórych przypadkach byłbym całkowicie w błędzie".

W pewnych sytuacjach ryzyko będzie jednak warte podjęcia. Rob, John i Rahim przyjmują obecnie niższe dawki testosteronu i są pod opieką lekarzy, którym ufają. Wszyscy trzej zauważają poprawę nastroju, lepszą kondycję mięśniową i większą energię. Ale jednocześnie wszyscy przyznają, że mają mieszane uczucia wobec całego doświadczenia. Tę ambiwalencję wobec TRT podziela wielu pracowników służby zdrowia. „Wciąż pozostaje wiele niewiadomych, jeśli chodzi o niedobór testosteronu – mówi Halpern – włącznie z kwestiami bardzo podstawowymi." ■

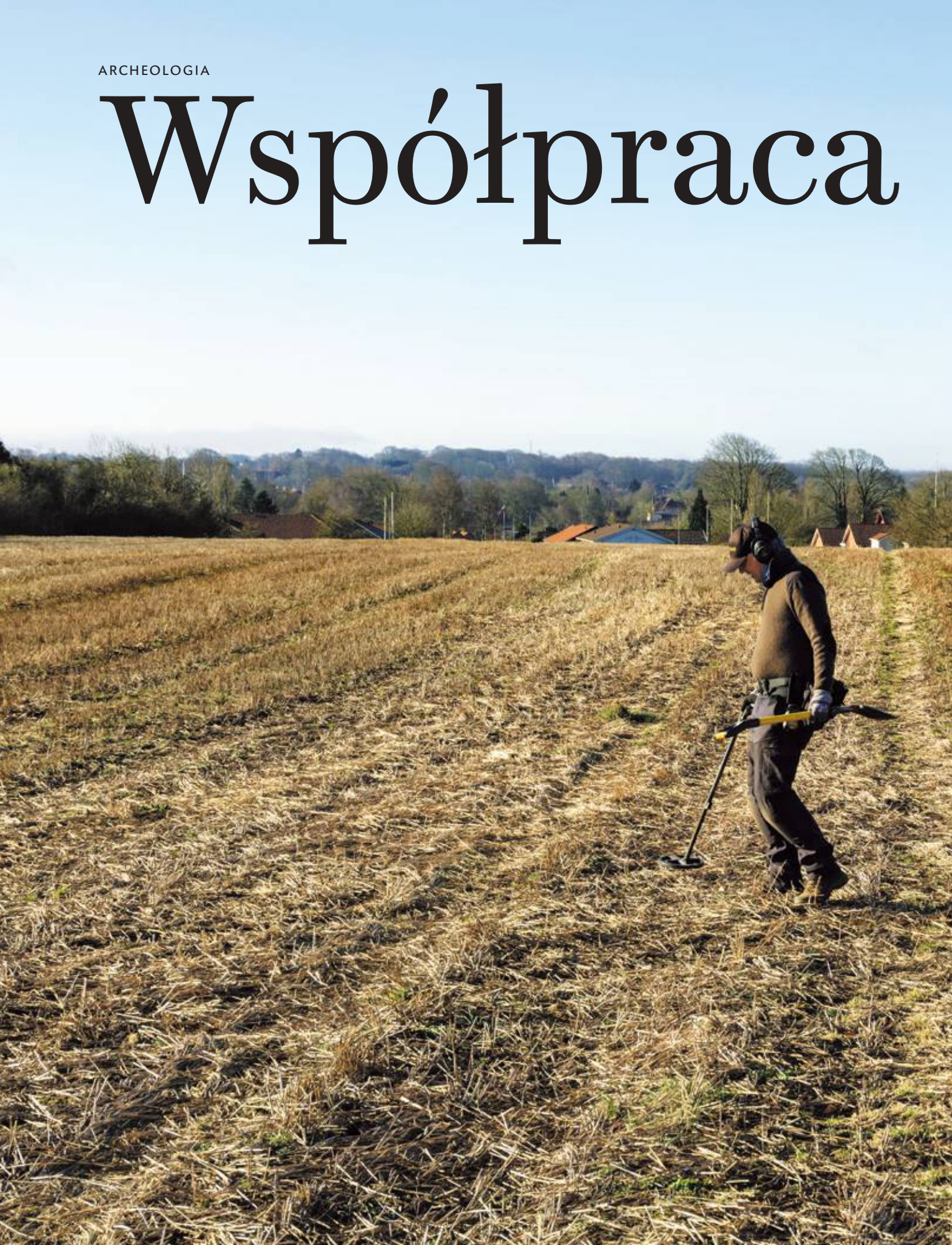
Z ARCHIWUM

Testosterone's Effect on Fair Play, Sandy Fritz; „Scientific American Mind", wrzesień 2010. Scientific American.com/archive

eprasa.pl fd436c8696

ARCHEOLOGIA

Współpraca



się opłaca

Rząd Danii korzysta z pracy poszukiwaczy amatorów do odkopywania artefaktów ukrytych na polach uprawnych. Ich znaleziska piszą na nowo historię kraju

ELIZABETH ANNE BROWN | Zdjęcia ALASTAIR PHILIP WIPER



Kristen Nedergaard Dreiøe (*z lewej*) i Marie Aagard Larsen (*z prawej*) z wykrywaczami metalu na polu, na którym uprawia się zboże (południowa Dania).

OLE GINNERUP SCHYTZ, INŻYNIER z regionu rolniczego wokół miasteczka Vindelev w Danii, gdy tylko uruchomił wykrywacz metalu na polu jęczmienia u znajomego, znalazł kawałek wygiętej płytki. Uznał, że to pokrywka puszki z konserwą rybną i wrzucił ją do worka zapełnionego już innymi metalowymi odpadkami, które wcześniej uaktywniły wykrywacz: zardzewiałymi gwoździami, śrubami, kawałkami złomu. Kilka kroków dalej wykopał kolejną błyszcząca płytkę. Ktoś tu wyraźnie zajadał się rybami, pomyślał i wrzucił ją do worka. Ale gdy natknął się na trzeci metalowy krążek, zatrzymał się, by przyjrzeć mu się bliżej. Czyszcząc jego powierzchnię z błota, nagle ujrzał, niczym w zwierciadle, dumną twarz rzymskiego cesarza. W tym momencie, jak wspomina z uśmiechem, przemknęło mu przez myśl, że „to najwyraźniej nie były puszki po rybnych konserwach".

Pewnego grudniowego dnia 2020 roku, po krótkiej pauzie na spotkanie online na Teamsach, Ginnerup odkopał 14 błyszczących złotych dysków – niektóre wielkości spodków – które według archeologów zostały przysypane osadem około 1500 lat temu, w okresie gwałtownych zmian klimatycznych następujących po tym, jak chmury popiołu z odległej erupcji wulkanu doprowadziły do nastania niewielkiej epoki lodowej. Na czterech medalionach widnieją wizerunki rzymskich cesarzy, a kilka z nich przedstawia skomplikowane wzory geometryczne. Ale prawdziwą perełką jest amulet zwany brakteatem z dwoma stylizowanymi wizerunkami: mężczyzny z profilu z długimi włosami upiętymi w warkocz i konia w pełnym galopie. Specjalistka od starożytnych runów mówi, że była oszołomiona, gdy w końcu dostrzegła napis umieszczony na górze: „On jest człowiekiem Odyna".

Te wytłoczone runy są najstarszą znaną pisemną wzmianką o Odynie, nordyckim bogu wojny i władcy Walhalli. Brakteat Ginnerupa, który archeolodzy opisują jako najważniejsze duńskie znalezisko ostatnich stuleci, rozciągnął w czasie kult Odyna o 150 lat – a wszystko to dlatego, że Ginnerup otrzymał wykrywacz metalu jako prezent urodzinowy od swojego teścia.

Wiele innych krajów europejskich zakazało lub mocno ograniczyło hobbystyczne wykrywanie metali, ale Dania się na to zgodziła, tworząc system, w którym indywidualni poszukiwacze są zobowiązani do przekazywania znalezisk archeologom rządowym. W rezultacie mamy nadmiar bogactwa – ponad 20 tys. przedmiotów jest ostatnio oddawanych rokrocznie do agencji rządowych. Kuratorzy zobowiązani do identyfikowania i katalogowania wszystkich artefaktów nie mogą nawet marzyć, by sprostać temu zadaniu, ale efekty ich pracy są jednoznaczne: podczas gdy w sąsiednich krajach przeszłość wciąż otacza gęsta mgła tajemnicy, w Danii dzięki pracy archeologów amatorów pradawny krajobraz wypełnił się kompleksami świątynnymi, szlakami handlowymi i osadami, o których inaczej nic byśmy nie wiedzieli. „Prywatni poszukiwacze metali wywindowali Danię wysoko ponad jej sąsiadów w badaniach archeologicznych – mówi Torben Trier Christiansen, specjalista od archeologii w duńskich muzeach Północnej Jutlandii. – Choć to amatorzy, słowo amatorszczyzna byłoby tu zupełnie nie na miejscu".

DANIA JEST ZAMIESZKANA od końca ostatniej epoki lodowej, kiedy koczowniczy łowcy-zbieracze z południowej Europy przybyli tam w ślad za migracją reniferów i cofającymi się lodowcami już 12,5 tys. lat temu. Przodkowie współczesnych Duńczyków pojawili się około 5 tys. lat temu, przybywając ze stepów dzisiejszej Ukrainy i południowo-zachodniej Rosji. Przez tysiące lat ich potomkowie żyli w małych społecznościach rolniczych w całej Skandynawii, budując megality i kurhany dla wybitnych zmarłych i składając ofiary z ludzi na bagnach, aby udobruchać swych bogów.

Na początku naszej ery te społeczności rolnicze połączyły się w kilka plemion germańskich – Cymbrów, Teutonów, Jutów, Anglów i Danów – którzy stali się biegłymi żeglarzami, odkrywcami i wytapiaczami metali. Ponieważ szlachetne odmiany metali – w tym srebro, złoto i składniki brązu – nie występują na terenie dzisiejszej Danii, jej mieszkańcy musieli je pozyskiwać drogą wymiany lub przemocy od odległych nawet ludów. Prowadzili też intensywny handel z Cesarstwem Rzymskim, którego wojska nigdy nie dotarły na teren dzisiejszej Skandynawii.

W IX wieku, w epoce wikingów, Normanowie rozliczali się podczas wymiany handlowej bryłkami srebra,

Elizabeth Anne Brown jest niezależną dziennikarką naukową mieszkającą w Kopenhadze. Pisze m.in. dla „National Geographic", „New York Times" i „Washington Post". Możesz śledzić jej działalność na X @eabrown18

eprasa.pl fd436c8696



ARNOLD MIKKELSEN/National Museum of Denmark

Poszukiwacz Ole Ginnerup Schytz znalazł ten złoty amulet, czyli brakteat, z napisem „On jest człowiekiem Odyna". Znalezisko to wydłuża okres kultu Odyna o 150 lat. (Przedstawienie swastyki obok głowy mężczyzny poprzedza zawłaszczenie tego symbolu przez nazistów.)

ale mieli też dostęp do dirhamów z kalifatów islamskich, solidów z Cesarstwa Rzymskiego i złota z wybrzeży Irlandii, a wszystkie te dobra udało się teraz odnaleźć dzisiejszym mieszkańcom tych terenów zaopatrzonym w wykrywacze metali. Dania jest zjednoczonym królestwem od co najmniej X wieku, co czyni ją najstarszą wciąż istniejącą monarchią w Europie.

Wykrywacze metali trafiły na duński rynek pod koniec lat 70. „Wcześniej urządzenia te zaliczały się do sprzętu wojskowego" i były używane do poszukiwania niewybuchów z II wojny światowej, wyjaśnia Trier. W latach 80. wykrywacze metali były tak rzadko stosowane, że większość krajów europejskich nie miała przepisów regulujących, kto może szukać zabytków archeologicznych i gdzie. Wszystko się zmieniło wtedy, gdy kilka głośnych kradzieży pokazało, jak wiele szkód może wyrządzić przestępca z takim urządzeniem. Szwedzka wyspa Gotlandia stała się czymś w rodzaju pola bitwy między profesjonalnymi archeologami a rabusiami – zarówno miejscowymi, jak i „turystami" – którzy używali wykrywaczy metali do znajdowania i plądrowania stanowisk z epoki wikingów, wywożąc stamtąd liczne przedmioty ze srebra. Te epizody zniechęciły Szwecję do prywatnych poszukiwaczy na długie dekady, mówi Trier. Wielu archeologów uważało, że ci poszukiwacze albo kradną wykopane skarby, albo przynajmniej niszczą ważny kontekst archeologiczny powodowani egoistycznym pragnieniem dotknięcia historii własnymi rękami.

Gdy Szwecja opracowała projekt ustawy mającej na celu znaczne ograniczenie działalności prywatnych wykrywaczy metali, pewien człowiek uznał, że w Danii obowiązuje już stosowne prawo – z 1241 roku. Olaf Olsen, dyrektor Duńskiego Muzeum Narodowego w latach 80., opowiadał się za tym, aby znaleziska pochodzące z wykrywania metali podlegały średniowiecznemu prawu, które uznawało wszystkie metalowe wyroby bez wyraźnego właściciela za własność korony.

Dokonana przez Olsena interpretacja prawa Danefæe („duński skarb") doprowadziła do jednej z najbardziej liberalnych filozofii postępowania w kwestii wykrywania metali w całej Europie. Dziś każdy może w Danii poszukiwać metali wykrywaczami bez zezwolenia, pod warunkiem, że ma zgodę właściciela terenu i zgadza się przekazać rządowi

eprasa.pl fd436c8696



Pierścień z litego złota ozdobiony granatem został znaleziony przez poszukiwacza w pobliżu wioski Emmerlev w Danii. Szczegóły stylistyczne pierścienia nawiązują do czasów dynastii Merowingów w Europie Środkowej, co może sugerować, że jakaś szlachetnie urodzona kobieta z rodu Merowingów poślubiła kogoś z nordyckiej elity w pobliżu Emmerlev.

National Museum of Denmark

eprasa.pl fd436c8696

wszelkie potencjalnie ważne historycznie znaleziska. To klasyczny duński system oparty na odpowiedzialności społecznej – w kraju, w którym ludzie regularnie zostawiają na zewnątrz niemowlęta na drzemkę w wózkach, nic dziwnego, że rząd powierza społeczeństwu skarby.

DOPIERO OKOŁO 10 LAT TEMU zainteresowanie wykrywaniem metali naprawdę wzrosło, dzięki programom telewizyjnym i mediom społecznościowym. W 2013 roku około 5600 przedmiotów zostało przekazanych do oceny jako potencjalne obiekty podpadające pod Danefæe. Do 2021 roku liczba ta gwałtownie wzrosła do ponad 30 tys. To oznacza całą rzeszę ludzi kopiących doły w ziemi. Jednak zdaniem Triera duńscy archeolodzy tak naprawdę korzystają z każdej pary rąk przesypujących ziemię w poszukiwaniu „skarbów".

Około 60% powierzchni Danii to ziemie uprawne, a większość z nich podlega orce każdego roku. Nowoczesne pługi mogą sięgać ponad pół metra w głąb gleby, przenosząc świeżą warstwę dawno zakopanych obiektów wystarczająco blisko powierzchni, aby wykrywacz metali mógł je zlokalizować. „Ale gdy artefakt znajdzie się bezpośrednio na powierzchni, jest narażony na mróz, słońce, deszcz i warunki atmosferyczne" – wyjaśnia Trier. Wtedy rozpoczyna się wyścig z czasem, aby obiekt nie został zniszczony.

Wszystko, co znajduje się w duńskich lasach, może spokojnie poczekać kolejne 200 lat, aż zajmą się tym profesjonalni archeolodzy, mówi Trier. Ale poszukiwacze chodzący po zaoranych polach są pierwszą linią frontu archeologicznych operacji ratunkowych.

Doskonałym przykładem jest odkrycie znane jako kompleks Vaarst. Prywatny poszukiwacz badający farmę w północnej Jutlandii znalazł biżuterię – złote pierścienie, spinki do sukni i klamry do płaszczy – skarb tak ważny, że Trier zorganizował wykopaliska ratunkowe, aby ustabilizować kontekst archeologiczny, który zdołał uratować się przed pługiem. Przez następne dwa lata Trier i zespół profesjonalnych archeologów odkryli rozległy kompleks grobowy z setkami pochówków, z których wiele zawierało szczątki ludzkie, z głowami skierowanymi na zachód w stronę Morza Północnego. Rolnictwo i erozja tak długo niszczyły wierzchnią warstwę gleby, że wiele grobów pokrywało zaledwie kilka centymetrów osadu. „Jeszcze jeden lub dwa sezony orki i byłoby po nich" – mówi Trier.

Zaledwie kilometr od kompleksu Vaarst znajduje się miasto o nazwie Gudum. Historycy łamali sobie głowę nad pochodzeniem tej nazwy, która oznacza „dom bogów". Teraz, dzięki znalezisku poszukiwaczy, naukowcy są przekonani, że mogło to być miejsce ważnego ośrodka kultu.

Archeolodzy amatorzy przekazują swoje znaleziska 28 lokalnym duńskim muzeom – zdumiewająca liczba w kraju o powierzchni odpowiadające wielkością jednej trzeciej stanu Nowy Jork. To lokalni archeolodzy, tacy jak Trier, muszą wyznaczyć interesujące miejsca, zanim zostaną one zniszczone przez rolnictwo lub zabudowę, a także zidentyfikować i zarejestrować znaleziska, nim te zostaną przekazane do centralnego ośrodka Muzeum Narodowego. Trier mówi, że utrzymuje kontakt z około 300 poszukiwaczami, którzy regularnie przekazują mu obiekty. „Często potrafią stwierdzić nawet po cichym dźwięku, jaki wydaje detektor, jakiego rodzaju przedmiot udało im się odkryć i jak głęboko jest on położony" – zauważa.

NIEKTÓRZY PRYWATNI POSZUKIWACZE skarbów mogą pochwalić się dokonaniami, które dorównują osiągnięciom profesjonalnych archeologów. Pewnego wybitnie słonecznego marcowego dnia małżeństwo Kristen Nedergaard Dreiøe i Marie Aagaard Larsen odebrało mnie ze stacji kolejowej w południowej Danii, na północ od granicy z Niemcami. „Wiesz, ludzie kiedyś nazywali to miejsce z powodu kształtu zgniłym bananem Danii" – powiedziała mi Aagaard. Ale to się skończyło. Znaleziska pary poszukiwaczy skarbów ujawniły, że obszar, w którym dorastała Aagaard, był ważnym ośrodkiem bogactwa i władzy 1000 lat temu.

W roku 2016 Aagaard, Dreiøe i ich nieżyjący już przyjaciel Poul Pedersen odkryli blisko 1,5 kg złotych artefaktów z epoki wikingów w pobliżu współczesnego miasta Fæsted, w tym naramienne opaski, które archeolodzy zinterpretowali jako symbole przysięgi: skręcone pierścienie, które wódz lub pan dawał swoim wojownikom, aby nosili je jako znak wierności. To największy skarb złota wikingów, jaki kiedykolwiek odkryto w Danii.

Ale Aagaard i Dreiøe nie pozwolili, aby złoto uderzyło im do głowy. Wręcz przeciwnie: z wielkim zapałem badają każdy sygnał na swoim detektorze, nawet jeśli pochodzi od skrawków żelaza. Żelazo jest odwiecznym utrapieniem poszukiwaczy. Wywołuje głośny, irytujący dźwięk detektora i prawie zawsze oznacza znalezisko jakiegoś nic nieznaczącego odpadu z gospodarstwa. Gdy poszukiwacze nabiorą wystarczającego doświadczenia, aby rozpoznać ten dźwięk, większość nie ruszy nawet palcem w tym kierunku.

Jednak upór Aagaard i Dreiøe doprowadził ich w roku 2018 do odkrycia skarbu z ponad 200 żelaznymi sztukami broni – włóczniami, sztyletami i mieczami. Późniejsze wykopaliska prowadzone przez lokalnego archeologa Larsa Grundvada poskutkowały odkryciem szeregu świątyń poświęconych czemuś co nazwał „kultem zniszczenia", który narodził się dokładnie około roku 0, na przełomie dwóch er. Jak mówi Grundvad, udało się odnaleźć ślady co najmniej 15 różnych świątyń z okresu trwającego mniej więcej 550 lat i położonych w odległości zaledwie kilku metrów od siebie. Wiele okazów broni umieszczano, jak się zdaje, na specjalnych słupach – być może jako poświęcony dar podczas inauguracji nowej świątyni, lub jako symboliczne zakończenie działania starej. Piętnaście świątyń, „to wyraźnie pachnie Indiana Jonesem", mówi Aagaard. Z perspektywy czasu Aagaard i Dreiøe śmieją się, gdy przypominają sobie, że myśleli o zajęciu się polowaniem lub żeglarstwem jako swoim wspólnym hobby.

Miejsce wykopalisk, które odwiedziłem z Aagard, Dreiøe i Grundvadem w marcu, znajduje się na polu,

eprasa.pl fd436c8696





na którym zwykle uprawia się zboże, rzut kamieniem od autostrady. Na horyzoncie mogliśmy dostrzec podmiejską dzielnicę, wiatraki – i dolmen, kopiec grobowy z dużymi kamieniami na szczycie, prawdopodobnie mający około 5 tys. lat. Dolmen był już wiekową budowlą w czasach wikingów, zauważył Grundvad.

Muzeum wynajęło na tę okazję zielonkawą koparkę. Młody pracownik obsługujący maszynę pieczołowicie zdejmował warstwy gleby o grubości zaledwie kilku centymetrów z powierzchni ziemi na obszarze wielkości dwóch boisk do koszykówki. Czterech amatorskich poszukiwaczy metali, w tym Aagaard i Dreiøe, wzięło dzień wolny w pracy, aby uczestniczyć w tym przedsięwzięciu. Pod czujnym okiem pary lokalnych archeologów podążali za koparką, która posuwała się w kierunku tego, co – jak mieliśmy nadzieję – miało okazać się nienaruszonym stanowiskiem archeologicznym.

Po zaledwie 20 min Dreiøe wydał triumfalny okrzyk. Archeolodzy i poszukiwacze zgromadzili się wokół niego, wpatrując się w rzymską srebrną monetę zwaną denarem, którą trzymał w dłoni. „Dziś jest dzień jak moje urodziny, Nowy Rok i Boże Narodzenie w jednym" – powiedziała Aagaard.

W miarę upływu dnia w wiadrze ze znaleziskami Grundvada przybyło około 10 kolejnych monet z brązu i srebra, starannie opisanych i umieszczonych w osobnych woreczkach. Archeolog był jednak bardziej zainteresowany małym, zakrzywionym kawałkiem brązu, znalezionym przez Aagaard: fragmentem kielicha lub garnka, w którym mogły być zakopane monety. Istnieje nadzieja, że głęboko pod warstwą wzruszonej przez pług ziemi mogą znajdować się dowody osadnictwa.

Grundvad traktuje Dreiøe i Aagaard – którzy z zawodu są odpowiednio kierownikiem sprzedaży i psychologiem – jak kolegów. „Na początku", jak mówi Aagaard „zastanawialiśmy się, czy będą na nas patrzeć spode łba, bo dla nich archeologia to ich praca, a dla nas to weekendowe hobby. Ale z Larsem jest zupełnie raczej. To jeden z najmłodszych i najbardziej wziętych lokalnych archeologów.

Prawie każdego weekendu podczas sezonu poszukiwawczego Aagaard i Dreiøe zabierali swoje „maszyny czasu" w teren. Wysyłali zdjęcia swoich odkryć do Grundvada w celu natychmiastowej identyfikacji. „Nie chcę, żeby to zabrzmiało arogancko, ale przyzwyczailiśmy się do tego, że przynoszą bardzo ciekawe znaleziska" – mówi

eprasa.pl fd436c8696





Troels Taylor, poszukiwacz z Zelandii w Danii, ma tatuaże przedstawiające niektóre symbole ze swoich ulubionych odkryć (*z lewej*). Niedawno Taylor znalazł coś, co uważa za srebrną ozdobę z epoki wikingów, która miała być umieszczona na pochwie miecza (*pośrodku*). Odkrył również niewielki zbiór „siekanego srebra", fragmentów bryłek i monet, które były używane w handlu wikingów (*z prawej*).

Grundvad. Uważa, że Dreiøe, Aagaard i Nørgaard dodają splendoru jego małemu muzeum. Według Grundvada to zupełnie inne podejście niż to, które mają jego koledzy w Szwecji. „Szwedzkie władze uważają, że poszukiwacze metali niszczą znaleziska, wyrywają je z kontekstu. My uważamy, że je ratują".

NAJSTARSZE SKRZYDŁO Muzeum Narodowego w centrum Kopenhagi jest siedzibą duńskich urzędników oceniających skarby. Zadaniem kustoszy działu Danefæe jest identyfikacja tysięcy obiektów napływających z pól każdego roku i podejmowanie decyzji, które z nich są godne dołączenia do kolekcji muzeum – a które przyniosą ich znalazcom nagrodę pieniężną.

Chociaż poszukiwacze mogą teraz przesyłać zdjęcia i współrzędne GPS swoich znalezisk do dedykowanej aplikacji, proces identyfikacji pozostaje taki sam, jak 40 lat temu. Najlepszymi źródłami są grube katalogi, których marginesy wypełnione są ręcznie rysowanymi diagramami i adnotacjami sięgającymi lat 40. Jeśli wziąć pod uwagę różnorodność przedmiotów, które trafiają na ich biurka, od narzędzi kamiennych i broni z epoki brązu po biżuterię wikingów, kustosze potrzebują encyklopedycznej wiedzy o duńskiej prehistorii, aby wiedzieć, po którą księgę sięgnąć.

Kirstine Pommergaard wie, jaki styl broszy był popularny w 300 r. n.e. Potrafi na pierwszy rzut oka stwierdzić, czy moneta jest rzymskim solidem, czy dirhamem starożytnych kalifatów islamskich. „Trzeba kochać przedmioty i historie, które mogą opowiedzieć, żeby móc robić to, co my" – mówi.

Pommergaard jest kustoszem archeologii prehistorycznej i jednym z zaledwie trzech archeologów w kraju, którzy poświęcają się wdrażaniu prawa Danefæe na pełen etat. Od 2025 roku w tajnym „bezpiecznym schronieniu" czeka na ocenę ponad 50 tys. obiektów. „Każdy z nich jest ważnym elementem układanki, nawet jeśli nie jest wykonany ze złota lub jeśli mamy ich już tysiąc" – mówi. Ale Pommergaard najbardziej ceni przedmioty, których samo istnienie ujawnia nieprzewidziane powiązania.

Wszyscy kustosze byli oszołomieni, gdy poszukiwacz przyniósł pierścień z litego złota ozdobiony krwistoczerwonym granatem. Ale Pommergaard skupiła się na czymś, co wielu mogło przeoczyć w dążeniu do ustalenia

eprasa.pl fd436c8696

Czy można zasadnie oczekiwać, że każdy znalazca starożytnego skarbu przekaże go rządowym biurokratom? Tak, poszukiwacze znajdują różne inne sposoby, by nadal cieszyć się swoimi znaleziskami.

pochodzenia ozdoby: spodniej stronie oprawy pierścienia. Cztery delikatne zawijasy, których złotnik użył do przymocowania dwóch elementów składowych, były dla Pommergaard wyraźną wskazówką. Ta technika wytwarzania ozdób cechowała rzemieślników frankijskich żyjących w czasach Merowingów, dynastii królewskiej, która wykorzystywała dyplomację małżeńską do konsolidacji władzy w Europie Środkowej po upadku Cesarstwa Rzymskiego. Zakładane na kciuk pierścienie o podobnej konstrukcji, tłumaczy Pommergaard, znajdowano w grobowcach kobiet z dynastii Merowingów o najwyższym statusie – cesarzowych lub królowych.

Czy pierścień mógł być łupem wojennym? Kamień mówi co innego. Chociaż królowe Merowingów nosiły pierścienie sygnetowe, czerwone kamienie były symbolem władzy wśród ludów Skandynawii. „Musiał być ktoś w Emmerlev, kto był wystarczająco ważny, aby wydać za mąż za kogoś z dynastii Merowingów jedną ze swoich córek" – mówi Pommergaard, odnosząc się do wioski położonej najbliżej miejsca, w którym znaleziono pierścień. Przed odkryciem pierścienia Emmerlev było znane jedynie jako ośrodek handlu bydłem, który działał w XVI wieku.

Pommergaard marzyła o pracy ze starożytnymi przedmiotami, odkąd w wieku siedmiu lat znalazła ze swoim dziadkiem połowę kamiennego topora na duńskiej wyspie Fyn. Ale, czego prawdopodobnie nie przewidziała, a co wydaje się jej najmniej ulubioną częścią pracy, to konieczność ustalenia ceny bezcennego przedmiotu.

To zespół pracujący nad Danefæe ustala nagrodę dla znalazcy za każdy przedmiot wybrany do kolekcji muzeum. Większość wypłat jest dość skromna i znacznie niższa od tego, co przedmioty mogłyby osiągnąć na czarnym rynku – 250 lub 350 koron (około 40 lub 50 dolarów) to typowa opłata za znalezienie monety z XII lub XIII wieku. Jednak szczególnie cenne artefakty mogą przynosić oszałamiające kwoty. Aagaard, Dreiøe i Nørgaard otrzymali nieco ponad milion koron za skarb pierścienia przysięgi, co stanowi równowartość około 150 tys. dolarów. Ginnerup – odkrywca złotego brakteatu z imieniem Odyna – odmówił podania kwoty, jaką otrzymał za swój skarb. „Muzeum Narodowe podkreśla, że nie należy rozmawiać o pieniądzach" – twierdzi.

Pommergaard mówi, że nie wolno jej omawiać, w jaki sposób ustalają wypłaty, a jedynie, że biorą pod uwagę wartość historyczną i stan artefaktu oraz staranność, jaką znalazca włożył w jego odnalezienie. Łącznie duńscy poszukiwacze skarbów otrzymali równowartość 1,3 mln dolarów w 2023 roku w porównaniu z zaledwie 130 tys. dolarów w 2012. Pod względem technicznym nie ma żadnych ograniczeń – prawo nie określa górnego limitu wypłat z tytułu Danefæe. Ale tego samego nie można powiedzieć o budżecie przeznaczonym na podobne odkrycie dla archeologów.

Obecnie, jak twierdzi Pommergaard, średni czas oczekiwania w przypadku każdego artefaktu opracowywanego przez zespół Danefæe wynosi „przynajmniej 2,5 roku" od momentu, gdy obiekt dotrze do ich drzwi, ale ten okres nie obejmuje czasu, jaki artefakty spędzają na ewaluacji w lokalnych muzeach, które nie otrzymują finansowania dedykowanego dla Danefæe. Ponieważ lokalne muzea zmagają się z oceną znalezisk dostarczanych przez poszukiwaczy amatorów, ryzykują utratą okazji do zidentyfikowania miejsc, takich jak kompleks Vaarst, zanim zostaną utracone w wyniku zabudowy lub działania pługów, mówi Trier.

Długi czas ewaluacji oznacza również, że niektórzy szczególnie sprawni poszukiwacze mają dziesiątki tysięcy koron w nagrodach zamrożonych w systemie, czasami nawet na dziesięciolecie. Jednak archeolodzy i amatorzy zgadzają się, że poszukiwacze nie robią tego dla pieniędzy. „Godzina po godzinie lepiej byłoby zbierać puszki z pobocza drogi i oddawać je za opłatę recyklingową" – mówi Troels Taylor, wieloletni poszukiwacz z Zelandii. Niemniej jednak „jesteśmy wdzięczni za nasz system, dzięki któremu otrzymujemy niewielką nagrodę za ogromną pracę i wysiłek, które wkładamy" – dodaje. Poszukiwacze chcieliby jednak mieć pewność, że ich znaleziska są badane i wykorzystywane do badań. Jeśli nie, z chęcią by je wyeksponowali w swoich domach.

Czy można zasadnie oczekiwać, że każdy znalazca starożytnego skarbu przekaże go rządowym biurokratom? Tak, poszukiwacze znajdują różne inne sposoby, by nadal cieszyć się swoimi znaleziskami. Taylor, podobnie, jak wielu innych poszukiwaczy, ma kilka tatuaży na ciele, w tym jeden wizerunek ze znalezionego przez siebie pasa, przedstawiający wijące się na jego przedramieniu dwa stylizowane zwierzęta. Inni poszukiwacze, tacy jak znalazca królewskiego pierścienia z Emmerlev, zatrudniają jubilerów, aby wykonali kopie ich skarbów.

Program Danefæe zapewnia ogromny zwrot z inwestycji z perspektywy duńskiego rządu, mówi Trier. Prywatni poszukiwacze spędzają tysiące godzin w terenie, a podatnicy płacą im tylko wtedy, gdy zostanie odkryte coś niezwykłego. Jednak narastająca frustracja związana z czasem oczekiwania grozi klęską programu. „Nasz system działa naprawdę dobrze, ale funkcjonuje tylko dlatego, że poszukiwacze czują, że są potrzebni i że traktujemy ich poważnie" – twierdzi Trier. Obawia się jednak, że jeśli czas oczekiwania się wydłuży, zaufanie poszukiwaczy może zostać nadwerężone. „System będzie działać tylko tak długo, jak długo my, archeolodzy, będziemy wypełniać swoją część umowy".

Choć wielu poszukiwaczy uważa, że nawet mimo tak frustrującego oczekiwania niewielka jest szansa, by kiedykolwiek chcieli zrezygnować ze swojego hobby. „Dopóki będę mógł chodzić i kopać w ziemi – mówi Ginnerup – nie porzucę pracy z moim wykrywaczem metali". ■

Z NASZEGO ARCHIWUM

Deszyfranci starożytnego zwoju. Tomas Weber; maj 2024.

eprasa.pl fd436c8696



Po tym, jak poszukiwacze znaleźli rzymskie monety na polu uprawnym w duńskim Vejen, lokalni archeolodzy zorganizowali formalne wykopaliska, mając nadzieję na znalezienie większej liczby artefaktów.



ZRÓWNOWAŻONY ROZWÓJ

Nowe zagrożenie dla pszczół

Naukowcy ścigają się z czasem, by powstrzymać śmiercionośnego pasożyta, który może zdziesiątkować owady zapylające i zagrozić uprawom ponad 130 gatunków roślin

HANNAH NORDHAUS

eprasa.pl fd436c8696



Młoda pszczoła, wrażliwa na pasożytniczy roztocz, opuszcza swoją komórkę w ulu.

eprasa.pl fd436c8696

SAMMY RAMSEY MIAŁ TRUDNOŚCI ze zdobyciem ważnej informacji. Był rok 2019, a on przebywał w Tajlandii, prowadząc badania nad pasożytami, które zabijają pszczoły. Nie potrafił jednak nakłonić do rozmowy pewnego tajskiego pszczelarza. W okolicznych pasiekach Ramsey widział ule opanowane przez blade, przypominające kleszcze stworzenia – mniejsze od końcówki zaostrzonego ołówka – poruszające się z absurdalnie dużą prędkością. Na każdego pasożyta widocznego na powierzchni ula przypadało znacznie więcej ukrytych wewnątrz, żerujących na młodocianych pszczołach. Jednakże pszczoły w ulach tego uparcie milczącego pszczelarza były zdrowe. Ramsey, który jest z wykształcenia entomologiem, bardzo chciał się dowiedzieć dlaczego.

Te drobne pasożyty to azjatyckie roztocza z rodzaju *Tropilaelaps* atakujące pszczoły miodne. W 2024 roku ich obecność została po raz pierwszy potwierdzona w Europie. Naukowcy są przekonani, że wkrótce dotrą one także do obu Ameryk. Niewielkie stworzenia mogą doprowadzić do gwałtownego załamania populacji amerykańskich pszczół miodnych, co z kolei miałoby katastrofalne skutki dla rolnictwa na całym kontynencie. Pszczoły miodne to niezastąpieni pracownicy sektora rolnego. Przewożone przez pszczelarzy z jednego pola na drugie, wspierają uprawy ponad 130 gatunków roślin – od orzechów, drzew owocowych i warzyw, po lucernę wykorzystywaną jako pasza dla bydła – o łącznej wartości przekraczającej 15 mld dolarów rocznie. Gdyby roztocza zabiły te pszczoły, straty dla gospodarki rolnej byłyby niewyobrażalne.

Inne regiony świata już wcześniej doświadczyły skutków obecności tego pasożyta. W latach 60. i 70. roztocza przemierzyły Azję Południowo-Wschodnią i Indie. Ponieważ tamtejsze gospodarstwa rolne są mniejsze i bardziej zróżnicowane niż wielkoobszarowe farmy w USA, straty odczuli głównie pszczelarze, którzy wkrótce po pojawieniu się *Tropilaelaps* zaczęli tracić całe pasieki. Pasożyt rozprzestrzenił się później na północną Azję, Bliski Wschód, Oceanię oraz Azję Środkową. A teraz dotarł do Europy. To odkrycie wywołało alarm również po drugiej stronie Atlantyku, jako że ocean już nie stanowi skutecznej bariery. Roztocza mogą podróżować na statkach wraz z przemycanymi lub legalnie importowanymi pszczołami. „Rozprzestrzenianie się *Tropilaelaps* tak przyspieszyło, że nikt już nie może zaprzeczyć, że szkodnik zmierza w naszą stronę" – powiedział Ramsey, obecnie adiunkt na University of Colorado w Boulder, w podcaście *Beekeeping Today* w 2023 roku.

Ramsey, drobny i pełen energii – podobnie jak stworzenia, które bada – udał się do Tajlandii w 2019 roku, by zdobyć informacje na temat metod stosowanych przez tamtejszych pszczelarzy, którzy żyli z roztoczami od dziesięcioleci, a mimo to potrafili utrzymać swoje pszczoły przy życiu. Jednak milczący pszczelarz, z którym Ramsey chciał o tym porozmawiać, niechętnie dzielił się informacjami. Być może obawiał się, że wścibski cudzoziemiec zdradzi jego pszczelarskie sekrety.

Wtedy jednak syn pszczelarza klepnął ojca w ramię. „Myślę, że to on jest tym czarnym Tajem" – powiedział, wskazując na Ramseya. Na telefonie odpalił filmik, na którym alter ego Ramseya z YouTube'a – „Czarny Taj" – śpiewa tajską piosenkę popową z nutą gospel. Ramsey, który jest czarnoskóry i przedstawia się jako „naukowiec, chrześcijanin, queer, wokalista", nauczył się tajskiego, oglądając tajskie filmy i teledyski. Teraz to nietypowe hobby zaczęło się bardzo przydawać.

Milczący dotąd pszczelarz zaczął mówić. „Jego twarz rozjaśniła się – wspomina Ramsey. – Nagle stał się bardzo rozmowny." Opisał szczegółowo technikę, którą stosował, by ograniczyć populację roztoczy. Wykorzystywał kwasu mrówkowy, który jest naturalnie wytwarzany przez mrówki. Ramsey sądzi, że ta substancja może odegrać kluczową rolę w walce z roztoczami, które są zagrożeniem jednocześnie mikroskopijnym i ogromnym.

RAMSEY PO RAZ PIERWSZY ZOBACZYŁ roztocza *Tropilaelaps* w 2017 roku, również w Tajlandii. Przyjechał tam, by badać innego groźnego pasożyta pszczół miodnych, którym jest również roztocz dręcz pszczeli *Varroa destructor*. Jednak gdy otworzył swój pierwszy ul, zamiast dręcza zobaczył wstrząsające skutki aktywności *Tropilaelaps*. Zahamowane w rozwoju pszczoły pełzały po ramkach ula, a kolejne pokolenie – poczwarki w kokonach – patrzyło ciemnymi oczami z sześciokątnych komórek wystawionych na działanie warunków zewnętrznych po tym, jak pszczoły opiekunki w desperackiej obronie kolonii odgryzły zakażone wieczka. Przy wejściach do uli drżące pszczoły leżały na ziemi albo zataczały pijackie kręgi. Ich skrzydła i odnóża były zdeformowane, odwłoki zniekształcone, a ciała miały tłusty połysk w miejscach, gdzie starły się włoski. Kolonia była skazana na zagładę. „Powiedziano mi, że tej nie da się już uratować" – mówi Ramsey. Nigdy wcześniej nie widział czegoś podobnego.

Kiedy wrócił do domu, zaczął zgłębiać temat roztoczy. Nie znalazł jednak zbyt wielu informacji. W Azji

INGO ARNDT (*poprzednie strony*)

Hannah Nordhaus publikuje artykuły na temat bioróżnorodności, historii i przyrody w „National Geographic", „Wired", „Outside" i „Wall Street Journal". Jest autorką książek *The Beekeeper's Lament* (2011) i *American Ghost* (2015), wydanych przez HarperCollins. Nordhaus jest National Geographic Storytelling Fellow and Explorer oraz Journalist in Residence University of Colorado Boulder.

eprasa.pl fd436c8696





Południowo-Wschodniej mniej więcej w połowie ubiegłego wieku dwa z czterech znanych gatunków *Tropilaelaps* – *T. mercedesae* i *T. clareae* – przeskoczyły na europejskie pszczoły miodne z pszczoły olbrzymiej (*Apis dorasta*), z którą współewoluowały w tamtym regionie. W naturalnym środowisku pasożyty nie zabijają swoich żywicieli „z tego samego powodu, dla którego nikt z nas nie chce spalić własnego domu", powiedział Ramsey podczas konferencji pszczelarskiej w 2023 roku. „Bo sam w nim żyje"

Azjatyckie pszczoły olbrzymie – gatunek niewykorzystywany w komercyjnym pszczelarstwie – już dawno temu wykształciły z roztoczami formę współistnienia. Inaczej było z europejskimi pszczołami, które azjatyccy pszczelarze hodowali dla miodu – te były zupełnie nieprzygotowane na kontakt z pasożytami. Kiedy roztocza trafiały na kolonię takich pszczół, niemal zawsze kończyło się to jej zagładą. Ponieważ ule są zwykle łączone w pasieki i przemieszczane masowo z miejsca na miejsce, pasożyt mógł przetrwać zagładę jednej kolonii, przenosząc się do kolejnej. „W naturalnych warunkach sam by się unicestwił – powiedział Ramsey. – Myśmy mu jednak pomogli."

Utrzymywany przy życiu przez pszczelarzy roztocz rozprzestrzeniał się najpierw po Azji, potem przemierzył Bliski Wschód, aż w końcu dotarł ostatnio do granicy Ukrainy z Rosją oraz do Gruzji. „Rozprzestrzenia się na zachód, na wschód, na północ" – mówi Olav Rueppell, biolog z University of Alberta specjalizujący się w badaniach pszczół miodnych. Jego zbliżanie się do Europy budzi coraz większe obawy, podkreślają zarówno Ramsey, jak i Rueppell. Kanada w przeszłości importowała pszczele królowe z Ukrainy. Gdyby roztocz dostał się do Kanady wraz z ukraińskimi pszczołami, w ciągu paru tygodniu lub najwyżej kilku miesięcy przekroczyłby północną granicę USA.

Uprawy migdałowców należałyby do najbardziej dotkniętych skutkami takiej inwazji. Co roku w lutym dwie trzecie amerykańskiej populacji pszczół użytkowych – około 2 mln rodzin – jest transportowanych ciężarówkami do Doliny Kalifornijskiej, aby zapylać ponad 600 tys.

Maleńki roztocz *Tropilaelaps* (*u góry*) pełznie po pszczole z lewej. Entomolog Samy Ramsey (*powyżej*) mówi, że te pasożyty mogą zniszczyć populację amerykańskich pszczół.

SYZYGY MEDIA

eprasa.pl fd436c8696



Roztocz *Tropilaelaps* z bliska

hektarów migdałowców. Bez pszczół plony migdałów drastycznie spadają. Inne uprawy, jabłoni, czereśni, borówki amerykańskiej, a także niektórych owoców pestkowych i winorośli, również w dużym stopniu zależą od zapylania przez pszczoły. Choć ich brak nie doprowadziłby nas do głodu – kukurydza, pszenica czy ryż są zapylane przez wiatr – to owoce i orzechy, podobnie jak warzywa, takie jak brokuły, marchew, seler, ogórki, czy zioła, stałyby się znacznie trudniejsze w uprawie i droższe. Co więcej, ponieważ hodowla bydła opiera się na paszach, takich jak lucerna i koniczyna, również mięso i produkty mleczne wyraźnie by podrożały.

WIELU EKSPERTÓW UWAŻA, że szkody wywołane przez *Tropilaelaps* mogą być znacznie większe niż te spowodowane przez ich poprzedników – roztocza *Varroa destructor*. Obecność tego pasożyta zanotowano w Stanach Zjednoczonych po raz pierwszy w 1987 roku – pszczelarz z Wisconsin zauważył rdzawobrązowe, kleszczopodobne stworzenie uczepione grzbietu jednej z jego pszczół. Podobnie jak *Tropilaelaps*, *Varroa* pochodzą z Azji i rozprzestrzeniły się na cały świat. Początkowo pszczelarze zdołali utrzymać kolonie przy życiu, stosując łatwe w użyciu syntetyczne pestycydy. Jednak do 2005 roku roztocza wykształciły odporność na te środki, co zapoczątkowało falę strat, która z czasem przerodziła się w prawdziwe tsunami. Obecnie każdego roku ginie od jednej czwartej do połowy populacji pszczół w USA, zmuszając pszczelarzy do nieustannego kupowania nowych „pakietów" pszczół i matek, by odbudować utracone kolonie. Ostatniej zimy średnie straty sięgały 70%. Naukowcy są zgodni, że za większość nich odpowiadają *Varroa*, osłabiające pszczoły i czyniące je podatnymi na wiele zagrożeń środowiskowych – od wirusów przenoszonych przez pasożyty przez infekcje grzybicze, aż po działanie pestycydów. „Dawniej jeśli straciliśmy 8% rodzin pszczelich, był to powód do przekleństw i nieustannych narzekań. Dziś ludzie byliby szczęśliwi, gdyby to było tylko tyle" – mówi pszczelarz John Miller, członek zarządu Project Apis m. (PAm), organizacji badawczej będącej wspólnym przedsięwzięciem branży pszczelarskiej i migdałowcowej, jednego z pierwszych sponsorów badań Ramseya.

Kiedy Ramsey w 2014 roku dołączył jako doktorant do zespołu naukowego w laboratorium pszczół na University of Maryland, zaczął badać roztocza *Varroa*. Odkrył, że pasożyty te żywią się nie hemolimfą dorosłych pszczół – płynem ustrojowym przypominającym krew – jak sądzono przez pokolenia, ale tzw. ciałami tłuszczowymi, czyli narządami pełniącymi funkcję podobną do wątroby. „Przez ostatnie 70 lat badania nad roztoczami *Varroa* opierały się na błędnych założeniach" – mówi Ramsey. (Niedawno opublikowane badania wskazują jednak, że roztocza podczas rozmnażania w rozwijającym się czerwiu odżywiają się również hemolimfą.)

Odkrycie Ramseya pomogło wyjaśnić, dlaczego roztocza *Varroa* tak bardzo zwiększają ryzyko innych zagrożeń zdrowotnych pszczół miodnych – pestycydów, patogenów oraz niedożywienia. Układ odpornościowy i system detoksykacji pszczół znajdują się właśnie w ciałach tłuszczowych, które dodatkowo magazynują składniki odżywcze niezbędne do wzrostu oraz do syntezy białek i tłuszczów. „Wątroby" pszczół chronią je przed działaniem pestycydów – wyjaśnia Ramsey. Jednak gdy roztocza *Varroa* zaatakują pszczele „wątroby", owady giną w wyniku działania pestycydów, które normalnie nie byłyby dla nich śmiertelne.

Obecnie Ramsey zajmuje się zarówno roztoczami *Tropilaelaps*, jak i tymi z rodzaju *Varroa*. Kontynuuje badania nad metodami ich zwalczania oraz prowadzi zajęcia z entomologii i komunikacji naukowej w Boulder. Od czasu, gdy po raz pierwszy wystąpił jako Czarny Taj, stał się również „Dr. Sammy" – cenionym popularyzatorem nauki, który wykorzystuje rosnące zasięgi w mediach społecznościowych, aby alarmować o zagrożeniach ze strony pasożytów.

W kwietniu 2024 roku, gdy obserwowałem, jak Ramsey prowadzi seminarium dla doktorantów, zadzwonił jego zegarek. „W moim laboratorium włączył się alarm zamrażarki" – powiedział. Temperatura wydawała się odbiegać od normy. Wspięliśmy się po schodach do jego laboratorium z widokiem na uniwersyteckie boiska piłkarskie i sprawdziliśmy zamrażarkę. Nic nie wskazywało, że coś złego się dzieje. Wewnątrz w pudełkach znajdowało się obszerne archiwum pszczół miodnych oraz roztoczy, które na nich pasożytują. Ramsey wyjął probówkę z roztoczami *Tropilaelaps*.

Łatwo było dostrzec ogrom – a właściwie mikroskopijność – problemu. Roztocza mają około pół milimetra szerokości, czyli są trzy razy mniejsze od *Varroa*. „Są na granicy tego, co jesteśmy w stanie zobaczyć gołym okiem" – mówi Ramsey. Oglądane na wideo poruszają się tak szybko, że wydaje się, jakby nagranie zostało przyspieszone dwu- lub trzykrotnie. W przeciwieństwie do roztoczy *Varroa*, które są brunatnoczerwone i stosunkowo łatwe do zauważenia, *Tropilaelaps*

SZYGY MEDIA

eprasa.pl fd436c8696

Pochód zabójczych roztoczy

Dwa pasożytnicze gatunki roztoczy *Tropilaelaps mercedesae* i *T. clareae* w latach 60. i 70. zaczęły zabijać pszczoły w Azji Południowo-Wschodniej i Indiach. Roztocza pasożytują na larwach pszczół. Pszczelarze z tych regionów walczą z plagą poprzez niszczenie zakażonych pszczelich kolonii. Mimo to roztocza dotarły już do Oceanii, północnej i środkowej Azji oraz na Bliski Wschód. Ich obecność zauważono na granicy Ukrainy z Rosją oraz w Gruzji. Naukowcy obawiają się, że następne w kolejce są olbrzymie pasieki w Ameryce.



są „niemal pozbawione koloru”, mówi Natasha Garcia-Andersen, biolożka z Waszyngtonu, która w styczniu 2024 roku pojechała do Tajlandii z grupą północnoamerykańskich inspektorów pasiek, aby poznać te roztocza. „Widzisz je, ale nie wiesz, czy to roztocz, brud, czy może jakiś okruch.”

Wyprawę do Tajlandii poprowadził Geoff Williams, entomolog z Auburn University. „Jest spora szansa, że to właśnie inspektorzy jako pierwsi zidentyfikują roztocza *Tropilaelaps* w Ameryce Północnej” – mówi Williams. Ta podróż pozwoliła im przekonać się na własne oczy, z jakim przeciwnikiem mogą się niebawem zmierzyć. „To naprawdę dawało do myślenia, kiedy inspektorzy z wyraźnym zdumieniem przyglądali się roztoczom i dziwili się, że są takie małe.”

Zamiast szukać samych roztoczy, tajscy pszczelarze diagnozują obecność *Tropilaelaps* na podstawie obserwacji zachowania i stanu pszczół” – mówi Samantha Muirhead, ekspertka od apikultury zatrudniona przez władze kanadyjskiej prowincji Alberta i zarazem jedna z inspektorek uczestniczących w wyprawie do Tajlandii. „Widzisz zniszczenia: odkryte komórki czerwi, pogryzione poczwarki, chorujące dorosłe osobniki” – wylicza. Niedoświadczony pszczelarz z Ameryki Północnej prawdopodobnie przypisałby te objawy roztoczom *Varroa*. „Trzeba zmienić sposób patrzenia” – podkreśla.

Zespół Williamsa z Auburn University poszukuje alternatywnych metod wykrywania roztoczy. Naukowcy pracują nad testem eDNA (środowiskowe DNA), który wykrywałby w ulach DNA należące do *Tropilaelaps*. Inspektorzy pobieraliby próbki z ramek znajdujących się w wyznaczonych do monitoringu „ulach strażniczych”. Jednakże takie systematyczne monitorowanie obecności *Tropilaelaps* z wykorzystaniem tej metody to wciąż bardzo odległa w czasie perspektywa.

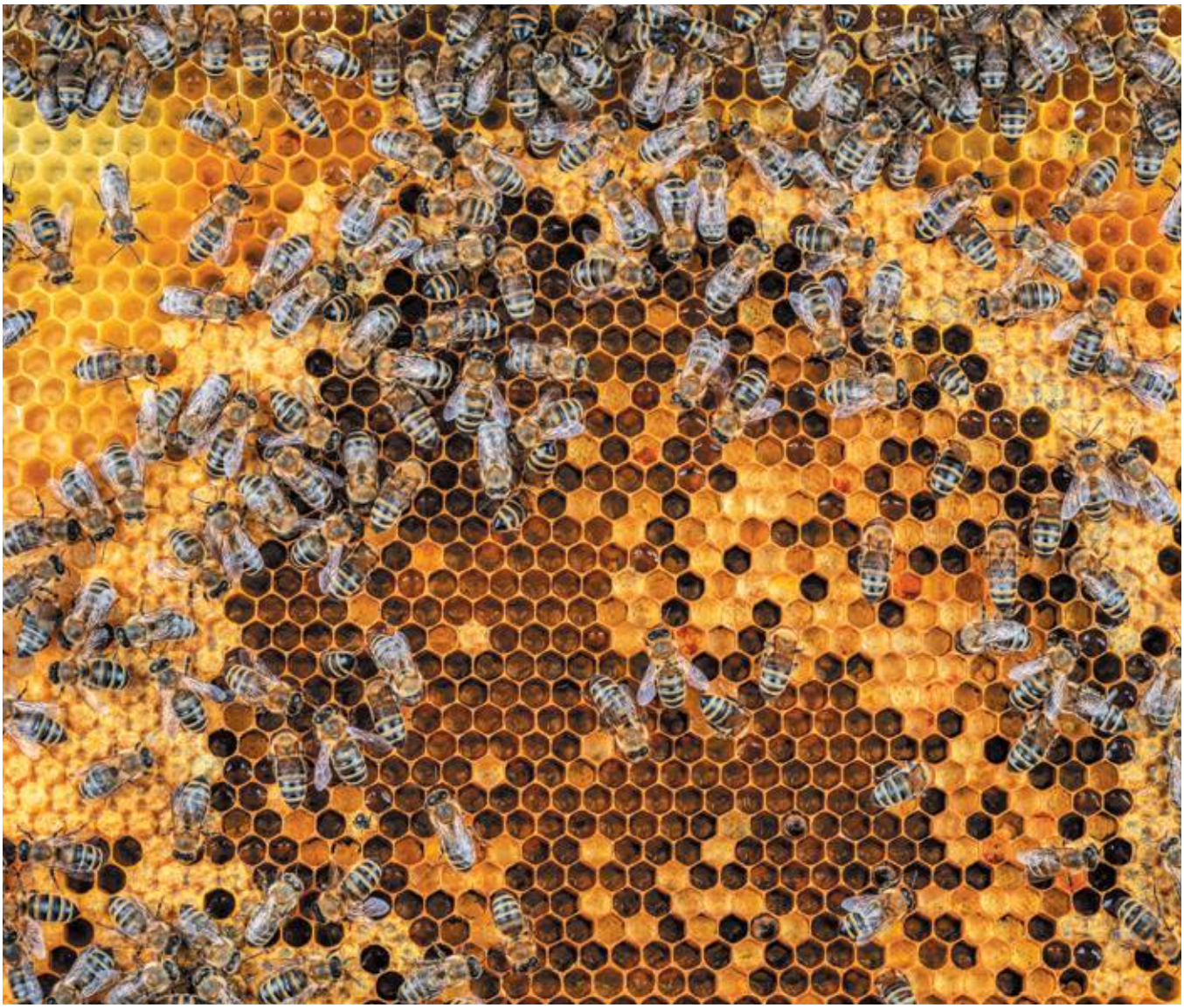
NA RAZIE NAUKOWCY PRÓBUJĄ opracować plan działania wobec zagrożenia, którego jeszcze nie rozumieją. „Jest ogromna luka w wiedzy” – mówi Randy Oliver, pszczelarz i badacz z Kalifornii. Naukowcy nie wiedzą, jak roztocza rozprzestrzeniają się między koloniami. Gdzie trafiają, gdy kolonia się roi? Nikt nie ma pojęcia. Czy mogą infekować inne wrażliwe gatunki pszczół? Czy żywią się ciałami tłuszczowymi, hemolimfą, jakąś kombinacją obu, czy też zupełnie czymś innym? Badania pokazują, że roztocza *Tropilaelaps* przenoszą co najmniej dwa z wirusów, które przenosi *Varroa*. Ile jeszcze mogą przenosić? „Do pewnego stopnia to właśnie brak dostatecznej wiedzy sprawia, że działamy w pośpiechu” – mówi Rueppell.

Dotychczasowe badania nad *Varroa* dostarczają pewnych wskazówek poprzez analogię, ale pomiędzy tymi dwoma pasożytami jest wiele różnic. Na przykład populacje *Varroa* podwajają się w ciągu miesiąca, podczas gdy populacje *Tropilaelaps* – w ciągu zaledwie kilku dni. *Varroa* zazwyczaj gryzą swoje pszczele ofiary tylko raz; natomiast roztocza tropi żywią się, zadając wiele ran, co prowadzi do wykształcenia się wyniszczającej bliznowatej tkanki. Przez wiele lat naukowcy sądzili, że roztocza *Tropilaelaps* nie są w stanie przetrwać w chłodniejszym klimacie, takim jak północne rejony USA, ponieważ mają istotną wadę ewolucyjną w porównaniu z *Varroa*: mogą żerować tylko na rozwijających się pszczołach, gdyż ich małe aparaty gębowe nie przebijają egzoszkieletów dorosłych osobników. Królowe przestają składać jaja w zimnych miesiącach, więc teoretycznie roztoczom *Tropilaelaps* powinno brakować pożywienia, aby przetrwać zimę. Jednakże około dekadę temu roztocza te odkryto w chłodniejszych rejonach Korei, a później także w północnych Chinach i Gruzji. „Myśleliśmy, że nie przetrwają zimy

ŹRÓDŁO: Mallory Jordan, Stephanie Rogers, Auburn University, 5 listopada 2024 , mapa przygotowana dla Apiary Inspectors of America (*źródło*); Dane dostarczyli: Rogan Tokach, Dan Aurell, Geoff Williams/Auburn University; Samantha Brunner/North Dakota Department of Agriculture; Natasha Garcia Andersen/District of Columbia

Mapa Daniel P. Huffman

eprasa.pl fd436c8696



Pszczoły na plastrze sześciokątnych komórek, z których część jest wypełniona miodem i pyłkiem.

INGO ARNDT

w koloniach zimujących” – mówi Jeff Pettis, były naukowiec Departamentu Rolnictwa USA, obecnie szef Apimondii, międzynarodowej federacji pszczelarskiej. „Wiemy już, że są w stanie przeżyć zimę” – dodaje. Naukowcy nie wiedzą, w jaki sposób tego dokonują.

Według jednej z teorii, roztocza mogą przenosić się na myszy lub szczury, które zimą wchodzą do uli – już w pracy z 1961 roku, w której po raz pierwszy opisano *Tropilaelaps*, obecność roztoczy odnotowano u szczurów z Filipin. Badacze rozważają też inne hipotezy dotyczące zagadki udanego zimowania tych małych pajęczaków. Być może żerują wtedy na innych szkodnikach przebywających w ulu, takich jak chrząszcze ulowe czy ćmy barciaki większe.

Inna możliwość, na którą wskazują badania Williamsa, jest taka, że w chłodniejszym klimacie może jednak przetrwać pewna ilość larw pszczelich – wystarczająca, by wyżywić roztocza. Jego zespół znalazł zimą niewielkie ilości czerwiu w woskowych komórkach w ulach w takich północnych lokalizacjach, jak stany Nowy Jork oraz stan Oregon. „Mam przeczucie, że w takich koloniach trochę larw może przetrwać całą zimę” – mówi Williams.

W 2022 ROKU RAMSEY WRÓCIŁ do Tajlandii i założył kilka pasiek badawczych w ramach inicjatywy „Fight the Mite” („Walcz z roztoczem”), aby testować różne metody zwalczania roztoczy tropi. Nie jest to łatwe zadanie. Podczas gdy roztocza *Varroa* spędzają znaczną część swojego życia na dorosłych pszczołach, roztocza *Tropilaelaps* żyją przede wszystkim wewnątrz komórek czerwia, gdzie są chronione przed większością pestycydów, które nie przenikają przez zamknięte woskiem sześciokątne komórki.

Ramsey dowiedział się od tajskich pszczelarzy, których spotkał podczas wizyty w 2019 roku, że wielu z nich używa kwasu mrówkowego – związku znajdującego się w jadzie mrówek – potrafiącego przenikać do zamkniętych komórek. Pszczelarze maczali mieszadełka do farby w przemysłowych pojemnikach z tym preparatem i wsuwali je pod wejścia do uli. Opary przenikały przez woskowe zasklepki i zabijały roztocza.

eprasa.pl fd436c8696

W 2022 roku. Ramsey eksperymentował z różnymi stężeniami kwasu oraz metodami jego aplikacji i odkrył, że ta metoda działa, choć sama substancja jest bardzo lotna, żrąca i trudna w aplikacji. Jest ponadto szkodliwa zarówno dla pszczół, jak i dla pszczelarzy. Z kolei w jego testach „terapie cieplne" polegały na podgrzewaniu uli do temperatury powyżej 38°C przez ponad dwie godziny. Również znacznie zmniejszały populacje roztoczy.

Równocześnie Williams bada, jak w walce z roztoczami sprawdzają się „techniki kulturowe", czyli radykalne przerywanie cyklu rozmnażania pszczół. Pszczelarze w Tajlandii zwykle hodują znacznie mniejsze kolonie liczące stosunkowo niewiele uli w porównaniu z wielkimi komercyjnymi pasiekami w Ameryce Północnej. Gdy obciążenie roztoczami staje się dla kolonii zbyt duże, tajscy pszczelarze całkowicie usuwają larwy i zaczynają od nowa. „Nie boją się wyrzucać całych ramek z czerwiem" – mówi Williams.

Takie metody są trudne do zastosowania w przypadku amerykańskiej przemysłowej skali apikultury. Jednak duże komercyjne pasieki, które liczą od kilkudziesięciu do nawet dziesiątek tysięcy kolonii, mogą wdrożyć inne rozwiązania, na przykład umieszczać wszystkie ule na kilka tygodni w chłodniach, aby wymusić w ten sposób przerwę w rozmnażaniu się pszczół. Najprawdopodobniej najbardziej skuteczna metoda opierać się będzie nie na jednym rozwiązaniu, ale na kombinacji kilku – użyciu substancji chemicznych, metod termicznych oraz wstrzymywaniu cyklu rozmnażania. Celem jest zapobieżenie rozwojowi oporności u roztoczy. „Aby je pokonać, trzeba zmieniać metody walki" – mówi Oliver.

Te różnorodne strategie pokazują, jak ważne jest takie wielotorowe podejście oraz – jak podkreśla Ramsey – zaangażowanie naukowców o różnych specjalizacjach. „Badając owady i pajęczaki, badamy różnorodność – mówi Ramsey. – Nie ma przypadku w tym, że ta najbardziej liczne i ekspansywne gromady zwierząt na Ziemi są zarazem najbardziej zróżnicowane. Jedną z kluczowych cech różnorodności jest zdolność rozwiązywania problemów na różne sposoby." Aby powstrzymać roztocza *Tropilaelaps*, naukowcy muszą im się przyglądać z każdej możliwej strony.

PEWNEGO POPOŁUDNIA pod koniec maja 2024 roku Ramsey, ubrany w ochronny kombinezon, otworzył testowy ul ustawiony we wschodniej części Boulder. Mieliśmy już za sobą ostatni zimny dzień tej wiosny i wszystko naraz rozkwitło. Wokół zieleniły się łąki, a w oddali widać było skaliste góry. Nad naszymi głowami wielkie trzmiele przelatywały z kwiatu na kwiat robinii akacjowej, unosząc się w powietrzu niczym ciemne sterowce.

To były te „dopieszczone" pszczoły Ramseya – kontrolna kolonia, z którą porównywano ule silniej zaatakowane przez pasożyty. Oczywiście były one wolne od roztoczy *Tropilaelaps*, od których wciąż dzieli nas ocean, ale regularnie poddawano je kuracjom przeciw *Varroa*. Jednak gdy Ramsey wyjął pierwszą ramkę, zauważył wiele chorych pszczół. „Ta młoda pani ewidentnie ma wirusa" – powiedział, wskazując na „tłusty", przedwcześnie łysiejący odwłok jednej z pszczół. Potem pokazał mi groźną, krwistoczerwoną kropkę między skrzydłami innej pszczoły – roztocze *Varroa*. Pszczoły były nerwowe, latały chaotycznie, a w ramce brakowało wielu heksagonalnych komórek z larwą w środku. Ramsey zaśpiewał do nich swym gospelowym tenorem, dmuchając w ul dymem. „Wygląda na to, że nawet nasze najlepsze sposoby zwalczania *Varroa* zaczynają zawodzić" – stwierdził, przyglądając się następnej ramce.

Amerykańskie pszczelarstwo opiera się na obfitości – wielkiej liczbie uli, rozległych polach kwiatowych, kadziach z miodem, tętniących życiem rodzinach pszczelich i bezmiarze woskowych plastrów z zasklepionym czerwiem. Tymczasem w Tajlandii, gdzie roztocza *Tropilaelaps* występują od dziesięcioleci, pszczelarstwo to często walka o przetrwanie – małe rodziny, skromna produkcja miodu, niezasklepiony czerw. Tamtejsi pszczelarze znacznie mniej martwią się *Varroa*, za to bardziej obawiają się *Tropilaelaps*, które dawno już wyparły *Varroa*.

Współczesne pszczoły miodne stoją przed wieloma zagrożeniami – ich rozmaitość przytłacza, a my nie jesteśmy przygotowani na żadne z nich. W 2023 roku wydział rolnictwa stanu Georgia potwierdził obecność szerszenia żółtonogiego (*Vespa velutina*) w USA. Podobnie jak szerszeń azjatycki (*Vespa mandarinia)*, zwany „mordercą", zauważony w stanie Waszyngton w 2019 roku i w zeszłym roku oficjalnie uznany za zwalczonego szerszeń żółtonogi to „prawdziwa bestia" – mówi Danielle Downey, dyrektorka wykonawcza PAm. Szerszeń, niczym jastrząb, zawisa przed wejściem do ula, by atakować powracające robotnice – urywa im głowy, odwłoki oraz skrzydła. Następnie zabiera okaleczony tułów do swojego gniazda. Wkrótce po pojawieniu się tego szerszenia w Europie pszczelarze zaczęli tracić od 50 do 80% rodzin. „On zjada wszystko. Szerszenie z jednego tylko gniazda mogą pożreć nawet 10 kg owadów – mówi Downey. – Zidentyfikowaliśmy wiele takich zagrożeń. Ile jeszcze wytrzymamy?"

Gdy wiosną 2024 roku opublikowano pierwsze badanie potwierdzające obecność roztoczy *Tropilaelaps* w Europie, Kanada zawiesiła import ukraińskich uli i matek pszczelich. Oznacza to, że na razie ten szlak do Ameryki Północnej jest zamknięty. Jednak handel – legalny lub nielegalny – może zostać wznowiony, a przy tak szybkim tempie rozmnażania się tych pasożytów wystarczy jedna samica, aby zainfekować cały kontynent. Dlatego ta ulga prawdopodobnie nie potrwa długo. „Znamy drogę i zagrożenie, jakie stanowi" – podkreśla Downey.

Pszczelarz z kolonią zainfekowaną roztoczami mógłby rozprzestrzenić je po całym kontynencie w ciągu roku; masowe wymierania rodzin pszczelich rozpoczęłyby się prawdopodobnie kilka miesięcy później. „To gorsze niż *Varroa* i nie sądzę, że kiedykolwiek będziemy na to w pełni przygotowani" – mówi Miller.

Jednak Ramsey i jego współpracownicy ścigają się z czasem, chcąc dokładnie poznać wszystkie dostępne opcje – kwas mrówkowy, ciepło, rotowanie, przerywanie cyklu rozmnażania, by być gotowym, gdy w końcu *Tropilaelaps* dotrze, co wydaje się nieuchronne. ■

Z NASZEGO ARCHIWUM

Na ratunek pszczole miodnej. Diana Cox-Foster, Dennis van Engelsdorp; maj 2009.

eprasa.pl fd436c8696



LEKCJA PRZYRODY

ŚRODOWISKO NATURALNE

Korpus Inżynieryjny Armii Stanów Zjednoczonych zachowuje się w nietypowy dla siebie sposób, a mianowicie współpracuje z przyrodą, zamiast ją niszczyć, jak to czynił przez dekady. Czy ten trend zwycięży?

ERICA GIES

fd436c8696

Woda zalewa miasto Pájaro w Kalifornii podczas powodzi 12 marca 2023 roku, gdy wezbrana po intensywnych deszczach rzeka Pájaro przerwała wały przeciwpowodziowe.

NGEROWANIE W PRZYRODĘ, polegające na pracach niwelacyjnych i wylewaniu betonu, było od zawsze przewodnią wizją Korpusu Inżynieryjnego Armii Stanów Zjednoczonych (U.S. Army Corps of Engineers). Przez 250 lat takie podejście wzbudzało zarówno podziw, jak i niechęć. „Z mojego punktu widzenia Korpus jedynie niszczył. Zachowywał się jak wróg" – mówi geomorfolog Julie Beagle, która na początku swojej kariery naukowej zajmowała się głównie naprawą ekosystemów zniszczonych przez »szarą« infrastrukturę, taką jak tamy i wały przeciwpowodziowe, zbudowaną przez Korpus. – Mój pierwszy szef miał na biurku tabliczkę z napisem Zabić Korpus". Dla licznych krytyków Korpusu jego aktywność sprawdzała się głównie do destrukcji.

Dlatego wiele osób nie kryło sceptycyzmu, gdy w 2010 roku Korpus Inżynieryjny ogłosił inicjatywę *Engineering with Nature (EWN)*, deklarując, że od tego momentu będzie działał w zgodzie z naturą, a nie przeciwko niej – była to szokująca zmiana podejścia. Inżynierowie i naukowcy coraz częściej odsuwają wały przeciwpowodziowe od koryt rzecznych i odtwarzają więzi pomiędzy rzeką a terenami zalewowymi. Wykorzystują osady pochodzące z pogłębiania dróg żeglugowych, co wzmacnia ulegające dezintegracji nadmorskie mokradła. Pozwalają rzekom, aby płynęły tymi drogami, które same wybiorą, przy jednoczesnej dbałości o zachowanie drożności szlaków żeglugowych.

Nie jest to duża inicjatywa – obecnie jest realizowanych siedem programów EWN rozproszonych w 43 okręgach Korpusu (pięć z nich ma charakter międzynarodowy). Zmiany te przekonały jednak cztery lata temu Beagle do odejścia z San Francisco Estuary Institute, gdzie wcześniej pracowała, i objęcia stanowiska koordynatora ds. planowania środowiskowego w korpusowym okręgu San Francisco. W tej chwili jest jednym z czterech „liderów praktyki środowiskowej", którzy uczą 37 tys. pracowników Korpusu, na czym polega EWN. Przykładem jej pionierskiej pracy jest duży projekt realizowany w dorzeczu rzeki Pájaro w środkowej Kalifornii. Planem jest wzmocnienie ochrony przeciwpowodziowej przy jednoczesnym zwiększeniu objętości zasobów wód gruntowych w celu wsparcia rolników i odtworzenia siedlisk zagrożonych ryb.

Decyzja Beagle była ryzykowna, jeśli wziąć pod uwagę inercję Korpusu. W jego kulturze silnie utrwalone było podejście, zgodnie z którym przyrodę można i trzeba przekształcać dla potrzeb gospodarczych. Dominowało ono w programach realizowanych w USA i zostało też upowszechnione na całym świecie poprzez projekty Korpusu realizowane w ponad 130 krajach – niektórzy określają to „hydrokolonializmem".

Beagle opowiada, że wiele osób z pokolenia jej mentorów „naprawdę omal nie spadło z krzesła", gdy wraz z kilkorgiem innych naukowców będących mniej więcej w połowie swojej naukowej kariery w krótkim czasie przeszła do Korpusu. Sama jednak postrzegała ten krok jako szansę dokonania przewrotu w instytucji, która przeobrażała na olbrzymią skalę naturalne krajobrazy i obiekty hydrologiczne. Dysponując budżetem wynoszącym w 2025 roku 7,2 mld dolarów, Korpus nadzoruje około 40 tys. km wałów przeciwpowodziowych, 926 portów, które pogłębia dla potrzeb żeglugi, oraz 749 tam. Opiekuje się też 600 km plaż i wydm, licznymi kanałami żeglugowymi i śluzami, a także falochronami i grodziami wzdłuż setek kilometrów wybrzeża. Słowem, Korpus ma wpływ na to, jak wygląda świat wokół nas.

Konsekwencje decyzji podejmowanych przez Korpus mogą być tragiczne. Najbardziej przerażająca porażka w ostatnich dekadach była związana z huraganem Katrina w 2005 roku. Ponad 1400 mieszkańców Nowego Orleanu i regionu Zatoki Meksykańskiej zginęło w wyniku ustąpienia wałów przeciwpowodziowych i zapór; pod wodą znalazło się 80% powierzchni Nowego Orleanu, w niektórych miejscach woda stała przez 43 dni. Słynne mokradła na wybrzeżu Zatoki Meksykańskiej chronią od dawna ludzkie osiedla przed wielkimi falami sztormowymi, ale trwające od ponad 100 lat wznoszenie wałów i zapór na Missisipi zrobiło swoje – mokradła zostały pozbawione 70% sedymentów rzecznych potrzebnych im do tego, by mogły stawić czoła nieustępliwemu morzu. Od lat 30. do dziś erozja usunęła ponad 5 tys. km^2 słonych bagien. Z kolei słodkowodne mokradła zostały rozcięte i poszatkowane przez kanały żeglugowe. Nimi zaczęła wnikać do wnętrza lądu słona woda morska, która zabijała słodkowodne rośliny. Tymi samymi drogami podążały fale sztormowe, które uderzały w miejscowości leżące w pobliżu Zatoki. Katrina uderzyła wprost w szeroki kanał żeglugowy zwany Mississippi River-Gulf Outlet, poprowadzony przez Korpus przez mokradła chroniące brzeg.

Późniejsza zmiana filozofii działania Korpusu w stronę rozwiązań przyjaznych naturze, czyli praca z systemami naturalnymi lub ich naśladowanie, wpisuje się w coraz powszechniejszy światowy trend. Liczące 160 tys. członków American Society of Civil Engineers w zeszłym roku poparło tę praktykę w specjalnym dokumencie. Ludzie zaczynają doceniać rozwiązania zgodne z naturą, ponieważ powodzie i susze stają się coraz bardziej dotkliwe w wyniku zmian klimatycznych, a dotychczasowe przekształcenia krajobrazów – ekspansja miast, przemysłowego rolnictwa i leśnictwa, wałów przeciwpowodziowych i tam – doprowadziły do drastycznych zmian w obiegu wody oraz destrukcji

Erica Gies jest autorką *Water Always Wins: Thriving in an Age of Drought and Deluge* (University of Chicago Press, 2022). W numerze z kwietnia 2022 roku opisywała, jak naukowcy przywracają do życia zapomniane cieki wodne w miastach.

SHAE HAMMOND/MediaNews Group/The Mercury News via Getty Images *(na poprzednich stronach)*

eprasa.pl fd436c8696



Wały przeciwpowodziowe mają ujarzmić przyrodę, ale często to ona wygrywa, jak podczas powodzi na rzece Pájaro.

ekosystemów, które przez wieki były buforami chroniącymi przed żywiołami.

Rozwiązania oparte na naturze przywracają zdrowie zdegradowanym ekosystemom, by mogły one dostarczać czystą wodę i żywność, absorbować wody powodziowe, magazynować węgiel i podtrzymywać życie. Eileen Shader, specjalistka ds. odbudowy terenów zalewowych w American Rivers – organizacji non profit działającej na rzecz ochrony dróg wodnych – zauważa, że czasami „możesz rozwiązać problem poprzez powstrzymanie się od budowania". Tymczasem Korpus w swojej koncepcji rozwiązań przyjaznych naturze wciąż nie stroni od inżynierii budowlanej i betonu. Jeff King, jeden z liderów programu EWN, ujął to tak: projekty Korpusu mieszczą się w „kontinuum pomiędzy szarym a zielonym".

Takie podejście może błyskawicznie zyskać na popularności za sprawą przepisów, które weszły w życie w styczniu 2025 roku. Zgodnie z nimi Korpus ma traktować opcje bazujące na naturze na równi z opcjami opartymi na szarej infrastrukturze. Zasada ta nakazuje także, by w analizie kosztów i korzyści uwzględniać również społeczne i środowiskowe zyski wynikające z realizacji projektów, nawet jeśli nie da się tego wyliczyć w dolarach. „To bez wątpienia największa od dawna zmiana w polityce Korpusu" – ocenia biolog Todd Bridges, który przez 30 lat pracował w wydziale ds. badań Korpusu, a w 2010 roku współtworzył program EWN.

W ciągu kilku tygodni od objęcia urzędu przez prezydenta Donalda Trumpa nowa administracja zaczęła oczyszczać rządowe strony internetowe z języka, który wydawał się jej zbyt postępowy, zamrażać fundusze na badania naukowe i likwidować wydziały wspierające prawa człowieka, naukę i środowisko. W tym kontekście zasadne jest pytanie o przyszłość EWN – postępowego zwrotu, który nastąpił w konserwatywnej agencji. Manifest programowy „Project 2025", którego wskazaniami kieruje się nowa administracja, wspomina o Korpusie tylko raz i to mimochodem, ale to nie oznacza, że agencji nie czekają zmiany. Pod koniec stycznia Trump nakazał Korpusowi uwolnienie wody z dwóch sztucznych zbiorników w Kalifornii, aby popłynęła ona do położonego 300 km na południe Los Angeles, dotkniętego przez pożary. Korpus uwolnił posłusznie ponad 8 mld litrów wody, ale ta nigdy nie dotarła do celu. Tymczasem lokalne służby wodne w licznych miejscowościach starały się zapobiec ich zalaniu, a rolnicy z przerażeniem patrzyli, jak znika rezerwa wody potrzebnej latem.

KORPUS INŻYNIERYJNY Armii Stanów Zjednoczonych jest technicznym skrzydłem U.S. Army. Jednakże jego personel składa się dziś w 98% z cywilów. Do jego zadań należy dbałość o szlaki żeglugowe, redukowanie ryzyka powodzi i szkód powodowanych przez sztormy oraz odtwarzanie ekosystemów. Władze lokalne lobbują w Kongresie na rzecz inwestycji na ich terenie, a ten zatwierdza projekty i ich częściowe finansowanie. Zgody Kongresu zwykle dotyczą realizacji konkretnego celu, na przykład redukcji ryzyka powodziowego, co nie

DRONEBASE/Reuters/Redux

eprasa.pl fd436c8696

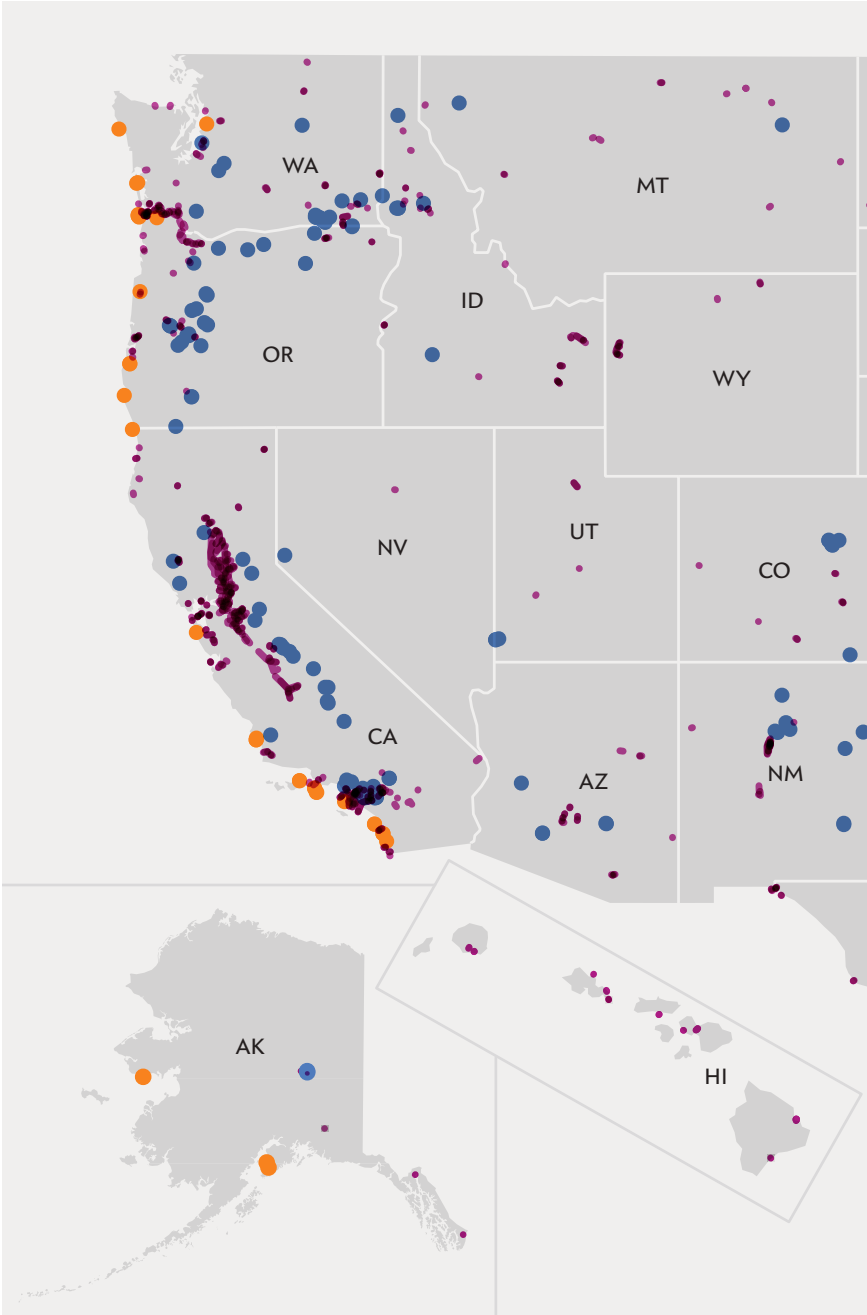
ma nic wspólnego z podejściem systemowym wymaganym przy rozwiązaniach opartych na naturze.

Pragnienie Korpusu, aby poddać przyrodę kontroli, ugruntowało się w połowie XIX wieku, gdy w Kongresie pojawiły się dwie różne koncepcje ograniczenia wylewów Missisipi i wzmocnienia na niej żeglugi. Jeden raport zalecał hybrydowe podejście inżynieryjno-przyrodnicze, wykorzystujące nie tylko wały przeciwpowodziowe, ale też niecki zalewane podczas wysokiego stanu rzeki oraz obszary podmokłe absorbujące wody deszczowe. Wizja ta przegrała z inną stworzoną przez inżynierów z Korpusu polegającą niemal wyłącznie na budowaniu wałów przeciwpowodziowych. Przekonanie, że ludzi mogą ochronić tylko mocne wały, dominowało u inżynierów. Jednak niezamierzone skutki takiego myślenia mogą być ekstremalnie groźne.

Pierwszej kosztownej lekcji udzieliła rzeka Kissimmee płynąca przez Florydę. W reakcji na długotrwałą powódź w 1947 roku. Korpus uznał, że powinno się umożliwić rzece szybszy przepływ, zamiast pozwolić jej na zalewanie części doliny i obszarów podmokłych. Przez dziewięć lat – od 1962 do 1971 roku – prostowano więc koryto rzeki, usuwając naturalne meandry, które spowalniają przepływ, oraz skracając o połowę długość drogi wodnej. W konsekwencji tych prac tysiące hektarów obszarów podmokłych i terenów zalewowych wyschło, wielkich szkód doznała dzika przyroda, a do jeziora Okeechobee zaczęło się wlewać więcej zanieczyszczeń. Szkody były tak znaczne i oczywiste, że Kongres zezwolił Korpusowi na przywrócenie meandrów. „Charakterystyczną cechą inżynierii XX wieku jest, że upraszczamy to, co naturalne, aby osiągnąć to, czego chcemy” – mówi Bridges, który jest obecnie profesorem systemów zrównoważonych w College of Engineering na University of Georgia. Następnie się poprawia: „Albo raczej osiągnąć to, co wydaje nam się, że chcemy”.

„Poprawianie” natury może wręcz powiększyć skalę problemu, który inżynierowie chcieliby rozwiązać. Rzece Missisipi towarzyszy dziś około 5 tys. km wałów przeciwpowodziowych. Każdy taki wał ma to do siebie, że ogranicza wodzie przestrzeń, podnosi jej poziom, przyspiesza przepływ i nasila powodzie tam, gdzie wału nie ma lub też gdzie on pękł. Korpus wciąż jednak ocenia każdą taką inwestycję niezależnie, a nie w połączeniu z tym, co znajduje się na innych odcinkach doliny. Jak zauważył geomorfolog Nicholas Pinter z University of California w Davis, Korpus w końcu przyznał, że efektem takich działań jest „rozłożona na raty zagłada cennych terenów zalewowych”.

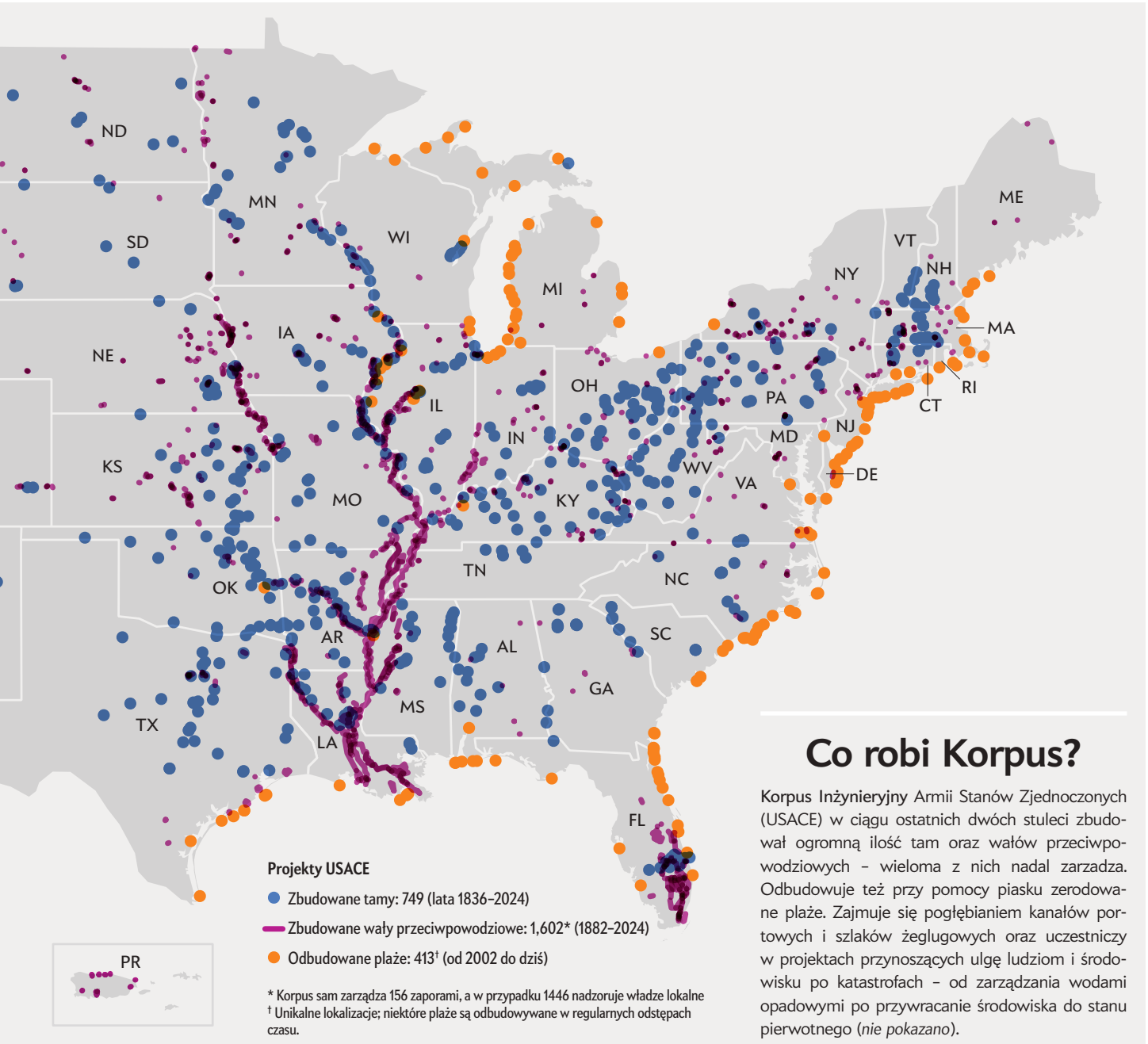
Inną niezamierzoną konsekwencją polegania wyłącznie na wałach przeciwpowodziowych jest zachęcanie ludzi do przeprowadzania się w ich pobliże. Podczas wielkiej powodzi na Missouri i Missisipi w 1993 roku woda utrzymywała się powyżej poziomu powodziowego nawet przez 195 dni. Po niej Korpus wraz z okręgiem wodnym St. Louis zbudował 500-letni wał przeciwpowodziowy – termin ten oznacza, że bariera teoretycznie ogranicza ryzyko powodzi w danym roku do 0,2% (statystyczne prawdopodobieństwo powodzi w danym roku wynosi od 1 do 500). Wzniesienie większego wału sprawiło, że ludzie poczuli się bezpiecznie.



W pierwszej dekadzie po jego wybudowaniu powstało 28 tys. domów jednorodzinnych i ponad 34 km^2 zabudowy komercyjnej i przemysłowej oraz dróg na terenach, które wcześniej znajdowały się pod wodą. To jednak jest fałszywe poczucie bezpieczeństwa. Wśród pracowników branży krąży niezbyt śmieszny żart, że istnieją dwa rodzaje wałów przeciwpowodziowych: te, które zawiodły, i te, które zawiodą. „Ludzie czasami się dziwią: dlaczego mnie zalało? – mówi Jo-Ellen Darcy z American Rivers. – Cóż, mieszkasz na terenie zalewowym. Nie bez powodu tak się nazywa”.

Teren zalewowy to wszak klasyczne rozwiązanie zastosowane przez samą przyrodę. „Ma wchłaniać wody powodziowe, tymczasem nie może tego zrobić, bo zamieszkali tam ludzie ze swoimi betonowymi

eprasa.pl fd436c8696



Co robi Korpus?

Korpus Inżynieryjny Armii Stanów Zjednoczonych (USACE) w ciągu ostatnich dwóch stuleci zbudował ogromną ilość tam oraz wałów przeciwpowodziowych – wieloma z nich nadal zarzadza. Odbudowuje też przy pomocy piasku zerodowane plaże. Zajmuje się pogłębianiem kanałów portowych i szlaków żeglugowych oraz uczestniczy w projektach przynoszących ulgę ludziom i środowisku po katastrofach – od zarządzania wodami opadowymi po przywracanie środowiska do stanu pierwotnego (*nie pokazano*).

konstrukcjami i centrami handlowymi" – mówi Darcy. Według Jane Smith, która jako hydrolog pracowała w tej instytucji przez 42 lata, a obecnie jest profesorem ds. terenów przybrzeżnych na University of Florida, Katrina stała się punktem zwrotnym dla Korpusu. Post factum symulowała ona wraz ze współpracownikami przebieg pamiętnych dramatycznych zdarzeń za pomocą modeli. „Zobaczyliśmy wtedy, jak ważne są obszary podmokłe w systemie ochrony przed powodziami sztormowymi sprowadzanymi przez huragany – mówi. – Wcześniej tak naprawdę nie przychodziło nam do głowy, aby w projektach uwzględniać systemy naturalne" – przyznaje. Bridges wspomina jednak, że wielu pracowników Korpusu spoza wydziału ds. badań nie było gotowych na takie rewelacje. Jeden z inżynierów powiedział mu: „Nie potrzebujemy żadnych nauk od zwariowanych ekologów". Darcy przed dołączeniem do American Rivers nadzorowała w latach 2009–2017 prace budowlane prowadzone przez Korpus. Podczas swojej kadencji starała się dokonać ważnej zmiany w języku Korpusu. „To nie była przecież *kontrola* powodzi – wyjaśnia. – Nikt nie może kontrolować powodzi". Zamiast tego wprowadziła określenie „redukcja ryzyka powodziowego", które odpowiada rzeczywistości i uświadamia pracownikom Korpusu i opinii publicznej, że istnieje granica tego, co możliwe.

Shader współpracuje z ludźmi z Korpusu na terenie całego kraju i zauważa, że otwartość agencji na rozwiązania uwzględniające naturę jest różna w zależności od regionu. „Absolutnym liderem jest San Francisco

ŹRÓDŁA: National Inventory of Dams; National levee Database; USACE's Dredging Information System (*dane*)

Mapa Ripley Cleghorn

eprasa.pl fd436c8696





Julie Beagle jest koordynatorką innowacyjnego projektu współdziałania z naturą realizowanego przez Korpus Inżynieryjny. Przebudowa wałów przeciwpowodziowych wzdłuż rzeki Pájaro i jej dopływów spowolni przepływ wód deszczowych, zapewniając ochronę ludziom, uzupełniając zasoby wód podziemnych i przywracając siedliska ryb.

– mówi. – Mają oddany personel, który pracuje w interdyscyplinarnych zespołach i włącza te koncepcje do każdego projektu". Po części jest to zasługa Beagle, która pokazała, jak w duży standardowy projekt wbudować rozwiązania bazujące na naturze.

W MARCU 2023 ROKU potężne nawałnice przyniesione znad Pacyfiku przez rzekę atmosferyczną uderzyły w środkową Kalifornię, przerywając trzy wały przeciwpowodziowe na rzece Pájaro i zalewając miasto noszące tę samą nazwę co rzeka, zamieszkane przez pracowników rolnych i otoczone uprawami warzyw i owoców jagodowych. Katastrofa nie była zaskoczeniem; wały o wysokości 3,5 m ciągnące się wzdłuż rzeki i jej dwóch dopływów – potoków Corralitos Creek i Salsipuedes Creek – pochodziły z 1949 roku i mogły ochronić jedynie przed ośmioletnią powodzią, czyli taką, której szansa pojawienia się w danym roku wynosi 12,5%. W 1966 roku Kongres zezwolił Korpusowi na podwyższenie wałów, ale projekt nigdy nie został zrealizowany, częściowo dlatego, że chroniłby tereny o niezbyt dużej wartości, zamieszkane przez osoby o niskich dochodach.

W Korpusie uznano później, że właściwa ochrona wymaga oddania rzekom więcej przestrzeni. Chciano więc odsunąć od brzegów niektóre z ziemnych wałów, które biegną na długości około 20 km po obu stronach cieków. Takie „cofnięte wały przeciwpowodziowe" stworzyłyby dodatkową przestrzeń między wałami, co pozwoliłoby zatrzymać więcej wody podczas wysokich przepływów i zmniejszyło ryzyko powodzi. Rozwiązanie to wymagało oddania części ziemi przez mieszkańców, na co ci nie zgadzali się przez dziesięciolecia. „W końcu się poddali po kolejnych powodziach" – mówi Mark Strudley, dyrektor wykonawczy regionalnej agencji zarządzania powodziowego, która jest lokalnym partnerem Korpusu. Strudley mówi, że rolnicy zdali sobie sprawę, że i tak ciężko jest im uprawiać tę ciężką, nasączoną wodą ziemię. W październiku 2024 roku Korpus rozpoczął realizację wieloletniego projektu nazwanego „100 na 100". Wykupił bowiem od właścicieli gruntu pas ziemi o szerokości do 100 stóp, oferując w zamian 100-letnią ochronę przeciwpowodziową, czyli 1-procentowe ryzyko powodzi w danym roku.

Beagle zorientowała się wtedy, że ten standardowy projekt można zmodyfikować tak, by jednocześnie rozwiązać inny problem, jakim jest obniżanie się poziomu wód gruntowych nadmiernie wykorzystywanych przez rolników. Rzeka, która jest nieuregulowana i nieobwałowana, podczas wysokiego stanu występuje z brzegów, zajmuje taras zalewowy i zwalnia. Woda ma wtedy czas, aby wsiąknąć i zasilić warstwy wodonośne, dostarczyć glebie składniki odżywcze i osadzić drobiny mułu, który przeobraża koryto i tworzy siedliska dla ryb. Gdy jednak rzekę i jej dopływy odcięto wałami od terenów zalewowych, woda musiała przeciskać się pomiędzy barierami i płynęła szybciej. To sprawiało, że mocniej wrzynała się w dno swojej doliny – w rezultacie Pájaro i zasilające ją strumienie płyną dziś o 3–8 m niżej aniżeli sąsiadujące z nimi tereny rolnicze. Beagle zorientowała się, że jeśli Korpus tylko cofnie wały, to rzeka wciąż będzie ograniczona wysokimi brzegami. Przez większość czasu tkwiłaby w głębokim korycie, spływając nim szybko podczas wyższych stanów. Nie mogłaby uzupełnić zasobów wód gruntowych, odnowić gleby i pomóc rybom.

ERICA GIES

eprasa.pl fd436c8696



Beagle i Strudley przekonali Korpus do przekształcenia planu w projekt EWN, argumentując, że finalnie taka zmiana przyniesie duże oszczędności. Aby zbudować nowe, szersze wały, trzeba byłoby przywozić ziemię ciężarówkami, co jest kosztowne. Zamiast tego ziemia zostanie zabrana z tych terenów rolniczych, które znalazłyby się wewnątrz wałów. Odtworzone zostaną niektóre naturalne funkcje rzeki poprzez stworzenie kanałów bocznych oraz stopni ziemnych schodzących z nowych wałów. Podczas wysokiego poziomu rzeki te kanały i stopnie spowolnią wodę, dając jej czas na wsiąknięcie w ziemię wewnątrz wałów. W ten sposób uzupełni ona niedobory wód podziemnych i wzmocni ochronę przeciwpowodziową – część nadwyżki wody wsiąknie, a reszta będzie powoli spływała w dół doliny.

Dzięki projektowi niesione przez rzekę sedymenty będą mogły się swobodnie przemieszczać w szerszym korycie, co ułatwi im odbudowanie niskiego tarasu zalewowego łatwo dostępnego dla nadwyżek wody. Finalnie to sama rzeka kształtuje krajobraz doliny. „Tak powinno być. Z procesami fizycznymi lepiej nie walczyć, bo to generalnie nie kończy się dobrze i jest marnotrawieniem pieniędzy" – komentuje Strudley.

Wyższy poziom wód gruntowych ułatwi rolnikom jej pobieranie oraz zwiększy zasilenie strumieni w okresach suchych. Woda powoli przemieszczająca się wewnątrz wałów będzie wspomagała wzrost glonów i planktonu, którymi żywią się ryby, w tym zagrożone gatunki. Zapewni im też schronienie podczas wędrówki godowej w górę rzeki. Bardziej naturalna droga wodna przyciągnie też inne dzikie zwierzęta, stworzy miejsca rekreacji dla mieszkańców, a może nawet stanie się atrakcyjna dla ekoturystów.

ERICA GIES

Chociaż Kongres nie bierze pod uwagę takich zróżnicowanych korzyści, a jedynie konkretne, jednostkowe efekty, to zależy na nich władzom lokalnym i stanowym. Strudley współpracował z Kalifornijskim Departamentem Zasobów Wodnych, który finansował różne prace, ponieważ jest zdeterminowany, aby zatrzymać opadanie lustra wód gruntowych. „Stan zainwestował, bo widział wiele zalet, które pomiął Kongres – mówi Strudley. – Korpus Inżynieryjny zaczyna rozumieć, że tak właśnie podchodzi się dziś do rozwiązywania problemu: szuka się nie jednego, ale wielu plusów".

Naukowcy z pobliskich uniwersytetów analizują te benefity, mierząc, w jaki sposób koncepcja „100 na 100" poprawiłaby zasilanie wód gruntowych, transport osadów rzecznych i kondycję ryb. „Jakościowa ocena ma kluczowe znaczenie, bo inżynierowie z Korpusu muszą mieć poczucie, że wiedzą, jakie będą skutki tego, co robią" – podkreśla King, koordynator krajowy EWN.

Wiele z tych rozwiązań jest już powszechnie stosowanych przez specjalistów od przywracania krajobrazów naturalnych, ale inżynierowie wciąż się na tym nie znają, zwraca uwagę Beagle. „Wiedza na temat funkcjonowania krajobrazów i przyrody to coś innego niż wiedza inżynieryjna" – mówi. Korpus ma podręcznik budowania wałów, ale nie ma podręcznika poświęconego odtwarzaniu tarasów zalewowych. Wkrótce jednak taki powstanie. Beagle jest współautorką ogólnokrajowych wytycznych na ten temat. Mają taki sam format, jak instrukcje Korpusu dotyczące budowy wałów. „Są w nich równania, wyliczenia obciążeń, naprężeń, itd" – mówi.

Praca Beagle polega też na edukowaniu pracowników Korpusu z innych okręgów, którzy w ramach rotacji trafiają do okręgu San Francisco. „Mam dużą satysfakcję, gdy widzę, jak te idee się upowszechniają" – mówi. Wciąż jednak czasami napotyka na opór. Niektórzy narzekają, że rozwiązania bazujące na systemach naturalnych są skomplikowane i drogie. Według nich jest to zbędny dodatek do klasycznego projektu. „Jednakże technika sprzęgnięta z przyrodą jest zwykle o wiele mniej kosztowna, ponieważ zdrowy system naturalny sam się lepiej stabilizuje" – zauważa Beagle.

KAŻDY Z SZEŚCIU pozostałych poligonów badawczych EWN ma swoją własną Pájaros – projekt będący wizytówką nowego podejścia. Monica Chasten, koordynatorka EWN w okręgu Filadelfia, odbudowuje tereny bagienne na południowym krańcu New Jersey na obszarze o powierzchni 62 km^2 nazwanym Seven Mile Island Innovation Lab. Jej specjalność to inżynieria przybrzeżna, która fundamentalnie różni się od inżynierii budowlanej. „To nie jest projektowanie mostu – mówi. – Nie wszystko jest tu dokładne. To niemal jak sztuka".

Huragan Sandy był tu w pewnym sensie objawieniem, ponieważ okazało się, że to właśnie bagna i wydmy najlepiej ochroniły ludzi. Miękkie podłoże pochłaniało energię fal, zamiast ją odbijać i kierować w inne miejsca wybrzeża, jak to robią falochrony. Jednak wzrost poziomu morza oraz niedobór osadów morskich mogą do 2100 roku doprowadzić do zaniku połowy obszaru bagien w tym regionie USA. Ten

eprasa.pl fd436c8696



Hydroinżynieria uwzględniająca systemy naturalne może przynieść znaczne oszczędności, ponieważ zdrowe ekosystemy są znacznie mniej kosztowne w utrzymaniu niż całkowicie sztuczna infrastruktura.

niedobór jest częściowo konsekwencją długotrwałych działań Korpusu. Podczas pogłębiania przybrzeżnych kanałów żeglugowych wydobyty z dna osad był wywożony w głąb lądu. W ten sposób nie ryzykowano naruszenia przepisów chroniących strefy przybrzeżne przed zanieczyszczeniami, które wszak mogły znajdować się również w wydobytych osadach. Jednak w 2023 roku dowódca Korpusu gen. Scott A. Spellmon (obecnie na emeryturze) zdał sobie sprawę, że w ten sposób tracony jest cenny materiał i zdecydował, że od 2030 roku ponownie wykorzystywać się będzie 70% osadów pochodzących z pogłębiania szlaków żeglugowych.

Chasten twierdzi, że jej dystrykt jest na dobrej drodze do przekroczenia tego celu. Część drobnego mułu, który Korpus wydobywa ze szlaku New Jersey Intracoastal Waterway, dociera wprost z cennych bagien, więc zespół Chasten z powrotem go tam kieruje. „To fundamentalna zmiana" – podkreśla Lenore Tedesco, dyrektor wykonawcza organizacji Wetlands Institute, która realizuje projekty na wybrzeżach Oceanu Atlantyckiego i Zatoki Perskiej. „W ten sposób wzmacniamy mokradła w New Jersey na 30–50 lat" – ocenia.

Tysiące kilometrów dalej inna grupa pracowników Korpusu podąża za naturą w okręgu St. Louis, aby rozwiązać problem, który Korpus sam po części stworzył: ekspansja zabudowy na tarasach zalewowych. Inżynier Edward Brauer, koordynator projektu EWN, zwraca rzece Missisipi część dna jej doliny w Dogtooth Bend leżącym w stanie Illinois. Jest to liczący blisko 70 km^2 teren zalewowy znajdujący się wewnątrz łuku rzeki.

W XIX wieku znajdowała się tu wspaniała mieszanka mokradeł, starorzeczy, trzęsawisk i lasów liściastych. „Rzeka robiła to, co zwykle robią rzeki: wiła się zakolami" – mówi Brauer. Wały przeciwpowodziowe, które zbudował Korpus, próbowały zatrzymać czas. „Tyle że to jest ciągła walka z rzeką" – podkreśla Bridges, twórca idei EWN.

A rzeka jest na fali. Dogtooth Bend jest coraz częściej zalewany. Powodzie z lat 1993, 2011, 2016, 2017 i 2019 roku niszczyły drogi, rujnowały uprawy

ERICA GIES

eprasa.pl fd436c8696



i zatapiały domy w Olive Branch i Miller City. Podczas dużych wezbrań rzeka przerywała wały, a wtedy jedna trzecia wody skracała sobie drogę – płynęła wprost, zamiast meandrować. W efekcie w 2019 roku Dogtooth Bend znajdował się pod wodą przez blisko dziewięć miesięcy.

Pozwolenie rzece, by podczas wysokiego stanu popłynęła skrótem, wydaje się najbardziej oczywistym rozwiązaniem. Jednakże Korpus odpowiada również za utrzymanie dróg wodnych. Dlatego Brauer szuka kompromisu. Mieszkańcy zmęczeni kolejnymi powodziami zgodzili się na wykupienie od nich ziemi. Na odzyskanych terenach przywracane są naturalne tarasy zalewowe i lasy łęgowe, które stają się siedliskami dla zagrożonych gatunków. Roślinność zmienia krajobraz i rzekę, spowalnia wodę i wyłapuje sedymenty, które wzmacniają istniejące koryto. W ten sposób zredukowana zostaje skłonność rzeki do wybierania drogi na skróty podczas wysokiego stanu.

PROJEKTY takie, jak Pájaro, Seven Mile czy Dogtooth Bend, mogą zyskać na popularności dzięki kluczowym elementom nowego podejścia: wymogowi równego traktowania rozwiązań bazujących na systemach naturalnych i sztucznych oraz rozszerzonej analizie kosztów i korzyści. Reguła, do której opracowania Kongres wezwał już w 2007 roku, została wstępnie przedstawiona w 2013, ale jej wprowadzenie było latami blokowane przez kongresmenów, którzy nie chcieli, aby Korpus przestał traktować priorytetowo kwestie ekonomiczne kosztem innych. To zmieniło się w 2021 roku, gdy R. D. James, mianowany przez prezydenta Trumpa zastępcą sekretarza ds. robót publicznych, zaniepokoił się, że społeczności o niskich dochodach, które najmocniej ucierpiały podczas olbrzymich powodzi na Missisipi w 2019 roku, zostały pominięte w standardowej analizie kosztów i korzyści. Zaproponował więc uwzględnienie w analizach czynników społecznych i środowiskowych.

Jednakże nowe podejście nie eliminuje podstawowej wady standardowej analizy kosztów i korzyści. Wśród tych pierwszych nie uwzględnia się bowiem tego, że wielkie budowle hydrotechniczne znacznie redukują usługi ekosystemowe, takie jak absorbowanie wód powodziowych, dostarczanie wody w okresach suchych, usuwanie zanieczyszczeń, produkcja żywności czy magazynowanie dwutlenku węgla. Korpus nie uwzględnia również wzrostu ryzyka powodzi w sąsiednich społecznościach, które nie są chronione. Zachowanie rzek było bodźcem do zmiany zasad i Shader cieszy się, że do tego doszło, ale jej zdaniem wciąż brakuje kryteriów umożliwiających dokładne wyliczenie potencjalnych strat i wybór właściwego wariantu. „W rezultacie wszystko zależy od konkretnego okręgu Korpusu oraz oczekiwań partnerów spoza rządu” – mówi.

Trump prawdopodobnie wskaże nowego zastępcę sekretarza ds. robót publicznych. Michael L. Connor, który zajmował to stanowisko do października 2024 roku, wyraził przed odejściem nadzieję, że zasady nie zostaną zmienione. „Nie sądzę, aby było w nich coś politycznie kontrowersyjnego – powiedział. – [....] Inicjatywa ma nadal szerokie poparcie ponadpartyjne”. Chociaż nowa administracja wprowadza dużo zmian, Darcy uważa, że liczne przykłady korzyści, jakie przynosi nowe podejście na poziomie lokalnym, mogą mieć wystaczającą politycznie wagę, by przekonać prezydenta i Kongres do zachowania dotychczasowych zasad.

Być może zarówno w Kongresie, jak i w Korpusie zaczęto sobie uświadamiać, że „sterowanie naturą” – tak brzmiał tytuł książki poświęconej Korpusowi autorstwa Johna McPhee (*The Control of Nature*, Farrar, Straus and Giroux 1989) – to chybiony pomysł. McPhee twierdził, że „Korpus otrzymał moc równą boskiej”. Jednak następne dziesięciolecia wykazały raczej, że to przyroda jest wszechmocna. Niezależnie od losów nowej zasady, zmiana podejścia Korpusu wpisuje się w obserwowany na całym świecie zwrot w stronę przyrody i działań, które wykorzystują jej moc, a nie z nią walczą. „Wiek XX był wiekiem żelbetu – mówi Bridges. – Mam nadzieję, że wiek XXI będzie wiekiem przyrody”. ■

Z ARCHIWUM

The Mississippi levees. Redakcja „Scientific American”; 25 maja 1867, ScientificAmerican.com/archive

eprasa.pl fd436c8696



Rozwój nastoletniego mózgu



NEURONAUKI

Myślenie, które wykracza poza teraz, sięgając do tego, co odległe lub poza zasięgiem, może kształtować mózg i wzbogacać nasze życie

MARY HELEN IMMORDINO-YANG
Ilustracja CINTA FOSCH

FASCYNACJA, NIEWYOBRAŻALNY WSTYD CZY POŚWIĘCENIE DLA JAKIEJŚ SPRAWY – to wszystko może się wiązać z adolescencją. W moim przypadku oznaczała ona palącą ciekawość świata przyrody, która pewnego dnia doprowadziła do tego, że moja babcia znalazła w lodówce torbę z gałkami ocznymi krów. Tata pomógł mi je zebrać w rzeźni, abym mogła przeprowadzić ich sekcję.

Nie zamierzałam nikogo zdenerwować. Po prostu chciałam zrozumieć działanie narządu wzroku. Jak wielu moich rówieśników, miałam też silną potrzebę zrozumienia, dlaczego świat wygląda tak, jak wygląda – i jak mógłby lub powinien wyglądać inaczej. Niedługo po fazie fascynacji gałkami ocznymi ogłosiłam się humanistką i nosiłam na szyi wielką pacyfkę. Razem z siostrą zaczęłyśmy pisać i wykonywać (przyznaję – dość patetycznie) piosenki folkowe, w których próbowałyśmy wyrazić nasz sprzeciw wobec niesprawiedliwości – globalnych, lokalnych i historycznych.

Jako nastolatka obserwowałam, słuchałam, zadawałam pytania i starałam się zrozumieć wszystkie złożone przekazy kulturowe i emocjonalne, które do mnie docierały. Kim właściwie jesteśmy, my ludzie, kim jestem ja? Teraz, 35 lat później, wciąż nurtują mnie te pytania, a ponadto to, jak nastolatki starają się zrozumieć, czego są świadkami i co przeżywają.

Rozważmy na przykład odpowiedzi, które usłyszałem od młodych ludzi z Los Angeles, gdy spytałam, dlaczego niektóre osoby z ich sąsiedztwa popełniają przestępstwa z użyciem przemocy:

> „Kipią w nich emocje. Są wściekli, dlatego zabijają. Są nadmiernie agresywni."

> „Każdy ma jakąś historię. Wydarzyło się w jego życiu coś, co wpłynęło na przyszłe zachowanie."

Różnica między tymi wypowiedziami jest subtelna, ale kluczowa dla zrozumienia rozwoju mózgu. Pierwsza osoba opisuje bezpośrednią przyczynę przestępstwa i reprezentuje rodzaj myślenia, skupionego na zapewnieniu sobie bezpieczeństwa i dostosowaniu reakcji do zmieniających się okoliczności. Druga natomiast ma świadomość szerszego kontekstu – historycznego, kulturowego lub społecznego – którym tłumaczy podejmowanie przez ludzi takich, a nie innych działań.

Każdy nastolatek, z którym pracowałam, niezależnie od swojego IQ czy warunków społeczno-ekonomicznych, miał zdolność do takiej mentalnej podróży w czasie. Słuchając refleksji młodych ludzi i śledząc aktywność ich mózgów, gdy leżeli w skanerze do neuroobrazowania, mój zespół odkrył, że myślenie, które płynnie przechodzi od teraźniejszości, jak w pierwszej wypowiedzi, do przeszłości, przyszłości i wszelkich innych wymiarów, jak w drugiej, dosłownie kształtuje ich mózgi. W trakcie tak szeroko zakrojonego, intensywnego emocjonalnie, refleksyjnego myślenia – które nazywamy transcendentnym, ponieważ nie ogranicza się do bieżącej chwili – kluczowe sieci mózgowe aktywowały się i dezaktywowały zgodnie ze złożonymi, dynamicznymi wzorcami, które, jak wskazują nasze dane, wzmacniały i rozwijały ich wzajemne połączenia.

Ta rosnąca zdolność do abstrakcyjnego myślenia umożliwia nastolatkom zrozumienie siebie, swojej rodziny, przyjaciół i społeczeństwa jako całości oraz wyobrażenie sobie swojego miejsca w świecie. Z biegiem czasu transcendentne myślenie buduje odporność na przeciwności losu i pozwala na zadowolenie z życia, pracy czy relacji. Nasze badania pomagają wyjaśnić, dlaczego nastolatki mogą być jednymi z najbardziej wizjonerskich i idealistycznych członków społeczeństwa (a alternatywnie – najbardziej egocentrycznymi), i pokazują, że aby naprawdę wspierać ich rozwój, rodzice, szkoła i społeczność muszą w mniejszym stopniu skupiać się na tym, co młodzi ludzie wiedzą, a bardziej na tym, jak myślą.

PO 2000 ROKU, kiedy zaczęłam studiować neuronaukę, wielu, badaczy uważało adolescencję za okres deficytów. Badania neuroobrazowe wykazały, że choć odpowiedzialne za automatyczne reakcje emocjonalne obszary mózgu, takie jak ciało migdałowate, rozwijają się wcześnie, to kora przedczołowa, odpowiedzialna za racjonalne myślenie, dojrzewa dopiero w trzeciej dekadzie życia. Te odkrycia przekonały neurobiologów, takich jak BJ Casey z Columbia University, że nastolatki nie tylko mają mniej wiedzy i doświadczenia, ale są także mniej stabilne emocjonalnie od dorosłych, więc nie w pełni odpowiedzialne za swoje działania. „Kolejka górska niemal wymykająca się spod kontroli" – tak opisał mózg nastolatka neurobiolog Robert M. Sapolsky ze Stanford University w swojej książce *Behave* z 2017 roku. Zgodnie z tym poglądem transformacja nastolatków w dorosłych wymaga nie tylko gromadzenia wiedzy i umiejętności, ale także rozwoju samokontroli w celu ograniczenia apetytu na ryzyko oraz ujarzmienia silnych emocji i nadmiernej wrażliwości.

To, że pasje nastolatków są również kluczowe dla ich postępów w nauce, stało się dla mnie jasne już wtedy, gdy jako 23-latka uczyłam przyrody w szkole średniej na przedmieściach Bostonu. Zainteresowana nie tylko naturą, ale również tym, jak kształtuje ona kulturę, pomieszkiwałam u rodzin we Francji, Rosji,

Mary Helen Immordino-Yang kieruje katedrą Fahmy and Donna Attallah Professor of Humanistic Psychology i jest profesorem edukacji, psychologii i neuronauki na University od Southern California. Jest także założycielką USC Center for Affective Neuroscience, Development, Learning and Education.

eprasa.pl fd436c8696

Irlandii i Kenii, przyswajając miejscowe języki i codzienne zwyczaje. Po powrocie do Stanów Zjednoczonych studiowałam literaturę francuską na uniwersytecie i zapisywałam się na każdy dostępny kurs naukowy. Uwielbiałam także tworzyć, ale kiedy zraniłam sobie dłoń, musiałam zrezygnować z zajęć w stolarni. Udało mi wtedy jakoś przekonać Radę Edukacji stanu Massachusetts, by dała mi szansę nauczania przyrody w 7. klasie.

Szkoła publiczna, w której pracowałam, była niezwykle różnorodna – uczniowie mówili 81 językami. Wielu z nich było pierwszym pokoleniem emigrantów lub uchodźcami. Gdy trafili do mojej klasy, byli zdezorientowani, przestraszeni. Mimo że mieli dopiero po 13 lat, bardzo ciekawiły ich różnice w wyglądzie i zwyczajach innych ludzi.

Pewnego razu, po lekcji o ewolucji człowieka, na której pokazałam film przedstawiający, jak żyli pierwsi hominidzi w Afryce Wschodniej, podniosła rękę czarnoskóra dziewczyna, którą nazwę Marila. Marila, dobra uczennica, była wyraźnie podenerwowana. Widziałam, że to koledzy ją skłonili, by zadała pytanie: „Pani Immordino, dlaczego, gdy jest mowa o ewolucji człowieka, zawsze pokazuje się te stworzenia z Afryki o ciemnej skórze? Dlaczego one zawsze wyglądają jak czarni ludzie?"

„Bo żyły na równiku – odpowiedziałem. – Tam słońce bardzo mocno świeci. Poparzyłoby cię i dostałabyś raka skóry, gdybyś nie miała w skórze wystarczająco dużo melaniny."

Zapadła głęboka cisza. Ta cisza przerodziła się w gorącą dyskusję, która trwała miesiącami. Uczniowie zdobytą w klasie wiedzę wykorzystywali, by odkrywać, kim są w świecie. To mnie wciągnęło. Dlaczego odebrali tę lekcję osobiście, emocjonalnie? I dlaczego długo po tym, jak burza ucichła, wielu nagle zaczęło wykazywać większe zainteresowanie nauką?

Zaczęłam studiować poznawczą neuronaukę rozwojową w szkole wieczorowej, a ostatecznie w 1997 roku zapisałam się na studia podyplomowe na Harvard University. Już w latach 30., jak się dowiedziałam, biolog i psycholog Jean Piaget zauważył, że około 11–12 roku życia dzieci zaczynają myśleć abstrakcyjnie o kwestiach takich, jak moralność, i rozważać złożone scenariusze. Psycholog Erik Erikson dwie dekady później zauważył, że nastolatki zaczynają zastanawiać się nad wyznawanymi przez siebie wartościami i swoimi przekonaniami, aby dowiedzieć się, kim są i jak pasują do reszty społeczeństwa. Zarówno ci, jak i kolejni badacze, tacy jak Richard Lerner z Tufts University, William Damon ze Stanfordu i Kurt W. Fischer z Harvard University, określili adolescencję jako okres rodzącej się zdolności do abstrakcyjnego myślenia, która w połączeniu ze szczególną wrażliwością społeczną i skłonnością do ulegania silnym emocjom umożliwia nastolatkom wyciąganie ogólnych wniosków lub dotyczących ich osoby z konkretnych doświadczeń lub wydarzeń. Nastolatki wydają się niemal zmuszone do szukania tych powiązań i ich głębszego znaczenia, czego byłam świadkiem w mojej klasie w Bostonie.

Po ukończeniu studiów w 2005 roku miałam ogromne szczęście rozpocząć staż podoktorski pod kierunkiem neurobiologa Antoniego Damasio, który właśnie przeniósł się na University of Southern California ze swoją współpracowniczką i żoną, Hanną Damasio. Na podstawie prowadzonych przez dziesięciolecia badań klinicznych państwo Damasio zaproponowali coś na tamte czasy radykalnego: emocje, zamiast przeszkadzać w jasnym myśleniu, sprzyjają mu – myśleniu, które jest racjonalne, adekwatne do okoliczności i etyczne.

Jeden z pacjentów, nazwany EVR, okazał się szczególnie dobrą ilustracją tego odkrycia. Był inteligentnym, odnoszącym sukcesy, mającym rodzinę biznesmenem. Jednak po operacji usunięcia guza mózgu jego życie się zmieniło. Operacja polegała na wycięciu dolnej części powierzchni czołowych płatów mózgu, tuż nad i za oczami. Kiedy EVR wrócił do pracy, zaczął podejmować krótkowzroczne decyzje biznesowe – co doprowadziło go, jak łatwo przewidzieć, do bankructwa. Zaczął obrażać tych, których najbardziej kochał, i wydawał się obojętny na ich ból, najwyraźniej będąc niezdolnym do wyrzutów sumienia lub poczucia wstydu. EVR rozwiódł się z żoną, ponownie ożenił, a potem znów szybko rozwiódł.

Dzięki wyjątkowo przemyślanym badaniom Damasio i ich współpracownicy pokazali, że choć IQ EVR-a nadal było po operacji bardzo wysokie, jego mózg miał deficyt, który uniemożliwiał mu wykorzystanie inteligencji w sposób etyczny czy racjonalny. EVR zachowywał się aspołecznie i podejmował decyzje dla zdrowego człowieka niezrozumiałe. Ponadto był zdumiewająco niezdolny do uczenia się na swoich błędach. Wiedział, co należy zrobić, i miał odpowiednie doświadczenie, ale nie potrafił przejąć się konsekwencjami swoich decyzji. Damasio doszli do wniosku, że emocje EVR-a nie były w pełni zaangażowane w planowanie i myślenie, na czym cierpiały jego relacje społeczne.

Mojego pierwszego dnia w USC Antonio przyszedł do mojego pokoju. „Chciałbym badać emocje społeczne – powiedział, popijając espresso. – Chcę zrozumieć, jak mózg odczuwa emocje, takie jak współczucie, podziw dla prawości i pogardę – emocje, które stanowią podstawę ludzkiej moralności, kreatywności, kultury i sztuki. Emocje, które są znakiem akulturacji i edukacji. Nikt jeszcze tego nie badał. Jesteś zainteresowana?"

Od tego momentu rozpoczęła się moja długa droga – na której miałam połączyć wnioski ze swoich doświadczeń z młodzieżą, z podróży po świecie, nauczania uczniów w 7. klasie, wykładów profesorów z Harvardu, badań Damasiów i innych współpracowników, a ostatecznie z pracy z moimi własnymi studentami. Doprowadziło mnie to do opracowania nowego sposobu badania myślenia młodzieży.

W TYM CZASIE postępy obrazowania mózgu za pomocą czynnościowego jądrowego rezonansu magnetycznego (fMRI), mapującego przepływ krwi, pozwalały już neurobiologom śledzić, które obszary się aktywują i dezaktywują w różnych stanach umysłu. Stało się możliwe wykrywanie śladów emocji – nie tylko tych podstawowych, jak strach przed wysokością czy odraza do zepsutej żywności – ale także

eprasa.pl fd436c8696

„społecznych", które dotyczą nas samych, idei kulturowych i artefaktów oraz życia społecznego.

Pierwszym zaskoczeniem wynikającym z badań fMRI było to, że nawet gdy ktoś leżał bezczynnie w skanerze, kluczowe obszary jego mózgu aktywowały się w sposób skoordynowany. Niektóre z tych miejsc są jednymi z najbardziej metabolicznie kosztownych tkanek ciała, pochłaniającymi więcej glukozy i tlenu niż nawet tkanka mięśniowa. Dlaczego więc aktywują się w czasie odpoczynku? Odpowiedź brzmi: swobodne, refleksyjne myślenie jest niezwykle ważne.

W 2001 roku neurobiolog Marcus E. Raichle z Washington University School of Medicine w St. Louis i jego współpracownicy opisali tzw. sieć trybu domyślnego (default mode network, DMN), zbiór obszarów w jądrze mózgu, które są kluczowe dla poczucia tożsamości. DMN jest aktywna, gdy ktoś marzy, przypomina sobie ważne wydarzenie z przeszłości lub stara się zrozumieć złożoną kwestię. Wiele badań wykazało, że DMN pomaga nam odczuwać współczucie, wdzięczność, podziw lub zachwyt i dokonywać wyczynów w zakresie wyobraźni lub kreatywności. Kiedy nie koncentrujemy się na świecie zewnętrznym, wcale nie jesteśmy bierni – tworzymy historie, ustalamy przekonania, wyobrażamy sobie przyszłość, podróżując w czasie, rozpatrując najróżniejsze możliwości, aby wpaść na nowe pomysły i czerpać znaczenie ze swoich doświadczeń.

DMN uspokaja się podczas wymagających skupienia celowych działań, takich jak wypełnianie formularza podatkowego lub chwytanie piłki. Wtedy aktywuje się sieć kontroli wykonawczej (executive control network, ECN), aby utrzymać naszą koncentrację. Pod koniec lat 2000. naukowcy, m.in. William W. Seeley z Univeristy of California w San Francisco i Lucina Uddin z University of California w Los Angeles, zidentyfikowali trzecią sieć – sieć istotności (salience network, SN). Łączy ona obszary, które wyczuwają wewnętrzne stany ciała i informują nas na przykład o bólu brzucha. SN jest także zaangażowana w rodzaj pobudzenia, które możemy odczuć, widząc na swojej drodze węża, słysząc piosenkę, którą lubimy, czy uświadamiając sobie, że popełniliśmy błąd w rozwiązaniu zadania matematycznego.

Stosując metodę prób i błędów, wybrałam zadziwiająco prosty paradygmat eksperymentalny. Dzieliliśmy się z uczestnikami krótkimi opowieściami dokumentalnymi – najpierw w prywatnym wywiadzie, a potem, gdy leżeli w skanerze fMRI. Porównując odpowiedzi uczestników podczas omawiania ich uczuć z aktywnością mózgu, którą widzieliśmy na ekranie, zaczęliśmy łączyć emocje i sposoby myślenia o świecie z mechanizmami neurobiologicznymi. W swojej pierwszej publikacji, z roku 2009, opisaliśmy coś naprawdę istotnego.

Kiedy uczestnicy badania, leżąc w skanerze, mówili, że poczuli się głęboko poruszeni historiami, które im przedstawiliśmy, obserwowaliśmy aktywność w rdzeniu mózgu, który działa tuż poniżej poziomu świadomości i jest niezbędny do utrzymania podstawowych funkcji życiowych. Widzieliśmy także aktywność w wyspie, obszarach SN, które wyczuwają wewnętrzne sygnały ciała, jak na przykład przyspieszenie bicia serca w wyniku wysiłku, zakochania lub strachu, oraz w przednim zakręcie obręczy, który jest węzłem połączeń mózgowych ważnych dla emocji, motywacji i uczenia się. Obserwowaliśmy również aktywację w korze tylno-przśrodkowej DMN – dużych obszarach w środkowej części tylnej części głowy, które odnoszą się do stanów świadomości, takich jak przechodzenie z płytkiego do głębokiego znieczulenia.

Podsumowując, udowodniliśmy to, co wcześniej postulowali m.in. Damasio: emocje społeczne, takie jak podziw i współczucie – które wymagają złożonych wniosków dotyczących doświadczeń, intencji, przekonań, wartości, relacji i wyobrażonej przyszłości innych ludzi – angażują wiele z tych samych układów mózgowych, które odpowiadają z utrzymanie nas przy życiu. SN nie tylko odbiera sygnały ciała, ale także jest ważna dla wszelkich emocji, w tym poczucia sprawczości. Dzięki niej to, o czym myślimy, staje się istotne, przyjemne, piękne, bolesne, odpychające, interesujące lub pilne. Daje nam zastrzyk energii, gdy zauważymy coś, co nas interesuje. A także bierze udział w podejmowaniu decyzji i rozpoznaniu – ważąc znaczenie informacji, by skłonić nas do przejścia między różnymi trybami myślenia.

Teraz wiemy, że wzrost poziomu hormonów związany z okresem dojrzewania nie tylko zaostrza emocje, nadając ideom i interakcjom głębokie znaczenie, ale także rozpoczyna krytyczny okres plastyczności sieci mózgowych, w tym DMN, ECN i SN. Nastolatki reagują silnie na sygnały, które powodują reorganizację kluczowych sieci w odpowiedzi m.in. na społeczne doświadczenia. Ten długi czas rozwoju mózgu pozwala nam efektywnie adaptować się do oszałamiającej różnorodności środowisk fizycznych i społecznych – od równika po Arktykę, od grup łowiecko-zbierackich do miast liczących miliony mieszkańców. To niezbędne do bycia człowiekiem.

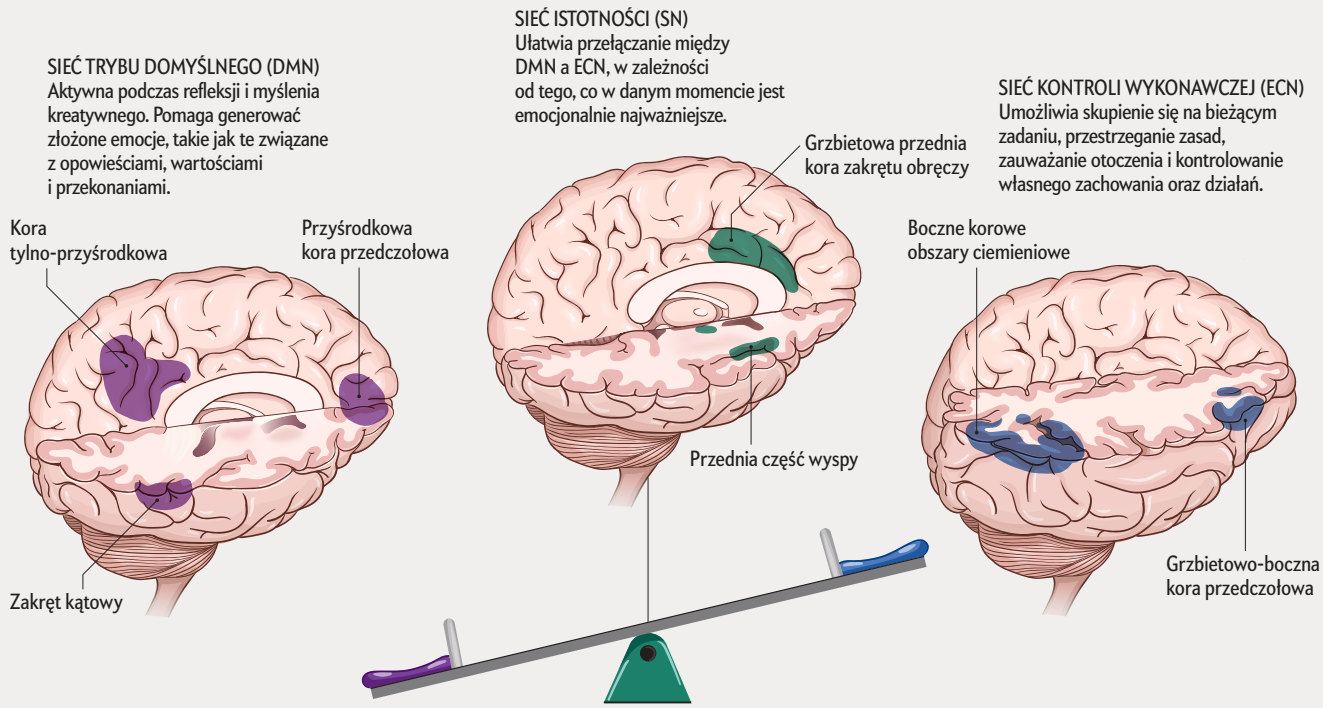
PRZEZ LATA EKSPERYMENTÓW i formułowania teorii zgłębiałam, jak złożone emocje społeczne funkcjonują w mózgu, aż w 2014 roku założyłam własne laboratorium badawcze. W serii badań przeprowadzonych w Pekinie i Los Angeles wraz z moją studentką Xiao-Fei Yang (zbieżność nazwisk przypadkowa) udokumentowałyśmy, jak kultura wpływa na procesy mózgowe związane z doświadczaniem emocji społecznych, takich jak podziw czy współczucie. Wspólnie z Darbym Saxbe, wtedy na stażu podoktorskim, wykazaliśmy, że ludzie różnią się pod względem reakcji mózgowych w czasie przeżywania emocji społecznych – i że sposób, w jaki wypowiadają się w wywiadach, może być predyktorem sposobu przetwarzania tych emocji na poziomie neuronalnym.

Praca z miejscowymi nastolatkami oraz grupą wyjątkowo zdolnych studentów sprawiła, że zaczęłam się zastanawiać, jak kombinacja hormonów i świeżo nabytej umiejętności abstrakcyjnego myślenia społecznego i emocjonalnego działa na mózgi młodych ludzi. To, że przetwarzanie emocji różni się w zależności od osoby i jest kształtowane przez kulturę, co wykazaliśmy, sugerowało, że jednostki przynajmniej częściowo uczą się, jak przeżywać skomplikowane emocjonalne doświadczenia – i że możemy to uchwycić, łącząc wywiady

eprasa.pl fd436c8696

Sieci transcendentnego myślenia

Trzy główne sieci mózgu odgrywają kluczową rolę w wielu aspektach funkcjonowania psychicznego. Sieć trybu domyślnego (default mode network, DMN) jest skierowana do wewnątrz i refleksyjna; pomaga nam budować poczucie tożsamości. Sieć kontroli wykonawczej (executive control network, ECN) koncentruje się bardziej na świecie zewnętrznym i umożliwia skupienie uwagi na konkretnych celach. Sieć istotności (salience network, SN) konstruuje różne odczucia, oceniając ich znaczenie i pilność, by przełączać myślenie między DMN a ECN. Myślenie transcendentne, które elastycznie przełącza się między tymi sieciami, wydaje się wzmacniać połączenia między DMN a ECN oraz poprawiać dobrostan.



z obrazowaniem fMRI. Wraz m.in. z moimi studentkami Rebeccą Gotlieb i Yang uruchomiliśmy w końcu ambitny projekt badawczy, którego celem było sprawdzenie, jak sposoby, dzięki którym nastolatki nadają sens swojemu życiu, są powiązane z mechanizmami mózgowymi – i jak te wzorce myślenia mogą zmieniać ich mózgi.

W 2012 roku mój zespół zrekrutował 65 uczniów publicznych szkół średnich w Los Angeles. Natolatki, w wieku od 14 do 18 lat, wywodziły się z różnorodnych biednych miejskich społeczności. Celem badania była długoterminowa obserwacja rozwoju zdolności myślenia i mózgu. Uważaliśmy, że ci młodzi ludzie są szczególnie narażeni na złożone wyzwania i ta wyjątkowa sytuacja pozwoli im dostrzec złożoność ich środowiska społecznego. Pokazaliśmy im filmy o prawdziwych historiach nastolatków z całego świata i spytaliśmy o ich odbiór. Później tego samego dnia zbadaliśmy ich mózgi na trzy sposoby w skanerze fMRI. Procedurę tę powtórzyliśmy po dwóch latach, a przez kolejne trzy kontynuowaliśmy badanie za pomocą ankiet internetowych i rozmów telefonicznych. Większość uczestników eksperymentu przekroczyła już wtedy dwudziestkę.

Wszyscy badani przynajmniej częściowo stosowali szerszy kontekst – mówili o wnioskach, jakie wyciągnęli z przedstawionych im historii, zwłaszcza wtedy, gdy były to historie szczególnie wzruszające. Na przykład pokazałam Iseli, jednej z uczestniczek eksperymentu, film o Malali Yousafzai, nakręcony, gdy ta miała 12 lat i mieszkała w Pakistanie. Dziewczynka postanowiła kontynuować naukę mimo zakazu Talibów. Zapytałam Iselę, jak odebrała tę historię. Oto, co odpowiedziała:

„Poirytowała mnie – dziewczyna chce zostać lekarzem i kontynuować naukę, ale jest smutna […], bo wie, że to będzie bardzo trudne."

Przytaknęłam, a Isela po chwili kontynuowała:

„To niesamowite, jak to na mnie silnie zadziałało […]. Zaczęłam myśleć o mojej własnej edukacji i o tym, że chcę pójść na studia i kiedyś zostać naukowcem. A jeszcze bardziej poruszyło mnie to, że nie wszyscy mają szansę, by zdobyć wykształcenie albo wybrać, co chcą robić w życiu. Uważam, że to nie w porządku."

Isela ponownie zamilkła. Jej wzrok wędrował od wizerunku Malali na ekranie komputera do drzewa za oknem. Mówiła dalej:

„Ponadto, im dłużej o tym myślę, ogarnia mnie coraz większy smutek. W niektórych częściach świata nikt nie chce, żeby ludzie się uczyli, próbuje się ich powstrzymać. Choć jednak ta historia mnie motywuje, by pracować ciężej, by się takie rzeczy nie działy. Każdy, wszędzie, powinien mieć szansę […]. Chciałabym, żeby wszyscy ludzie byli wolni i mogli decydować o swojej przyszłości."

Grafika Ni-ka Ford

eprasa.pl fd436c8696

Po tym, jak empatycznie zareagowała na konkretny przypadek Malali, Isela poszła dalej, rozważając osobiste i etyczne implikacje tej historii. Jak odkryliśmy, wszystkie nastolatki potrafiły myśleć w sposób transcendentny, ale niektóre, jak Isela, o wiele częściej niż inne. Po wywiadzie poddaliśmy uczniów 10-minutowemu badaniu w skanerze fMRI, aby ocenić interakcje pomiędzy sieciami mózgowymi. Przeprowadziliśmy również tzw. obrazowanie tensora dyfuzji (diffusion tensor), które pozwala zmierzyć zmiany w istocie białej mózgu, składające się z otoczonych osłonką mielinową skupisk wypustek neuronów, którymi komunikują się jego odległe regiony. Na koniec uzyskaliśmy obrazy o wysokiej rozdzielczości tkanek mózgowych, aby oszacować objętość różnych obszarów.

Dla porównania, gdyby pomyśleć o mózgu jak o kraju, skany fMRI pokazałyby, jak ludne są poszczególne miasta i jak intensywna jest między nimi komunikacja; tensor dyfuzji odzwierciedla jakość dróg, a obrazy strukturalne wysokiej rozdzielczości jakość miejskiej infrastruktury. Łącząc te miary, otrzymaliśmy spójny obraz zmian w mózgu na przestrzeni czasu i stwierdziliśmy, że odpowiadały one tendencji nastolatków do myślenia transcendentnego zaobserwowanej podczas pierwszego wywiadu.

Historie, które przedstawialiśmy nastolatkom, były poruszające. W jakim stopniu młodzi ludzie byli zmotywowani do odkrywania głębszego sensu tego, czego się nauczyli? Odkryliśmy, że im bardziej zmagali się z problemami, tym silniejszy był wzrost koordynacji między ECN a DMN w ciągu dwóch lat rozdzielających badania fMRI. Świadczyło to, że zwrot nastolatków w stronę myślenia transcendentnego mógł pomóc tym kluczowym sieciom w skutecznej komunikacji.

Isela i inni młodzi ludzie szli dalej przez życie, rozwijali tę tendencję, poświęcając czas i wysiłek na myślenie o tym, co widzieli, czuli i czego się uczyli, a tym samym ćwiczyli połączenia między sieciami. Co więcej, częstsze myślenie transcendentne przyczyniło się również do wzmocnienia wytrzymałości włókien łączących sieci mózgowe.

Co równie ważne, w wielu kluczowych regionach mózgu, zwłaszcza w węzłach sieci SN i płatach czołowych, odkryliśmy, że im bardzie przeważało myślenie transcendentne w pierwszym wywiadzie, tym wolniejsze było związane z wiekiem zmniejszanie się grubości kory mózgowej. W badaniu z 1999 roku Jay Giedd z University of California w San Diego i jego współpracownicy odkryli ten wzór zmniejszania się grubości, porównując rozwój mózgu u osób w wieku od 4 do 20 lat. Uważa się je za odzwierciedlające zwiększoną efektywność mózgu, ponieważ nieużywane połączenia zanikają. Badania pokazują teraz, że historia jest bardziej skomplikowana, ponieważ spowolnione zmniejszanie grubości jest powiązane z mniejszym stresem i wyższą inteligencją. Interesujące jest również to, że u około połowy naszych nastolatków skłonność do transcendentnego myślenia była nawet predyktorem wzrostu objętości kory mózgowej – najwyraźniej sprawiało ono, że mózg rósł szybciej niż się kurczył w wyniku normalnego procesu przycinania synaptycznego.

Im bardziej nastolatki zmagały się z szerszym kontekstem i starały wyciągnąć lekcje ze usłyszanych historii, tym bardziej rozwijały się ich mózgi w ciągu następnych dwóch lat. Myślenie transcendentne zdaje się wspomagać komunikację między DMN a ECN, spowalniać utratę szarej materii, a nawet fizycznie budować mózg. Ten wieloaspektowy wzrost mózgu z kolei, był predyktorem silniejszego rozwoju tożsamości, miary tego, w jakim stopniu nastolatek twierdził, że myśli o tym, kim jest i co reprezentuje, jak opisał to w swojej pracy Erikson. (W przeciwieństwie do tego, nastolatki, które mówią, że „po prostu dostosowują się do większości" i „rzadko próbują czegoś na własną rękę", nie mają silnego poczucia własnej tożsamości.) Co ważne, te wyniki nie wykazywały żadnej korelacji z IQ nastolatków, które zmierzyliśmy, ani z zasobami finansowymi ich rodzin lub poziomem wykształcenia rodziców. Nie miał związku także z płcią czy grupą etniczną.

Jako młodzi dorośli, około pięciu lat po pierwszym wywiadzie i skanie mózgu, młodzież, którą charakteryzowało w większym stopniu myślenie transcendentne i wzrost mózgu, zgłaszała również większą satysfakcję z życia. Odkryliśmy coś naprawdę głębokiego: tendencja nastolatka do wkładania wysiłku w głębokie myślenie i nadawanie sensu temu, co obserwuje, może być sama w sobie źródłem rozwoju mózgu, który wspiera dobrostan.

NASZE WYNIKI są również zgodne z wynikami niedawnych badań w dziedzinie zdrowia psychicznego młodzieży, które są związane z tymi samymi sieciami mózgowymi, których rozwój, jak odkryliśmy, wspiera myślenie transcendentne. Jedno z badań kierowane przez Caterinę Stamoulis z Harvard University niedawno wykazało, że nastolatki ze słabiej połączonymi obwodami mózgowymi były podatniejsze na emocjonalne skutki stresu wywołanego pandemią. Z innego badania, przeprowadzonego przez Patricię Kuhl z University of Washington, w którym wykorzystano tę samą dużą ilość gromadzonych w długim terminie danych, wynika, że stres związany z pandemią wiązał się ze zwiększonym i przedwczesm zmniejszaniem się grubości kory mózgowej u nastolatków. Relacje między tymi wynikami a naszymi są skomplikowane i subtelne, ale generalnie świadczą, że myślenie transcendentne sprzyja wzorcowi strukturalnego wzrostu w korze mózgowej oraz łączności sieciowej, które są związane z odpornością.

Przyczyną zaburzeń nastroju u niektórych osób może być to, że ich umysł wykazuje mniejszą zdolność szybkiego przełączania się między różnymi trybami myślenia. (Ta idea była rdzeniem opracowanej przed ponad ćwierć wiekiem teorii psychiatry dziecięcego Dana Siegela dotyczącej „integracji" umysłu w zdrowiu psychicznym; odpowiada także modelowi „trzech sieci" Vinoda Menona w psychiatrii, obejmującemu SN, DMN i ECN.) Umysł może być tak skoncentrowany na radzeniu sobie z zadaniami lub zagrożeniami, że utkwi w trybie kontroli wykonawczej, martwiąc się lub pracując kompulsywnie, co występuje w przypadku lęku, lub w trybie domyślnym, charakteryzującym się zamyśleniem i niemożnością działania w sposób ukierunkowany na cel,

eprasa.pl fd436c8696

co z kolei oznacza depresję. W przeciwieństwie do tego, młodzi ludzie, którzy potrafią w sposób zorganizowany korzystać z różnych sieci mózgowych, mogą lepiej zarządzać swoją uwagą, umieć stawiać się w sytuacji innych ludzi i ogólnie mieć lepsze relacje z otoczeniem i odczuwać większe zadowolenie z życia.

Kiedy nasi uczestnicy badania byli w laboratorium, poprosiliśmy ich także o zgłoszenie wszelkich aktów przemocy w swojej społeczności, a następnie przeprowadziliśmy wywiady dotyczące rozumienia przyczyn i możliwych rozwiązań takich problemów. Zgodnie z ustaleniami wynikającymi z badań mózgów żołnierzy wysyłanych na wojnę i osób cierpiących na zespół stresu pourazowego, ekspozycja na przemoc u naszych nastolatków była związana ze zmniejszeniem grubości kluczowego regionu mózgu w sieci SN, przedniej części zakrętu obręczy (anterior middle cingulate cortex, ACC), który jest zaangażowany w przetwarzanie bólu, motywację i uczenie się. Na pocieszenie jednak odkryliśmy również, że u nastolatków, które zastanawiały się nad szerszym kontekstem historycznym, kulturowym lub społecznym przestępstw i nie ograniczały do obwiniania bezpośrednich sprawców, wstępował efekt ochronny. Im więc bardziej transcendentne myślenie, tym wolniejsze zmniejszanie się grubości ACC.

Ostatecznie stwierdziliśmy, że myślenie transcendentne może być dla umysłu i mózgu nastolatka tym, czym ćwiczenia fizyczne dla ciała. Uważamy, że nastolatki, które w naszych wywiadach w większym stopniu wykazywały myślenie transcendentne, były na co dzień rozważniejsze i ciekawsze życia, a silne emocje wykorzystywały do napędzania takiego myślenia, a nie powierzchownego i reaktywnego. Wyniki badania świadczą, że młodzi ludzie odgrywają dużą rolę w rozwoju własnego mózgu, próbując zrozumieć społeczne reguły.

Co to oznacza dla społeczeństwa? Szkoły zazwyczaj koncentrują się na tym, co uczniowie wiedzą i potrafią zrobić, a rodzice pomagają dzieciom odnieść sukces w tym ukierunkowanym na wynik systemie. To prawda, że nastolatki potrzebują do nauki bogatych, istotnych treści, a ciężka praca w szkole jest ważna. Jednak nasze badania wskazują, podobnie jak coraz więcej innych, że uwaga powinna skupiać się przede wszystkim na tym, jak nastolatki myślą i czują. Jaką korzyść odniesie się z umiejętności matematycznych, jeśli nie będzie się ich potrafiło wykorzystać przy podejmowaniu decyzji finansowych? Co da znajomość przebiegu wojny secesyjnej bez zdolności głębokiego przemyślenia etyki i motywacji uczestników tego konfliktu oraz jego wpływu na porządek społeczny? Po co studiować nauki przyrodnicze, jeśli nie będzie można wykorzystać zdobytej wiedzy do rozróżnienia podczas pandemii zaleceń fałszywych od opartych na dowodach?

Te wyniki sprawiają, że dociera do mnie, jak uformowało mnie moje wychowanie. Moi rodzice byli ludźmi miasta, ale postanowili wychować swoje dzieci w lesie w Connecticut. Gdy huragan powalił drzewa, powstała przestrzeń, która się stałą pastwiskiem dla zwierząt, które hodowaliśmy i których mlekiem i mięsem się żywiliśmy, a wyrwane pnie przerobiliśmy na deski, z których zbudowaliśmy stodołę i ogrodzenia. Biegałam po lesie z rodzeństwem, przyjaciółmi i psami, jeździłam konno i uczyłam dzieci z sąsiedztwa, jak jeździć, pomagałam owcy w porodzie, a klucza do domu nie widziałam, dopóki nie poszłam na studia. Czasami trudno było mi się odnaleźć w szkolnych strukturach szkoły, bo byłam przyzwyczajona do swobody w poznawaniu świata. Ale jako osoba dorosła, patrząc wstecz, widzę, jak możliwość podążania za swoimi zainteresowaniami przygotowała mnie do angażowania się zarówno w myślenie skupione, jak i otwarte, oraz do nieustannego pielęgnowania swoich pasji.

W 2019 roku, aby skupić się na tych kwestiach, na University of Southern California założyłam Center for Affective Neuroscience, Development and Education (CANDLE). Nasz zespół szczególnie interesuje się ciekawością młodych ludzi i ich gotowością do rozważania różnych perspektyw, wielkich idei i implikacji różnych zdarzeń, a także sposobami, w jakie nauczyciele mogą ich w tym wspierać. Nastolatki są chętne do poznawania skomplikowanych zagadnień. Innowacyjne szkoły mogą zachęcać uczniów do udziału w zajęciach pozwalających na rozwój zainteresowań, poszerzanie wiedzy, doskonalenie umiejętności i zadawanie pytań. Na przykład w tego typu szkołach w stanie Nowy Jork zajęcia kończą się nie testami, ale prezentowaniem przez uczniów tego, czego się nauczyli, przed nauczycielami i kolegami.

Oto jak pewien uczeń w jednej z tych szkół, który zawsze wcześniej miał problemy z matematyką, opisał, jak próbował rozwiązać paradoks dychotomii Zenona z Elei, polegającym na tym, że ktoś idąc do celu, za każdym razem zmniejsza odległość od niego o połowę, ale nigdy celu nie osiąga:

> „Chcę być pierwszą osobą w mojej rodzinie, która ukończy college. […] Nigdy jednak nie wyobrażałem sobie, że mogę osiągnąć taki poziom w matematyce. Szkoła pomogła mi nauczyć się logicznie i nieschematycznie myśleć, stosować różne podejścia […]. Dwa miesiące pracowałem nad rozwiązaniem problemu „dochodzenia do celu" […]. Dzięki temu zacząłem myśleć o granicach i asymptotach. [...] Zafascynowałem się tym, co skończone i nieskończone. Potrafiłem to połączyć ze swoim życiem."

Zastanówmy się – połączył paradoks Zenona ze swoim życiem. Dzięki wsparciu w zakresie konkretnych umiejętności, poczuł, że może zgłębić trudny problem matematyczny, który go zafascynował, być może dlatego, że przechodząc od matematyki (i angażując swoje ECN) do rozważania wielkich idei (i aktywując DMN), uruchomił SN – tę sieć mózgową, która daje „poczucie się sobą".

W myśleniu transcendentnym nastolatki łączą swoją wiedzę i umiejętności oraz silną zdolność przeżywania emocji, nadając sens swoim światom. Na chwilę przestają się zajmować bieżącymi sprawami, zanurzając się w umysłowej przestrzeni, gdzie mogą bezpiecznie eksplorować różne idee i szukać sensu życia. Budują wyobrażone światy, definiują swoje ja, zmagają się z alternatywnymi rozwiązaniami i dochodzą do wniosków, które poprowadzą ich, i nas, w przyszłość. ■

Z NASZEGO ARCHIWUM

Wiek możliwości. Lydia Denworth; czerwiec 2021.

eprasa.pl fd436c8696



Czy łatwo nam coś wmówić?

Najnowsze badania pokazują, jak trudne jest wszczepienie całkowicie zmyślonych wydarzeń do ludzkiej pamięci

BERNICE ANDREWS I CHRIS R. BREWIN

CZY MOŻEMY UFAĆ swojej pamięci? Wiemy, że nasz umysł prowadzi niedoskonały zapis przeszłości. Możemy zapominać lub mylnie zapamiętywać szczegóły, co bywa frustrujące. Naszą uwagę bez trudu da się odciągnąć, przez co możemy przeoczyć kluczowe wydarzenia.

Jednak szczególnie niepokojąca jest myśl, że łatwo tworzymy fałszywe wspomnienia – czyli możemy być przekonani, że przeżyliśmy coś, co w rzeczywistości nigdy się nie wydarzyło. Teza, że bez większego problemu można wszczepić komuś fałszywe wspomnienie całego wydarzenia, bywa wykorzystywana, by podważać wiarygodność zeznań ofiar w procesach sądowych. Na przykład prawnicy reprezentujący producenta filmowego Harveya Weinsteina powoływali się na ten argument, by wzbudzić wątpliwości wobec zarzutów stawianych przez kobiety oskarżające go o napaść seksualną.

Niedawno mieliśmy okazję przyjrzeć się tej kwestii bliżej, analizując dane z badania, które miało na celu odtworzenie jednego z najbardziej znanych eksperymentów dotyczących fałszywych wspomnień.

Eksperyment ten, przeprowadzony przez amerykańskie psycholożki Elizabeth Loftus i Jacqueline Pickrell, został opublikowany w 1995 roku. Loftus już wcześniej wykazała, że można zmanipulować wspomnienia dotyczące szczegółów wizualnych, zadając pytania zawierające nieprawdziwe informacje. Następnie chciała sprawdzić, czy możliwe jest wszczepienie całkowicie fałszywego wspomnienia z dzieciństwa. W badaniu z 1995 roku Loftus i Pickrell wprowadzały badanych w błąd, przekonując ich, że – według relacji rodziców lub starszego rodzeństwa – gdy mieli około pięciu lat, zgubili się w centrum handlowym i zostali odnalezieni przez starszą kobietę.

W trakcie dwóch sesji badaczki usilnie zachęcały 24 uczestników do przypomnienia sobie i opisania jak największej liczby szczegółów tego zdarzenia (które, zgodnie z relacjami rodziny, nigdy nie miało miejsca). Na podstawie odpowiedzi uczestników eksperymentatorzy doszli do wniosku, że jedna czwarta badanych została nakłoniona do częściowego lub pełnego zapamiętania fałszywego zdarzenia. Loftus już wcześniej sugerowała, że niektórzy terapeuci mogą wszczepiać swoim pacjentom fałszywe wspomnienia dotyczące nadużyć seksualnych w dzieciństwie. Eksperyment „zgubienie się w centrum handlowym" miał stanowić dowód, że coś takiego rzeczywiście jest możliwe. Na przestrzeni lat inni badacze również tworzyli u uczestników fałszywe wspomnienia wydarzeń, takich jak przewrócenie misy z ponczem na weselu, lot balonem czy włożenie jakiegoś paskudztwa do biurka nauczyciela.

W artykule z 2017 roku postawiliśmy dwa zasadnicze pytania, które od dawna zadaje się w odniesieniu do tych badań. Po pierwsze, do jakiego stopnia możemy być pewni, że eksperymentatorzy trafnie oceniali, czy uczestnik rzeczywiście miał fałszywe wspomnienie? Na przykład: czy uczestnicy badania rzeczywiście wierzyli w to zdarzenie tylko na podstawie relacji bliskich, czy też mieli wrażenie autentycznego wspomnienia? Po drugie, co tak naprawdę uczestnicy pamiętali? Czy niektóre z tych wspomnień mogły być prawdziwe? Z czego składa się tzw. częściowo fałszywe wspomnienie? W naszej analizie zgłębiliśmy te problemy i doszliśmy do wniosku, że dotychczasowe badania nad fałszywymi wspomnieniami należy traktować ostrożnie – prawdopodobnie jest znacznie trudniej wszczepić komuś fałszywe wspomnienie, niż sugerowały wcześniejsze prace naukowe.

W 2023 roku irlandzka psycholożka Gillian Murphy wraz ze współpracownikami dokładnie powtórzyła eksperyment zgubienia się w centrum handlowym, trzymając się oryginalnej metodologii. W badaniu wzięła udział większa grupa – 123

Bernice Andrews jest emerytowaną profesorką psychologii na Royal Holloway, University of London. Bada pamięć, trudne doświadczenia życiowe, zespół stresu pourazowego (PTSD) oraz metodologię badań naukowych.

Chris R. Brewin jest emerytowanym profesorem psychologii klinicznej na University College London. Zajmuje się badaniem zespołu stresu pourazowego, traumy i pamięci.

Francescoch/Getty Images

eprasa.pl fd436c8696

Nasze odkrycia podają w wątpliwość twierdzenia prawników, że łatwo zaszczepić komuś całkowicie fałszywe wspomnienie.

osoby – i odnotowano, że 35% uczestników miało fałszywe wspomnienie, czyli o 10% więcej niż w pierwotnym badaniu. Jednak gdy spytano ich bezpośrednio, tylko 14% (czyli mniej niż połowa tej grupy) stwierdziło, że rzeczywiście pamiętają to zmyślone wydarzenie.

Dane zebrane przez zespół Murphy oraz transkrypcje wypowiedzi uczestników zostały publicznie udostępnione innym naukowcom, co odzwierciedla rosnącą przejrzystość badań psychologicznych. Byliśmy pod wrażeniem takiego otwartego podejścia do nauki – to jedyny sposób, by naprawdę ocenić, czy twierdzenia dotyczące wszczepiania wspomnień wytrzymują krytykę niezależnych badaczy. Po raz pierwszy możliwe było naprawdę szczegółowe przyjrzenie się temu, co naprawdę się działo.

Zanim przeanalizowaliśmy dane, rozłożyliśmy historię zgubienia się w centrum handlowym na sześć kluczowych elementów: osoba miała około pięciu lat, zgubiła się na dłuższy czas, płakała, została odnaleziona przez starszą kobietę, ponownie spotkała się z rodziną, zdarzenie miało miejsce w konkretnie wskazanym centrum handlowym.

Ku naszemu zaskoczeniu, żaden z uczestników nie zapamiętał wszystkich sześciu elementów. Osoby uznane za mające pełne fałszywe wspomnienie pamiętały średnio mniej niż trzy szczegóły, a te z tzw. częściowym fałszywym wspomnieniem – około jednego. Jeszcze bardziej uderzające było to, że 20% osób z „pełnym" wspomnieniem i aż 60% z „częściowym" nie pamiętało kluczowego elementu, czyli samego zgubienia się.

Odkryliśmy także, że połowa osób, którym przypisano fałszywe wspomnienie, rzeczywiście kiedyś się zgubiła albo przeżyła analogiczną sytuację, ale w innych okolicznościach, niż sugerowali eksperymentatorzy. We wszystkich przypadkach uczestnicy wyraźnie odróżniali prawdziwe wydarzenia od zasugerowanego fikcyjnego. Jeden z nich powiedział: „Moje wspomnienie jest zupełnie inne niż to drugie [zasugerowane]". Inny stwierdził: „Nie bardzo to pamiętam... Ale gubienie się w sklepie to była dla mnie codzienność".

Inni byli tak niepewni szczegółów zawartych w zmyślonej historii, że ich wypowiedzi miałyby niewielką wartość jako dowód sądowy. Jeden z uczestników badania powiedział: „Nie wiem nawet, czy rzeczywiście kiedyś zgubiłem się w sklepie, więc nie jestem pewien, czy to zupełnie zmyślone, czy prawdziwe wspomnienie".

Uwzględniwszy te wszystkie dane, oszacowaliśmy, że tylko pięciu uczestników można uznać za rzeczywiście mających fałszywe wspomnienie, a nie 43, jak twierdzono pierwotnie. Uczestnicy byli bardzo zaangażowani w badanie i podchodzili do oceny swoich wspomnień w sposób rzetelny i świadomy. Ich komentarze pokazały, że porównywali zasugerowany scenariusz z prawdziwymi sytuacjami, zastanawiali się, kto wtedy z nimi był, i rozważali, czy dane centrum handlowe rzeczywiście pasuje. Nazwanie takich rozważań „fałszywym wspomnieniem" nie oddaje w pełni doświadczenia badanych.

Nasze odkrycia podają w wątpliwość twierdzenia prawników, że łatwo można zaszczepić komuś całkowicie fałszywe wspomnienie. Zdecydowana większość tzw. fałszywych wspomnień była znacznie bardziej ograniczona i znacznie mniej przekonująca, niż można by się spodziewać na podstawie wcześniejszych doniesień. Dopóki te kwestie pozostają otwarte, psychologowie powinni z dużą ostrożnością przedstawiać swoje wyniki dotyczące wszczepiania wspomnień. Bardzo łatwo jest przeszacować znaczenie lub zakres naukowych dowodów.

Osoby niezajmujące się psychologią mogą poczuć się uspokojone: mimo że pamięć bywa ograniczona i zawodna, całkowicie fałszywe wspomnienia są trudne do zaszczepienia. W większości przypadków nasza pamięć działa wystarczająco dobrze. I choć warto zachować krytyczny dystans i sceptycyzm, zwłaszcza w kontekście prawnym, nie powinniśmy zbyt pochopnie odrzucać czyjegoś zeznania tylko dlatego, że może być niedoskonałe. ■

Żyć z solastalgią

Dewastacja środowiska naturalnego może wywołać poczucie głębokiej straty, ale także być inspirująca

QUEEN ESSANG

GDY SIEDZĘ w moim ogrodzie w Abudży, w Nigerii, patrząc na otaczający krajobraz, głęboko odczuwam poczucie straty. Falujące wzgórza, niegdyś porośnięte dzikimi paprociami, stokrotkami, łubinem i nawłocią, są teraz usiane inwazyjnymi gatunkami, które zdusiły rodzimą florę. Rzeka, której wody odbijały błękitne niebo i nad którą śmigały ważki, dawniej krystalicznie czysta i pełna ryb, jest teraz zmącona przez osady i zanieczyszczenia z pobliskich budów i pól uprawnych.

To uczucie straty, będące połączeniem nostalgii oraz głębokiego smutku, ma swoją nazwę: solastalgia. Termin ten, zaproponowany przez filozofa Glenna Albrechta, odnosi się do emocjonalnego cierpienia wywołanego zmianami środowiskowymi, szczególnie gdy dotyczą one miejsca, które jest dla nas domem.

Mimo bólu jest jednak nadzieja. Solastalgia mnie inspiruje. Silnie motywuje do działania na rzecz ochrony i odnowy środowisk naturalnych. Przypomina o wartości przyrody i konieczności jej ochrony. Kiedy żal przekuwamy w działanie, zyskujemy siłę, by walczyć o krajobraz, który kochamy, oraz dbać o bioróżnorodność, podejmując konkretne kroki. Nasze więzi z przyrodą są trwałe i warte zachowania dla przyszłych pokoleń.

Dorastając, spędzałam niezliczone godziny w lesie rosnącym za rodzinnym domem, wśród majestatycznych dębów z ich rozłożystymi koronami, sięgających nieba strzelistych sosen oraz wierzb kołyszących się lekko nad brzegiem rzeki. Las był moim sanktuarium. Każde drzewo miało swoją historię, wspomnienie z nim związane. Pamiętam śmiech przyjaciół odbijający się od koron drzew, gdy bawiliśmy się w chowanego, promienie słońca przesączające się przez liście i ciche chwile, kiedy oparta o pień drzewa, czułam jedność z naturą.

Kiedy wróciłam do domu po pięciu latach studiów, uderzyło mnie, jak bardzo zmienił się ekosystem. W miarę jak zmiany klimatyczne przyspieszyły, a urbanistyka ⇨

eprasa.pl fd436c8696



Ropa naftowa zanieczyszcza linię brzegową estuarium w B-Dere w Ogoniland w Nigerii.

wtargnęła w znane mi przestrzenie, zaczęłam mierzyć się z niepokojącą rzeczywistością. Barwny gobelin mojego dzieciństwa się pruje. W jego miejsce pojawia się krajobraz naznaczony zmianą, która wydaje się zła i obca.

Dziś, w moim ogrodzie myślę o dniu sprzed lat, kiedy podczas wędrówki przez bujny rezerwat Stubbs Creek spotkałam samicę wodnej antylopy. Las tętnił życiem: śmigały wiewiórki, od czasu do czasu przemykały lisy. Śpiew rudzików i świstunek, bzyczenie owadów tworzyło symfonię brzmiącą jak dom. Uświadamiam sobie, że wiele z tych drzew wycięto, a w ich miejscu powstały sterylne osiedla mieszkaniowe pozbawione życia i leśnego klimatu.

W sercu tego krajobrazu znajdowało się jezioro Ibeno. Byłam dumna z jego czystej wody, często pływały po nim z gracją rodziny kaczek i gęsi. Jezioro było źródłem radości: miejscem letnich kąpieli, leniwych spędzanych na tratwach popołudni, wypełnionych śmiechem przyjaciół wieczorów przy ogniskach. To tam nauczyłam się rytmu natury. Teraz z rozpaczą obserwuję, jak zakwity glonów duszą wodę, zmieniając jej kolor na mętną zieleń.

Queen Essang mieszka w Federal Capital Territory (FCT), w Abudży w Nigerii. Jest niezależną dziennikarką. Pisze o zmianach w środowisku naturalnym i ich wpływie na psychikę ludzi. Skończyła studia z zakresu botaniki i ekologii na University of Uyo w Akwa Ibom State; jest zaangażowana we wprowadzanie strategii łagodzących skutki zmiany klimatu w departamencie leśnictwa FCT.

Takie emocje czuję nie tylko ja, lecz; wiele osób widzących podobne zmiany swojego otoczenia. Solastalgia jest jak żałoba – ale to smutek nie za osobą, ale za miejscem. To tęsknota za więzią, która wydaje się coraz bardziej nieosiągalna, gdy krajobrazy, które kiedyś znaliśmy i kochaliśmy, nieodwracalnie się zmieniają.

Każdy znany punkt orientacyjny, który znika, każde kurczące się siedlisko, każe mi zastanawiać się nad tym, jak kiedyś różnorodna mozaika przyrody przekształca się w monotonny krajobraz. Ta przemiana zaburza delikatną równowagę natury. Główną przyczyną jest zmiana klimatu, ale i zanieczyszczenia z pobliskich kompleksów przemysłowych. Wylesianie, napędzane urbanizacją, niszczy rozległe obszary leśne, a niezrównoważona eksploatacja ziemi pozostawia blizny, które bardzo powoli znikają.

Nie mogę pozostać bezczynna. Zaczęłam edukować się w kwestii działań na rzecz ochrony przyrody. Dołączyłam do lokalnych grup ochrony przyrody, sadzę drzewa, by przywrócić rodzime gatunki i przeciwdziałać inwazji obcych roślin. Angażuję się też w akcje sprzątania jeziora Ibeno, zachęcając przyjaciół i rodzinę do zbierania śmieci z brzegów, by przywrócić mu naturalne piękno. Staram się podnosić świadomość mojej społeczności.

W rozmowach z rodziną i przyjaciółmi odkrywam, że solastalgia jest doświadczeniem wspólnym. Często wspominamy krajobrazy z młodości, miejsca, które nas ukształtowały. Uświadamiamy sobie, że nasze wspomnienia coraz bardziej dotyczą tego, co straciliśmy, niż tego, co pozostało.

Refleksja nad moją solastalgią uświadamia mi, że to nie tylko uczucie straty, ale także wezwanie do ponownego połączenia się z naturą. Zachęca nas do znalezienia nowych sposobów interakcji z otoczeniem, tworzenia wspomnień mimo zmian i doceniania piękna.

W czasach, gdy wyzwania środowiskowe stają się coraz poważniejsze, solastalgia jest poruszającym przywołaniem tego, co jest stawką. Jest to zaproszenie, by pielęgnować naszą ziemię rodzinną, opowiadać się za jej ochroną i rozwijać głęboko zakorzenione poczucie odpowiedzialności za świat, w którym żyjemy. Stawiając czoła realiom zmieniającego się klimatu, możemy znaleźć pocieszenie nie tylko we wspomnieniach, ale także w naszej zbiorowej zdolności do budowania lepszej przyszłości, w harmonijnej równowadze, która podtrzymuje barwną mozaikę życia. ■

George Osodi/Bloomberg via Getty Images

eprasa.pl fd436c8696

POSZERZAMY HORYZONTY



Wrześniowy numer już w punktach sprzedaży prasy

KUP TERAZ

Od bieżącego wydania możecie kupić nasz miesięcznik także we wszystkich sklepach sieci Lidl.

Prenumerata cyfrowa:
projektpulsar.pl

Prenumerata papierowa:
sklep.polityka.pl/wiz

Prenumerata także z bezpłatną dostawą do wybranego przez Ciebie

InPost Paczkomat 24/7

eprasa.pl fd436c8696

Jak rozmawiać z dziećmi o rasizmie

Dzieci często stykają się z nim już w przedszkolu. Rozmowy na ten temat nie są łatwe, ale konieczne

SYLVIA PERRY

KIEDY MÓJ SYN miał trzy lata, pewnego dnia po przyjściu z przedszkola powiedział, że nie chce się ze mną bawić, bo jestem czarna. Czarni ludzie są niemili, stwierdził, i chciał się bawić tylko z tatą, który był biały, tak jak on.

Byliśmy w szoku, a mnie to zabolało – moje własne dziecko uznało mnie za złą tylko dlatego, że jestem czarna. I choć mój syn jest dzieckiem mieszanym rasowo, sam określił się jako biały.

Jego słowa tamtego dnia niestety potwierdziły to, co od dawna pokazują badania: dzieci przyswajają uprzedzenia rasowe z otoczenia. Zajmuję się społeczną edukacją rasową – badam, w jaki sposób dzieci uczą się o rasie i rasizmie – i wiem, jak wcześnie kształtują się te uprzedzenia. Wiem też, że rozmowy o rasie i rasizmie mogą wpływać na sposób, w jaki dzieci postrzegają innych. A jednak, kiedy biali rodzice mówią mi, że ich dzieci wypowiadają zdania w rodzaju „Czarni ludzie są niemili" albo „Nie chcę bawić się z czarnymi dziećmi", często dodają, że ignorują takie wypowiedzi albo po prostu mówią dziecku, że to „niegrzeczne". Ale bez prawdziwej rozmowy o tym, dlaczego dziecko może tak myśleć i jak się temu przeciwstawić, ono nie pozbędzie się tych uprzedzeń – a nauczy się jedynie nie wypowiadać ich na głos.

W 2022 roku – mimo że badania na temat rozmów białych rodziców z dziećmi o rasizmie dopiero się rozwijały – ja i moi współpracownicy argumentowaliśmy, że są one konieczne. Zwracaliśmy wtedy uwagę na nieoczywiste źródła, z których dzieci mogą przyswajać uprzedzenia rasowe – jak różnorodność (lub jej brak) w kręgu znajomych rodziców, postacie oglądane w telewizji czy różnice dostrzegane między klasami społecznymi.

Ale w 2025 roku subtelność odeszła w przeszłość. W atakach na inicjatywy związane z różnorodnością, równością i włączeniem społecznym (inclusion) administracja Trumpa legitymizuje i wzmacnia rasizm w sposób, który dzieci – szczególnie białe – bez wątpienia zauważają. Jeśli mój trzyletni syn był w stanie chłonąć skierowane przeciwko osobom czarnoskórym przekazy nawet wtedy, gdy jawny rasizm był szeroko potępiany, wyobraźmy sobie, co przyswajają dzieci dziś, w klimacie, w którym przywódcy polityczni otwarcie rasizm promują.

Biali rodzice, którzy uważają się za egalitarnych, muszą zrozumieć, że stawka jeszcze nigdy nie była tak wysoka. Jeśli chcecie wychować dzieci, które odrzucają rasizm, a nie przyswajają go biernie, rozmawiajcie z nimi o rasie i rasizmie – tu i teraz.

Już w wieku przedszkolnym dzieci zaczynają kojarzyć czarnoskóre z cechami negatywnymi, a osoby białe – z pozytywnymi. Te uprzedzenia kształtują się wtedy, gdy dzieci zauważają wzorce – kto sprawuje władzę, jak różne grupy są przedstawiane w mediach i jak inni się do najmłodszych odnoszą. Nawet mniej oczywiste, niewerbalne sygnały – jak uśmiech kierowany do jednej grupy i marsowa mina wobec drugiej – wpływają na dziecięce preferencje.

Nic dziwnego, że małe dzieci faworyzują osoby, które otrzymują pozytywne sygnały, i naśladują ich zachowania – co wzmacnia uprzedzenia. Te drobne sygnały się kumulują, kształtując sposób, w jaki dzieci postrzegają grupy rasowe.

Większość rodziców z mniejszości etnicznych rozmawia z dziećmi o rasie wcześnie – by przygotować je na możliwość dyskryminacji. Biali rodzice natomiast często unikają takich rozmów. W naszych badaniach dotyczących rodziców dzieci w wieku 8–12 i 13–17 lat mniej niż 40% białych rodziców rozmawiało z dziećmi o rasie – a wielu z tych, którzy to robili, bagatelizowało rasizm. To unikanie rozmów jest niepokojące, zważywszy na to, jak rozwijają się postawy rasistowskie. Bez wsparcia ze strony rodziców dzieci samodzielnie interpretują wzorce rasowe – i bardzo często utrwalają społeczne uprzedzenia.

Nasze badania pokazały, że jednym z najczęstszych powodów, dla których biali rodzice unikają rozmów o rasizmie, jest przekonanie, że dzieci są „za małe" na takie tematy i że trzeba je chronić przed tą rzeczywistością. Ten lęk jest nieuzasadniony. Badania pokazują, że nawet u małych dzieci, gdy rodzice i nauczyciele otwarcie rozmawiają o rasie – wyjaśniając pojęcia nierówności i sprawiedliwości – u dzieci rozwija się mniej uprzedzeń, wykazują one większą empatię wobec osób kolorowych i lepiej rozpoznają oraz potrafią kwestionować rasizm.

Rozmowy o rasie i rasizmie nie muszą być przytłaczające. Jak w przypadku wielu trudnych tematów, wczesne rozpoczęcie i uczynienie tych rozmów naturalną częścią rodzinnego dialogu może pomóc dziecku lepiej i empatyczniej rozumieć świat. Jak to zrobić?

- Zacznij od rozmów o sprawiedliwości i włączeniu. Dzieci wcześnie rozumieją i cenią sprawiedliwość – można ją wykorzystać jako punkt wyjścia. Czytając z dzieckiem książki lub oglądając telewizję, pytaj: „Czy to w porządku, że ktoś jest inaczej traktowany z powodu swojego wyglądu?" Wybieraj zróżnicowane lektury i filmy, w których bohaterami są osoby kolorowe – nie tylko w rolach ofiar, ale również bohaterów i liderów.
- Używaj języka świadomie i precyzyjnie.. Mówienie dziecku: „Rasa się nie liczy" albo „Wszyscy jesteśmy tacy sami" ignoruje realność rasizmu. Zamiast tego wyjaśnij, że chociaż wszyscy zasługują na równe traktowanie, to niektórzy napotykają niesprawiedliwe trudności z powodu swojej rasy.
- Połącz przeszłość z teraźniejszością. „Dawno temu czarni ludzie nie mogli chodzić do niektórych szkół ani wykonywać określonych zawodów. Chociaż pewne rzeczy się poprawiły, nadal są traktowani niesprawiedliwie z powodu koloru skóry. Czy przychodzi ci do głowy jakiś przykład?"
- Zadawaj pytania otwarte. „Czy kiedykolwiek widziałeś, żeby ktoś był traktowany niesprawiedliwie

Sylvia Perry jest profesorem nadzwyczajnym psychologii i badaczką w Institute for Policy Research na Northwestern University. Zajmuje się społeczną edukacją rasową i z dumą określa się jako mama-naukowiec.

eprasa.pl fd436c8696



Ilustracja Malte Müller

z powodu swojej rasy? Jak się wtedy czułeś?”

- Rozmawiaj o stereotypach i uprzedzeniach. Stereotypy są przyswajane bardzo wcześnie, ale dzieci potrafią je rozpoznawać, jeśli nauczymy je myśleć krytycznie. Kiedy mój syn miał pięć lat, zaczęliśmy rozmawiać o stereotypach – czym są i dlaczego są niesprawiedliwe. Rok później, gdy czytaliśmy *The Sneetches* Dr. Seussa – opowieść o stworzeniach, z których jedne miały gwiazdki na brzuchach i miały negatywne wyobrażenia o tych bez gwiazdek – mój syn od razu skojarzył fakty. „Hej, to stereotyp! – powiedział. – Nie ma powodu, żeby ich nie lubić tylko dlatego, że nie mają gwiazdek.” Zrozumiał, jak stereotypy mogą prowadzić do dyskryminacji. To mogą się wydawać trudne pojęcia, ale dzieci je zrozumieją – jeśli tylko damy im na to szansę.
- Rozmawiaj o rasizmie, kiedy natkniesz się na jego przejawy. Jeśli Twoje dziecko powie coś nacechowanego uprzedzeniem albo zada pytanie związane z rasą – to idealna okazja do rozmowy. Jeśli wypowie coś problematycznego – nie zawstydzaj go. Zamiast tego zapytaj: „Dlaczego tak pomyślałeś/pomyślałaś?” Następnie delikatnie sprostuj błędne przekonania: „To jest stereotyp – czyli niesprawiedliwy sposób myślenia o grupie ludzi.”

  Jeśli razem jesteście świadkami rasizmu – w telewizji, książce lub w rzeczywistości – potraktuj to jako szansę edukacyjną: „Jak uważasz, dlaczego to się stało? Co czuła ta osoba?” Taka postawa nie tylko wspiera empatię i umiejętność patrzenia z perspektywy innych – ale też daje dzieciom wiedzę o tym, jak rozpoznawać dyskryminację i jak na nią reagować, gdy zetkną się z nią ponownie.
- Stwórz wspierające środowisko do zadawania pytań. Dzieci muszą wiedzieć, że wolno im zadawać pytania na temat rasy i rasizmu. Kreuj otwartą, wolną od ocen przestrzeń. Jeśli dziecko poruszy temat rasy – nie uciszaj go słowami „o tym się nie rozmawia”. Zamiast tego powiedz: „Bardzo się cieszę, że zapytałeś/zapytałaś. Porozmawiajmy o tym.” Jeśli dziecko wyraża smutek, złość lub zagubienie wobec niesprawiedliwości – zaakceptuj jego emocje.

Po tej niespodziewanej i trudnej wypowiedzi mojego trzyletniego syna, zaczęłam z nim rozmawiać o rasie. W tamtym wieku identyfikował się jako biały – nie dlatego, że mu tak powiedzieliśmy, ale dlatego, że już zaczął się uczyć, że biel jest postrzegana jako „lepszy” kolor. Jednak dzięki naszym stałym rozmowom jego podejście zaczęło się zmieniać.

Na początku rozmawialiśmy o odcieniach skóry – o tym, że ludzie mają różne kolory skóry i że każdy z nich jest piękny. Z czasem nasze rozmowy objęły sprawiedliwość, historię i doświadczenia osób czarnoskórych. Dziś mój syn ma siedem lat. Pisząc ten artykuł, zapytałam go, jak się identyfikuje. Powiedział: „Jestem osobą mieszanego pochodzenia, potomkiem Afrykanów, którzy byli zniewoleni.” Ale jednocześnie wie, że ma dziadków pochodzących z Polski, Włoch, Irlandii i Anglii.

Te rozmowy nie zawsze są łatwe. Czasami poznawanie trudnych fragmentów czarnej historii sprawia, że mój syn czuje się smutny. Ale czuje też dumę – dumę z bycia częścią dziedzictwa ludzi, którzy walczyli o sprawiedliwość i równe prawa. W miarę jak uczy się, co znaczy być osobą wielorasową w Ameryce, rozmawiamy o złożoności bycia zarówno czarnym, jak i białym. Jego rozumienie rasy wciąż się kształtuje – czasem czuje się rozdarty. Ale najważniejsze jest to, iż wie, że może zadawać pytania, dzielić się uczuciami i że zawsze będziemy otwarci na te rozmowy. Cieszę się, że wtedy podzielił się ze mną swoimi myślami – a jeszcze bardziej, że wie, iż zawsze może do mnie przyjść z pytaniami o rasę i rasizm.

Rozmawianie z dzieckiem o rasie i rasizmie nie czyni go rasistą. Wychowanie dziecka sprzeciwiającego się rasizmowi nie polega na „odhaczeniu” jednej rozmowy. To ciągły proces, który wymaga szczerych i świadomych rozmów.

Jeśli chcemy, żeby przyszłe pokolenia były mniej rasistowskie niż te, które je poprzedziły – powinniśmy działać już teraz. ■

eprasa.pl fd436c8696

Szlakiem wieży

czyli sposoby na ciemne pola

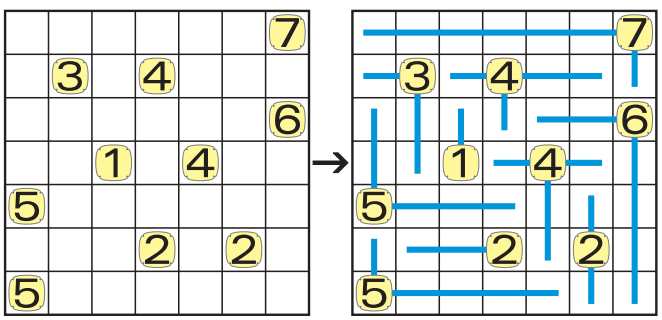
MAREK PENSZKO

WSPOMNIANA TU przed miesiącem łamigłówka zwana *mackami* była chronologicznie pierwszym rodzajem logicznego zadania diagramowego opartego na zasięgu działania wieży szachowej, a ściślej – ataku, a nie tylko samego ruchu. *Macki* debiutowały na łamach japońskiego magazynu „Puzzler" w 1990 roku. Z rozwiązania przykładu (*rys. 1*) łatwo się zorientować, na czym polegają: każda liczba w diagramie stanowi odpowiednik wieży i równa jest łącznej liczbie atakowanych przez nią pól w wierszu i kolumnie, na których przecięciu wieża się znajduje. Zasięgom ataku w poszczególnych rzędach odpowiadają wysuwane przez liczby linie-macki, które powinny spełniać dwa warunki:

a) każde pole musi być atakowane, czyli znaleźć się w zasięgu macki;

b) do każdego pola powinna sięgać tylko jedna macka, a więc macki nie mogą się łączyć ani przecinać.

Oba warunki można ująć w jednym: do każdego pola powinna sięgać jedna i tylko jedna macka.



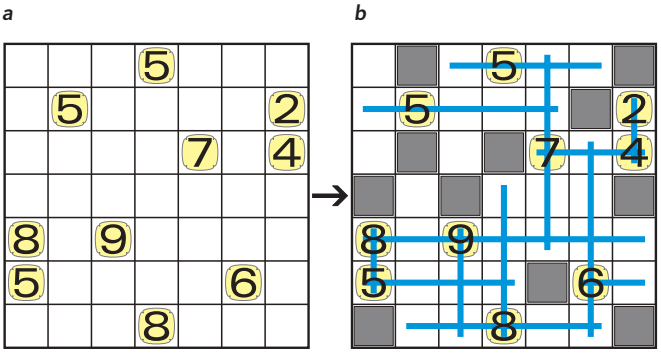
Rys. 1

W Japonii *macki* szybko stały się popularną łamigłówką, towarzyszącą sudoku w prasowych działach rozrywek umysłowych. Zmobilizowało to konkurencję i w roku 1991 magazyn „Nikoli" opublikował bliźniacze zadanie o nazwie *kuromasu*. *Kuro* znaczy „czarny", *masu* – kratka, a nazwa *kuromasu* to jakby skrócone pytanie o miejsca czarnych (ciemnych) kratek. Bliźniaczość jest wyraźnie widoczna na diagramach zadań, ale w regułach obu łamigłówek są istotne różnice, które ujawniają się także podczas ich rozwiązywania.

Na początku wszystkie pola diagramu *kuromasu* są jasne – także te z liczbami-wieżami (*przykład na rys. 2a*). Zaciemnić należy niektóre puste kratki tak, aby:

a) każda liczba-wieża atakowała tyle jasnych pól, ile wynosi jej wartość – wliczając w to także pole z tą liczbą i inne pola z liczbami, jeśli znajdują się one w tym samym rzędzie i jeśli wcześniej na linii ataku nie ma ciemnego pola;

b) ciemne pola nie sąsiadowały w rzędzie (nie miały wspólnego boku), a sąsiadując rogami, nie dzieliły diagramu na części, czyli aby wszystkie pozostawione jasne pola tworzyły jeden spójny wielokąt (zwykle dość „pokrętny").



Rys. 2

Gdyby więc w *kuromasu* oznaczać macki podobnie jak w *mackach*, to granicami ich zasięgu byłyby tylko ciemne pola i oczywiście brzeg diagramu, a w związku z tym możliwe byłoby przecinanie lub pokrywanie się macek.

W rozwiązaniu zadania na rys. 2b jest wiele przecięć, a pokrywają się macki wychodzące z 2 i 4 w siódmej kolumnie oraz wychodzące z 8 i 9 w piątym wierszu. Zatem inaczej niż w *mackach* każdego pola nie musi dosięgać jedna i tylko jedna macka; przeciwnie – pole może być atakowane więcej niż raz albo wcale. *Kuromasu* jest więc zadaniem nieco bardziej skomplikowanym i z natury trudniejszym. Przejawem tego jest także diagramowa arytmetyka. W *mackach* suma liczb i liczby liczb równa jest liczbie pól diagramu. W *kuromasu* natomiast zależność między liczbą pól diagramu (S), a tym, co się w nim dzieje, jest bardziej złożona: poza sumą liczb należy uwzględnić (dodać do S) ciemne pola oraz pola wcale nieatakowane oraz to, że pola nie muszą być w zasięgu tylko jednej liczby (odjąć od S nadmiarowe ataki).

Przy rozwiązywaniu *kuromasu* macek się nie oznacza, bo ograniczałyby to czytelność diagramu – zwłaszcza że łatwo jest określać zasięgi ataku poszczególnych liczb. Koncepcja *kuromasu* jest w porównaniu z *mackami* głębsza i bogatsza, jest to więc ciekawsza rozrywka umysłowa. Warto prześledzić podstawowe sposoby jej rozwiązywania.

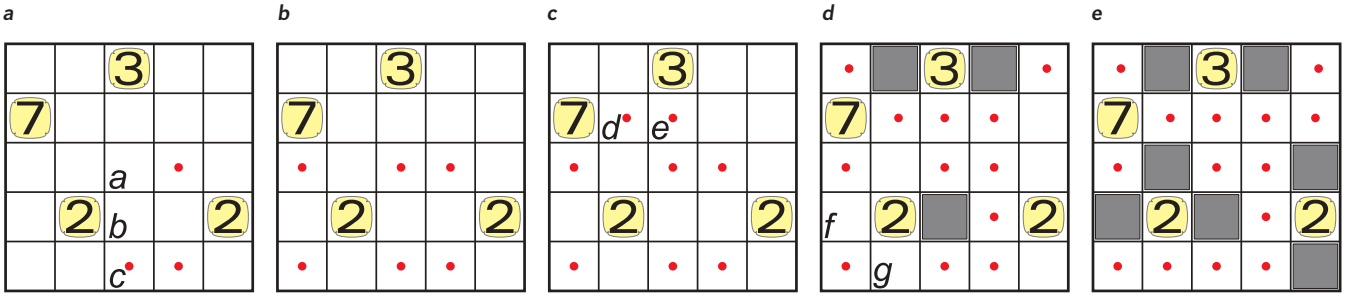
Już na początku i tylko na początku możliwe jest zastosowanie oryginalnej metody: każde pole, na które nie ma wpływu żadna liczba powinno pozostać jasne. Wpływ liczby n w danym kierunku nie jest równoznaczny z zasięgiem ataku. Zasięg obejmuje co najwyżej n-1 kratek (odjęta kratka z cyfrą), natomiast wpływ sięga n-tego pola, bo w przypadku zaciemnienia (n-1)-szego n-te pole pozostanie jasne. Natomiast (n+1)-sza kratka jest poza wpływem cyfry i powinna pozostać jasna – ale tylko pod warunkiem, że zadanie ma jedno rozwiązanie (to warunek standardowy). Gdy bowiem rozwiązań jest więcej, wówczas zaciemnienie (n+1)-szej kratki nie musi prowadzić do sytuacji zabronionej, czyli do podziału diagramu lub sąsiadowania ciemnych kratek, a to może skutkować dodatkowym rozwiązaniem.

W przykładzie na rys. 3a czerwonymi kropkami oznaczone są pola, które pozostaną jasne. Dwa w czwartej kolumnie dlatego, ponieważ znajdują się w rzędach (wierszu i kolumnie) bez cyfr; natomiast jasność pola c wynika z oddziaływania trójki. Jeśli pominąć wpływ dwójek, to pole a będzie ostatnim,

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".

Ilustracje Marek Penszko

eprasa.pl fd436c8696



Rys. 2

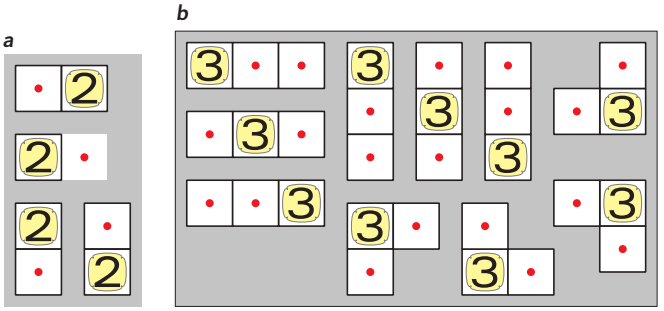
którego może sięgnąć atak trójki, pole *b* ostatnim, będącym pod wpływem trójki, a *c* pierwszym poza wpływem tej liczby.

Inna startowa strategia dotyczy dwójek: wokół każdej pozostaną cztery jasne kratki – te, które stykają się rogiem z polem z dwójką. To nieuniknione, bo tylko jedno pole graniczące bokiem z dwójkowym może być atakowane, czyli jasne, więc trzy pozostałe będą ciemne, a to skutkuje wspomnianymi czterema jasnymi (*rys. 3 b*).

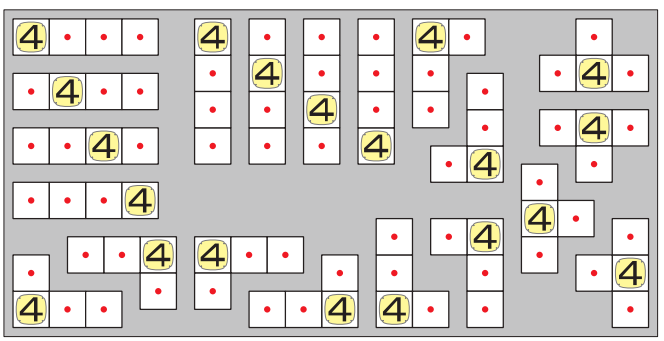
Kolejny elementarny sposób zwany **metodą dopełnienia** polega na oznaczaniu jasnych kratek atakowanych przez liczbę w jakimś kierunku na podstawie mniejszej łącznej sumy atakowanych pól w trzech pozostałych kierunkach. Na przykład 7 na rys. 3 atakuje jedno pole w górę, trzy w dół, zero w lewo i pole przez 7 zajmowane, czyli w sumie 5 pól; zatem w prawo musi atakować 7–5=2 pola (*d i e na rys. 3 c*). W następstwie pozostawienia jasną kratki *e* atak trójki osiąga maksimum, można więc zaciemnić kilka pól ograniczających zasięg trójki, a obok nich oznaczyć kropką jasne kratki (*rys. 3d*). Po tych oznaczeniach pojawia się możliwość skorzystania z **metody nadmiaru**: pole *f* nie może być jasne, bo atak siódemki objąłby 8 pól; zaś po zaciemnieniu *f* jasna musi być kratka *g*, aby narożne jasne pole nie zostało odcięte od jasnego wielokąta (**metoda spójności**). Stąd już tylko krok do finału (*rys. 3e*).

* * *

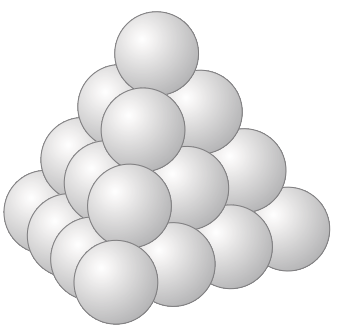
Każdej liczbie w *kuromasu* przypisany jest określony zestaw ataków. Dla dwójki zestaw obejmuje cztery ataki (*rys. 4 a*), trójka dysponuje 10 atakami (*rys. 4 b*), czwórka 20 (*rys. 5*); dalej – od piątki do dziesiątki – zestawy ataków tworzą ciąg: 35, 56, 84, 120, 165, 220, … . To ciąg liczb zwanych czworościennymi, określony wzorem $a_n=n\times(n+1)\times(n+2)/6$. Zgodnie z nazwą *n*-ty wyraz tego ciągu oznacza, iloma kulami o jednakowej średnicy można szczelnie wypełnić czworościan foremny, w którym wzdłuż każdej krawędzi znajdzie się *n* kul (*przykład dla n=4 na rys. 6*). Jak wyjaśnić występowanie takiego samego ciągu dla dwu tak odmiennych obiektów, jak płaskie *kuromasu* i przestrzenny czworościan? Oto zagadka.



Rys. 4



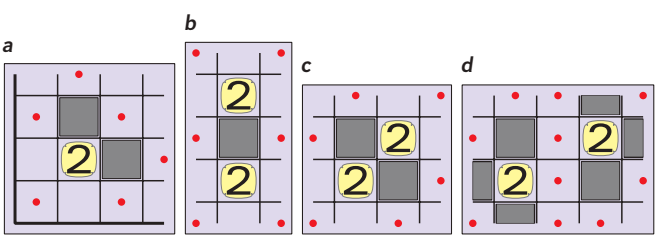
Rys. 5



Rys. 6

Nie każdy atak (*np. z tych na rys. 4 i 5*) jest oczywiście zawsze możliwy do zrealizowania w praktyce – ograniczenie stanowią brzegi diagramu i pojawiające się w trakcie rozwiązywania ciemne pola. Niektóre pozycje liczb stanowią swego rodzaju szablony z polami, które będą zaciemnione lub pozostaną jasne. Najwięcej szablonów zawiera dwójki. Podstawowym jest układ wskazany wcześniej: kratki stykające się rogiem z polem z dwójką zawsze pozostają jasne (*rys. 3b*). Gdy jednak dwójka znajduje się w diagramie w kratce stykającej się rogiem z kratką narożną, to szablon obejmuje także dwa ciemne pola (*rys. 7 a*), bo jasność któregokolwiek z nich prowadziłaby do odcięcia narożnego pola.

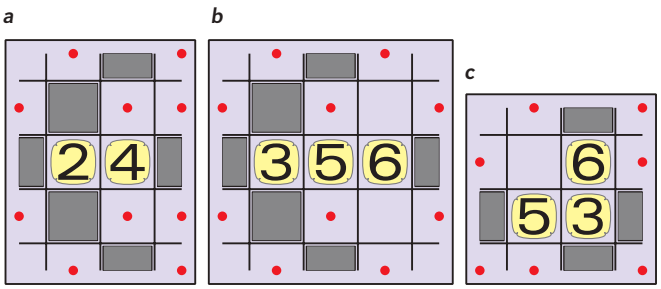
Bardziej spektakularne są szablony z parą dwójek. Najprostszy stanowi sytuacja, gdy pola z dwójkami są w tym samym



Rys. 7

eprasa.pl fd436c8696

rzędzie rozdzielone jedną kratką. Zgodnie z metodą nadmiaru kratka ta musi być ciemna (*rys. 7 b*); ciemna kratka pojawi się także wówczas, gdy zamiast jednej z dwójek będzie dowolna inna liczba. Jeśli natomiast dwójkowe pola będą stykać się rogami, to łatwo sprawdzić, że konieczne będzie zaciemnienie dwóch pól tworzących z dwoma jasnymi dwójkowymi szachownicę 2×2 (*rys. 7 c*). Najwięcej jasnych i ciemnych oznaczeń jest jednak wtedy, gdy para dwójek połączona jest ruchem skoczka szachowego (*rys. 7 d*). Szablonowa jest też sytuacja, gdy dwójka i jakaś liczba X są w sąsiednich polach (*rys. 8 a*). X musi być wtedy większe od 3, bo dla mniejszych X pojawiłyby się sąsiadujące ciemne pola. Jeśli w diagramie $n\times n$ $X=n+1$, to jasny pozostaje cały rząd kratek, w którym jest X.



Rys. 8

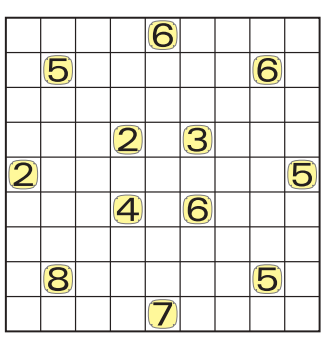
W szablonach pojawia się także trójka – z reguły w towarzystwie dwóch większych liczb. Dwa przykłady na rys. 8b i 8c.

Oryginalny pomysł oraz ciekawa, zróżnicowana strategia rozwiązywania *kuromasu* nie wyczerpują zalet tej łamigłówki. Istotne jest też to, że nawet najtrudniejsze zadanie można rozwiązać wyłącznie na logikę. Wystarczy być spostrzegawczym, aby dostrzec miejsca, w których można zastosować odpowiednią metodę lub skuteczne wnioskowanie. Próbowanie i błądzenie nie jest konieczne, choć oczywiście, jeśli ktoś ma ochotę, może z takiego sposobu skorzystać – na przykład przy rozwiązywaniu poniższych zadań konkursowych.

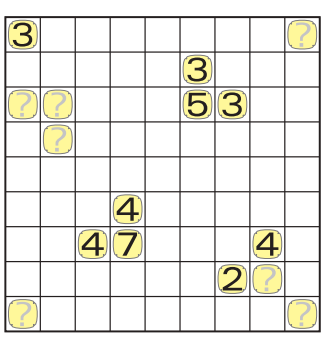
ZADANIA

W rozwiązaniu każdego zadania wystarczy podać liczbę zaciemnionych pól.

1. Zwykłe *kuromasu* (*rys. 9*).



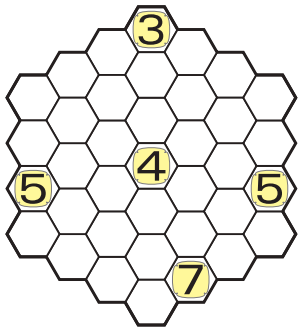
Rys. 9



Rys. 10

2. *Kuromasu*, w którym ujawnione są wszystkie pola z liczbami, ale brak jest siedmiu liczb, więc ich wartości także należy ustalić w trakcie rozwiązywania (*rys. 10*).

3. *Kuromasu* heksagonalne z polami sześciokątnymi (*rys. 11*). Ogólne reguły pozostają bez zmian, tylko liczby-wieże mają więcej kierunków działania: w sześciu kierunkach działa czwórka w środku, w czterech – obie piątki i siódemka przy brzegach, w trzech – trójka w rogu.



Rys. 11

Rozwiązania prosimy nadsyłać do 30 września 2025 roku pocztą elektroniczną (redakcja@swiatnauki.pl), *wpisując w temacie e-maila hasło* ***UG 09/25***. *Spośród autorów poprawnych rozwiązań przynajmniej dwóch zadań wyłonimy pięciu zwycięzców i nagrodzimy ich książką Tao Tao Liu* Chiny. Przewodnik po herosach, smokach i świętych rzekach *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 LIPCOWEGO

1. Dwie liczby złożone łącznie z dziesięciu różnych cyfr, różnica między którymi jest najmniejszą możliwą to 50 123 i 49 876; różnica 247.
2. Najmniejszą liczbą, przez którą trzeba pomnożyć 2025, aby iloczyn był liczbą pandigitalną (złożoną z 10 różnych cyfr) jest 505 427: 2025×50 5427=1 023 489 675.
3. Zbiór kilku liczb pierwszych utworzony z dziesięciu różnych cyfr, w którym najmniejsze są: największa liczba (warunek podstawowy) i suma wszystkich liczb (warunek dodatkowy), tworzą liczby 5, 23, 67, 89, 401 (suma 585).
4. 87159/32064 to ułamek pandigitalny, którego rozwinięcie dziesiętne jest najdalej zgodne (do piątej cyfry po przecinku) z rozwinięciem dziesiętnym liczby Eulera *e* (**2,71828**45...).

Za poprawne rozwiązanie przynajmniej dwóch zadań książkę *Dla kogo jest miasto. Jak stworzyć przestrzeń, która o nas dba* Magdaleny Milert ufundowaną przez Wydawnictwo Poznańskie, otrzymują: Zbigniew Kapusta z Banina, Waldemar Karpiński z Nowego Miasta Lubawskiego, Edward Mazurek z Rawy Mazowieckiej, Krzysztof Szeruga z Wrocławia, Rafał Zorychta z Janowic.

Rozwiązanie zagadki matematycznej ze strony 8

Zaczynamy od równoczesnego zapalenia jednego końca lontu A i obu końców lontu B. Dokładnie w momencie wypalenia się lontu B (po 30 minutach) należy zapalić drugi koniec lontu A. Od tej chwili minie 15 minut do momentu, gdy płomienie na obu końcach lontu A się spotkają.

eprasa.pl fd436c8696

Serwis popularnonaukowy Pulsar

POPULARYZATOR NAUKI 2024

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



MAŁGORZATA OWCZARSKA:
Wolność, równość, hydrowspólność – opowieść o błękitnej humanistyce



ZUZANNA ŚWIRAD:
Na brzegach niepewności, czyli co mówią klify

ANDRZEJ DZIEMBOWSKI:
Pac-Many rozkładamy na części pierwsze



Zaprenumeruj nas:
projektpulsar.pl

eprasa.pl fd436c8696

Jak rozumieć badania przesiewowe w kierunku autyzmu

Wartość predykcyjna badań przesiewowych zależy od częstości występowania zaburzenia

Tekst CHRIS SHELDRICK
Grafika AMANDA MONTAÑEZ

PONIEWAŻ DBAMY O BEZPIECZEŃSTWO, zdrowie i szczęście naszych dzieci, istotne jest dla nas wczesne wykrywanie i leczenie różnego rodzaju zaburzeń, w tym rozwojowych. Z tego powodu pediatrzy podkreślają wagę badań przesiewowych, pozwalających m.in. stwierdzić opóźnienia rozwojowe, problemy emocjonalne i spektrum zaburzeń autystycznych (dla uproszczenia będziemy je dalej nazywać autyzmem). Rezultaty takich badań, niestety, niekoniecznie uspokajają. Na przykład gdy wynik badań autyzmu okaże się „dodatni", może to być dla rodziców szokiem. Co oznacza taki rezultat i na jakiej podstawie lekarz uznaje dziecko za autystyczne?

Okazuje się, że wyniki badań przesiewowych nie dają prostej odpowiedzi „tak" lub „nie" na pytanie, czy dziecko jest chore. Identyfikacja w dużym stopniu zależy od szacunkowej częstości występowania danego schorzenia. Wykrywanie rzadkich schorzeń, takich jak autyzm, jest znacznie trudniejsze, niż byśmy chcieli. Rodzice powinni o tym wiedzieć, zapoznając się z wynikami badań dziecka. Zrozumienie, dlaczego tak jest, wymaga poznania kilku podstawowych faktów dotyczących badań przesiewowych.

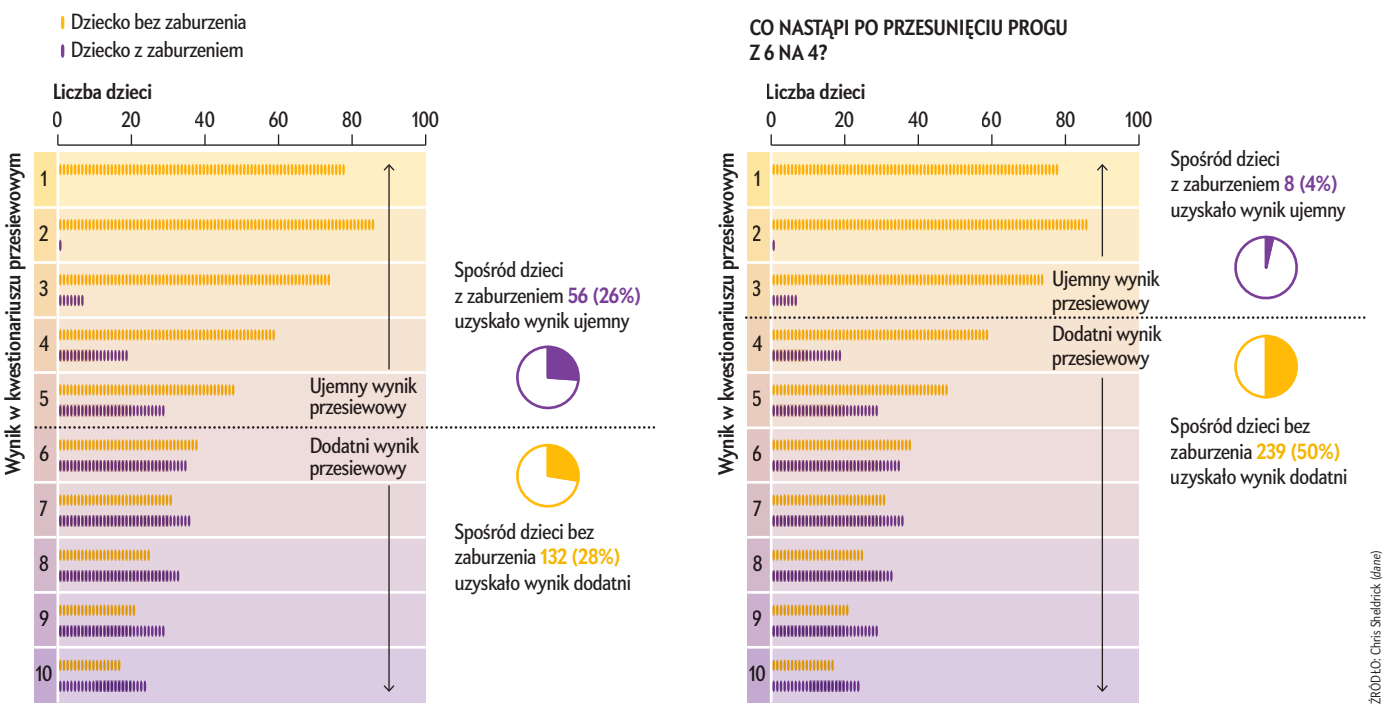
W uproszczeniu kwestionariusz służący do przeprowadzania badań przesiewowych jest standardowym zestawem pytań stawianych w celu identyfikacji lub przewidywania określonych chorób albo potencjalnych przyszłych problemów ze zdrowiem lub jakością życia. Na przykład badanie przesiewowe w kierunku autyzmu zazwyczaj obejmuje pytania na temat zachowań, o których wiadomo, że są wczesnymi objawami i które często dotyczą sposobu, w jaki dzieci się komunikują. Zwykle odpowiedzi są punktowane – na przykład „tak"=1, a „nie"=0. Czasem w przypadku kluczowych etapów rozwoju wyniki są w ramach oceny porównywane z wynikami innych dzieci w tym samym wieku. W każdym przypadku odpowiedzi są łączone, dając końcowy wynik.

W większości kwestionariuszy przesiewowych są także podane progi, powyżej których wynik uznaje się za „dodatni". Takie określenie jest dla lekarzy zrozumiałe, ale może być mylące dla rodziców. Dodatnie wyniki zwykle oznaczają ryzyko – wyższe prawdopodobieństwo autyzmu lub innego zaburzenia.

Skąd wiemy, że wyniki dodatnie wskazują na wyższe prawdopodobieństwo schorzenia? Naukowcy określają testy przesiewowe, które mogą potwierdzać to ryzyko, jako „zwalidowane". Są tworzone przez porównanie wyników testów przesiewowych z wynikami precyzyjnej obiektywnej oceny. Jeśli z badań wynika, że prawdopodobieństwo wystąpienia zaburzenia jest wyższe u dzieci z wynikiem dodatnim niż u tych z wynikiem ujemnym, kwestionariusz przesiewowy uznaje się za trafny diagnostycznie. Jeśli identyfikuje on dzieci, u których zaburzenie rozwinie się w przyszłości, kwestionariusz uznaje się za trafny predykcyjnie.

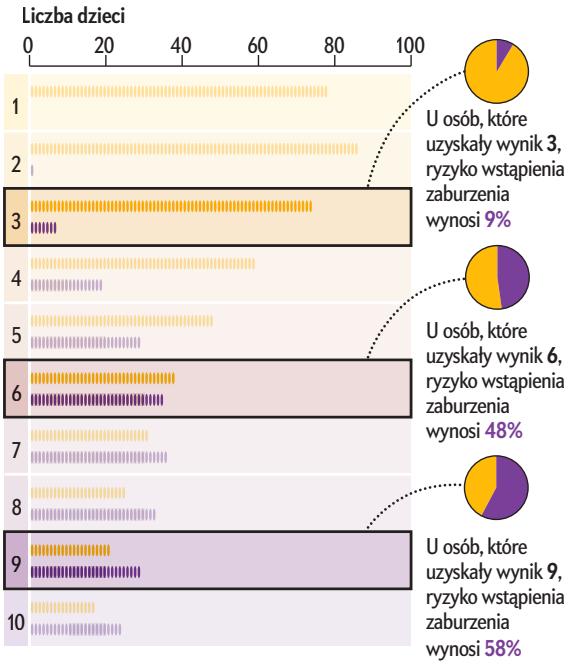
Dobre narzędzie przesiewowe może pomóc w oszacowaniu prawdopodobieństwa wystąpienia choroby. Wyobraźmy sobie, że setki rodziców wypełniają zwalidowany kwestionariusz przesiewowy, a celem jest wykrycie nie tylko autyzmu, ale też innych problemów rozwojowych i behawioralnych. Przyjmijmy, że jedno na troje dzieci ma zaburzenia, które chcemy zidentyfikować.

Każdy próg przesiewowy wiąże się z kompromisem



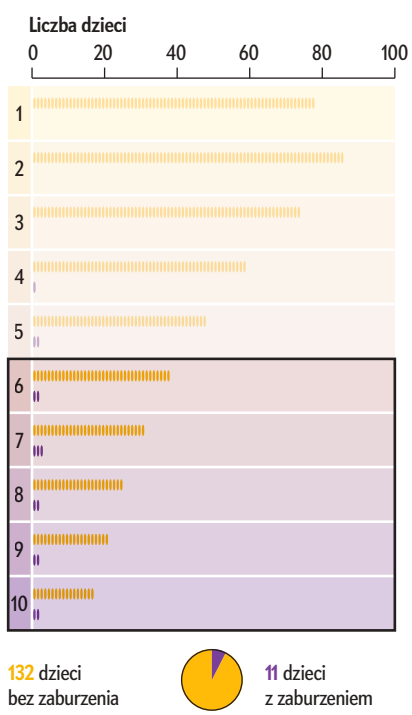
eprasa.pl fd436c8696

Wartość predykcyjna testu zmienia się dla różnych wyników



Wartość predykcyjna testu zależy od częstości występowania zaburzenia

W tym rozkładzie wyników liczba dzieci z zaburzeniem odzwierciedla aktualny szacunek częstości występowania autyzmu u dzieci (2,8%).



U osób, które uzyskały wynik **6 lub więcej punktów** w kwestionariuszu, ryzyko wstąpienia zaburzenia wynosi 8%.

Załóżmy, że w naszej hipotetycznej próbie u 289 dzieci wynik badania przesiewowego okazał się dodatni z progiem 6, a spośród nich u 157 rzeczywiście występuje zaburzenie. Szacujemy zatem, że 54% dzieci, u których wynik badania przesiewowego jest dodatni, będzie występowało zaburzenie. Naukowcy nazywają tę wartość dodatnią wartością predykcyjną (positive predictive value, PPV). Jednak to, że dodatni wynik badania przesiewowego wskazuje na 54% prawdopodobieństwa wystąpienia zaburzenia u dziecka, wcale nie jest tak oczywiste. Należy bowiem pamiętać o co najmniej czterech zastrzeżeniach.

Po pierwsze, niezależnie od tego, jak wiele badań naukowych leży u podstaw kwestionariusza, każdy próg badania przesiewowego wiąże się z kompromisem. Przyjmijmy, że w naszej przykładowej grupie badań przesiewowych z progiem 6 26% dzieci z zaburzeniem uzyskało wynik ujemny. Osoby obawiające się, że przy takim progu wykrywalność może być niedostateczna, mogą optować za jego obniżeniem. Po zmianie z 6 na 4 większość osób z zaburzeniem uzyskałaby wynik dodatni. Jednak 46% dzieci w naszym przykładzie, u których wynik testu przesiewowego wynosi 6, nie choruje. Gdyby jednak osoby obawiające się, że niepotrzebnie nastraszą rodziny dzieci, zażyczyłyby sobie wyższego progu, wówczas wynik dodatni przy progu 6, mógłby przestać być dodatni.

Po drugie, biorąc pod uwagę te kompromisy, warto też rozważyć sam wynik badania przesiewowego. W naszym przykładzie wynik 6 lub wyższy oznacza wynik dodatni. Załóżmy, że u 73 dzieci wynik wynosi dokładnie 6, a tylko 35 z nich jest zaburzonych. Te 48% wskazuje na mniejszą dokładność niż przy PPV równym 54%. Taka sytuacja nie jest rzadkością. PPV reprezentuje średnią wszystkich dodatnich wyników badań przesiewowych. Zatem wartość PPV wskazuje tendencję do zawyżania prawdopodobieństwa wyników bliskich progowi i zaniżania prawdopodobieństwa bardzo wysokich wyników badań.

Po trzecie, prawdopodobieństwo predykcyjne jest silnie uzależnione od częstości występowania zaburzenia, czyli od odsetka dzieci z zaburzeniem w populacji. Wszystkie opisane dotychczas przykłady odnoszą się do tego samego badania przesiewowego – tj. takiego samego odsetka dzieci z zaburzeniem, których wynik badania przesiewowego jest dodatni, i takiego samego odsetka dzieci bez wyniku ujemnego. Wspomniana częstość występowania zaburzenia u dzieci ma jednak kluczowe znaczenie. Jeśli wynosi ona 2,8% (obecne szacunki dla autyzmu), a wynikiem testu jest 6 lub więcej, to prawdopodobieństwo faktycznego wystąpienia zaburzenia u dziecka równe jest zaledwie około 8%.

Można to zrozumieć, zauważając, że gdy częstość jest niska, na każde autystyczne dziecko przypada wiele dzieci bez autyzmu. Z każdym z tych dzieci bez autyzmu wiąże się małe prawdopodobieństwo „fałszywie dodatniego” wyniku badania przesiewowego. Przy małej częstości występowania zaburzenia liczba wyników fałszywie dodatnich może przewyższyć liczbę wyników prawdziwie dodatnich, nawet w przypadku dokładnego testu przesiewowego. Zdumiał mnie początkowo ten fakt, jednak wszystkie tego typu testy są w ten sposób uwarunkowane częstością występowania zaburzenia. Przewidywanie nietypowych zdarzeń nie jest łatwe (inny przykład: jeśli wynik testu na grypę jest dodatki, prawdopodobieństwo zachorowania jest niższe poza sezonem grypowym).

I wreszcie – jest powód, dla którego słowo „zwalidowany” umieściłem na początku w cudzysłowie. Nic nie jest idealne i zawsze powinniśmy zadawać sobie pytania o to, do jakiego stopnia wyniki wcześniejszych badań mogą się stosować do dzieci żyjących później w różnych środowiskach. „Zwalidowane” testy przesiewowe mogą być przydatne i zasługują na naszą uwagę – ale przy ich ocenie powinniśmy też kierować się rozsądkiem. ■

Chris Sheldrick jest psychologiem, zajmującym się interwencyjnymi programami badań przesiewowych nakierowanymi na poprawę zdrowia psychicznego dzieci i ich rodzin. Co także istotne – jest wzorowym ojcem.

eprasa.pl fd436c8696



50, 100 i 150 lat temu

1975 ZIEMIA WYSTRZELIWUJE NASIONA W KOSMOS

„Wyobraź sobie, że Ziemia była przez eony obserwowana przez niezwykle cierpliwego pozaziemskiego obserwatora. Nic – poza odrobiną wodoru i helu – nie opuszczało planety. Aż nagle, niecałe 20 lat temu, Ziemia zaczyna, niczym dmuchawiec rozsiewający nasiona, wystrzeliwać malutkie kapsuły w cały wewnętrzny Układ Słoneczny. Najpierw kapsuły trafiają na orbitę wokółziemską. Sześć z nich l ąduje na Księżycu, a z każdej wychodzą dwa małe organizmy. Pięć małych statków wchodzi w piekielną atmosferę Wenus. Ponad tuzin zostaje wysłanych na Marsa. Dwa statki kosmiczne z powodzeniem przecinają pas asteroid, przelatują blisko Jowisza i dzięki jego grawitacji zostają wyrzucone w przestrzeń międzygwiezdną.

Jest oczywiste – może odnotować obserwator – że dzieje się coś interesującego. Weszliśmy, niemal tego nie zauważając, w erę eksploracji największej od czasów renesansu, kiedy to w zaledwie 30 lat Europejczycy przepłynęli Ocean Spokojny i poznali cały glob. Naszym nowym oceanem jest cienki dysk przestrzeni zajmowany przez Układ Słoneczny. Za kilka stuleci nasza epoka może być pamiętana przede wszystkim jako czas, w którym mieszkańcy Ziemi po raz pierwszy nawiązali kontakt z ogromnym kosmosem, w którym zanurzona jest ich maleńka planeta."
Carl Sagan

1925 TELEWIZJA PRZEZ RADIO

„C. Francis Jenkins, eksperymentator w dziedzinie fotografii radiowej z Waszyngtonu (Dystrykt Kolumbii), zademonstrował urządzenie, za którego pomocą obrazy poruszających się obiektów – w tym holenderskiego wiatraka i taśmy filmowej – były przesyłane drogą radiową na odległość pięciu mil i odtwarzane na miniaturowym ekranie o wymiarach 10 na 8 cali. Nadajnik znajdował się na stacji NOF, w pobliżu Anacostii (D.C.), a odbiornik – w laboratorium Jenkinsa. Przewiduje on, że proces zostanie tak udoskonalony, że będzie można transmitować na duże odległości mecze baseballowe i walki bokserskie."

KSIĄŻKI DOBRZE NAPISANE

„Poniżej kilka niedawno wydanych książek, które można polecić za jasność ujęcia tematu – dostępnych w dziale książek »Scientific American«:

Red-Lead and How to Use It in Paint, autor Sabin

White-Lead: Its Use in Paint, autor Sabin

The Science of Knitting, autor Tompkins

Carbureting and Combustion in Alcohol Engines, autorzy: Sorel, Woodward, Preston

Evolution and Animal Intelligence, autor Holmes

I Believe in God and in Evolution, autor Keen

God or Gorilla, autor McCann"

1875 CINCINNATI JEST CENTRUM USA

„Centrum populacji Stanów Zjednoczonych przesuwało się na zachód, pozostając jednak zadziwiająco blisko 39. równoleżnika – nigdy nie więcej niż 20 mil na północ lub 2 mile na południe od niego. Przez 80 lat przesunęło się tylko o 400 mil i obecnie znajduje się około 50 mil na wschód od Cincinnati, w stanie Ohio."

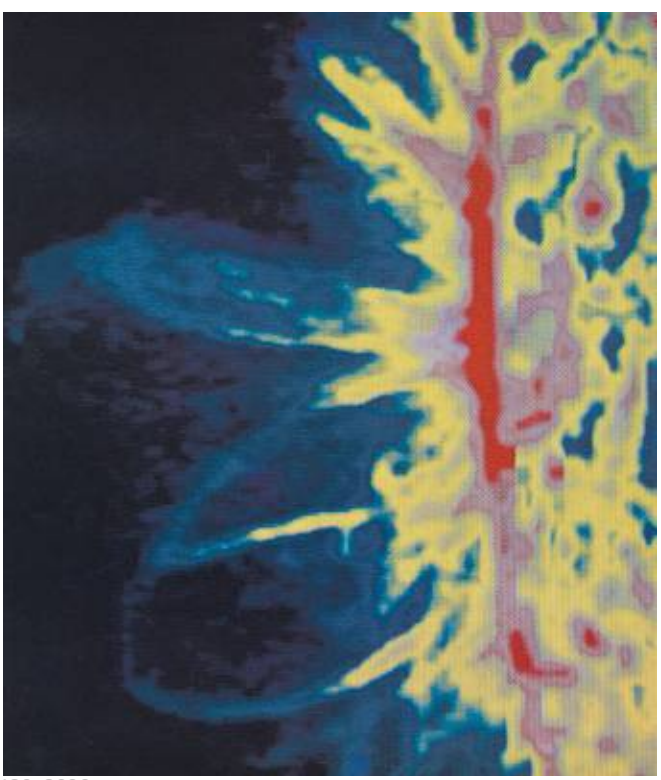
DYLETANCKI SPIRYTYZM

„Większość gazet spirytystycznych w tym kraju wypełnia mdła papka duchów – niezwykle nużąca i bezużyteczna dla każdego, kto nie ma mózgu rozmiękczonego przez gorączkę spirytystyczną. Wyjątkiem jest tygodnik »The Spiritual Scientist«. Autorów kolumn cechuje talent, a redaktorzy pisma z odwagą potępiają publikowanie niezweryfikowanych informacji i bzdur przekazywanych przez pospolite media. Pismo to ostro krytykuje konkurencyjny magazyn »The Banner of Light«, zarzucając mu, że przez ostatnie 10–12 lat co tydzień publikowało rzekome komunikaty duchowe, z których nie więcej niż dwa na sto zawierały cokolwiek ponad dziecięce brednie."

MORZAMI RZĄDZIŁY OLBRZYMIE GANOIDY

„Profesor J. S. Newberry przedstawił opisy nowo odkrytych pradawnych ryb znalezionych w skałach stanu Ohio. Wśród nich znalazł się kompletny szkielet kostny *Dinichthys terrelli* – największego z dawnych opancerzonych ganoid. Tarcza grzbietowa ważyła 30 funtów. Profesor Newberry wyjaśnił, że dwudyszne ryby Afryki i Ameryki Południowej wywodzą się właśnie od tych opancerzonych ganoid i stanowią ostatnią pozostałość grupy ryb, które w okresie dewońskim nie tylko rządziły morzami, ale były też najbardziej zaawansowanymi i potężnymi organizmami ówczesnego świata."

1975 Słoneczne pętle „Pętle na Słońcu pokazane na obrazie w fałszywych kolorach, wykonanym za pomocą ultrafioletowego spektroheliografu Harvard College Observatory, znajdującego się na pokładzie załogowej stacji Skylab na orbicie. Pętle te, będące częścią wewnętrznej korony słonecznej, rozciągają się na około 150 tys. km od zachodniego skraju tarczy słonecznej. Obszary czarne i niebieskie reprezentują najsłabsze promieniowanie, żółte i purpurowe – silniejsze, a czerwone – najbardziej intensywne."



„Scientific American", tom 233, nr 3; wrzesień 1975

eprasa.pl fd436c8696



ŚWIAT NAUKI

POLSKA EDYCJA

SCIENTIFIC AMERICAN



W NUMERZE PAŹDZIERNIKOWYM



Uczulenie na orzeszki ziemne należy do najczęstszych reakcji pokarmowych i jednych z najbardziej niebezpiecznych. Dwa niedawno zatwierdzone rewolucyjne leki na alergie pokarmowe mogą odmienić życie wielu ludzi. O tym w kolejnym numerze,

a ponadto:

Najważniejsza funkcja snu – higiena mózgu

Sekrety Jowisza – co odkryła sonda Juno

RAPORT SPECJALNY

180 lat „Scientific American”

Ile naukowych pewników okazało się błędnych?



Prócz tego:

Gluten – fakty i mity

Kolejny matematyczny przełom

Czarna dziura po sąsiedzku

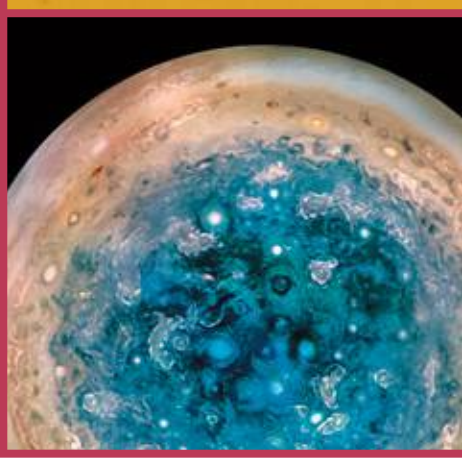
Edward Ashton – astronom od księżyców

Kosmiczne tornado

USA mogą przeciekać

Psi diagności





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 październikowy dostępny od 24 września

eprasa.pl fd436c8696

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 fd436c8696