

SCIENTIFIC AMERICAN

Listopad 2025 nr 11 (411)

Cena 18 zł 99 gr (w tym 8% VAT)

Cudowna
cząsteczka

Geneza ptasich
migracji

Diety
bezglutenowe

Wyprawa donikąd

Porzucony lot
ku gwiazdom.
Gdy naukę
przejmują
miliarderzy



FAST FASHION

Ciemna strona taniej odzieży
– zagrożenie dla zdrowia ludzi
i środowiska naturalnego





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
- podcasty „**Pulsar nadaje**” – już ponad 140 rozmów z najciekawszymi polskimi naukowcami



PIOTR FALISZEWSKI:
Szukam wyjścia
z decyzyjnych labiryntów



JAKUB GROWIEC:
Przyszłość z AI
nie musi być dystopią



INEZ OKULSKA:
Humaniści, wchodźcie
do świata algorytmów





BADANIA KOSMOSU

26 PODRÓŻ DONIKĄD

Kosztowne i ambitne plany międzygwiazdowego lotu po cichu się rozwiały.

SARAH SCOLES

CHEMIA

36 CUDOWNA CZĄSTECZKA

Czy nie powinniśmy mieć zawsze przy sobie buteleczki z kwasem podchlorawym?

JEN SCHWARTZ

ZRÓWNOWAŻONY ROZWÓJ

42 MODA PRZYSZŁOŚCI

Coraz szybsze upowszechnianie się zrównoważonych praktyk w modzie sprawia, że ubieranie się znów staje się przyjemnością.

JESSICA HULLINGER

EWOLUCJA

60 POCZĄTKI PTASIEJ POLARNEJ ODYSEI

Skamieniałości rzucają światło na moment, kiedy ptaki rozpoczęły swoje niesamowite wędrówki do Arktyki w celach rozrodczych.

LAUREN N. WILSON I DANIEL T. KSEPKA

6 WOKÓŁ NAUKI

Moda na przeróbki

REDAKCJA „SCIENTIFIC AMERICAN”

7 FORUM

Pokonać superbakterie

HOWARD DEAN

8 SIŁA MYŚLI

Nie wielkie serce, ale mały fragment mózgu

TOBIAS KALENSCHER

10 SKANER

Słodka woda spod dna ♦ Nieroztropne planety

♦ Dotykanie dźwiękiem ♦ Inwazja subdukcji ♦

Podglądanie nerwów ♦ Dobra orientacja nie

do przecenienia ♦ Zasluchane komórki ♦ Szukamy
 prawdy czy potwierdzenia?

20 Q&A

Jak cofnąć czas

LAUREN J. YOUNG

22 WSZECHŚWIAT

Czy przetrwamy śmierć Słońca?

PHIL PLAIT

24 ZDROWIE

Diety bezglutenowe

LYDIA DENWORTH

25 METRUM

Pierwszy kęs

GILLIAN NEIMARK

70 MATEMATKA

Problem układania klocków z zaskakującym
 rozwiązaniem

JACK MURTAGH

72 UMYŚŁ GIĘTKI

Gramy Szekspira

MAREK PENSZKO

75 SZTUKA RODZICIELSTWA

Co rodzice powinni wiedzieć o social mediach

LAURA EDELSON

78 FAKTOGRAF

Marzenia o fuzji

CLARA MOSKOWITZ I MATTHEW TWOMBLY

80 Z ARCHIWUM „SCIENTIFIC AMERICAN”

Motoryzacyjne prognozy ♦ Nieudana

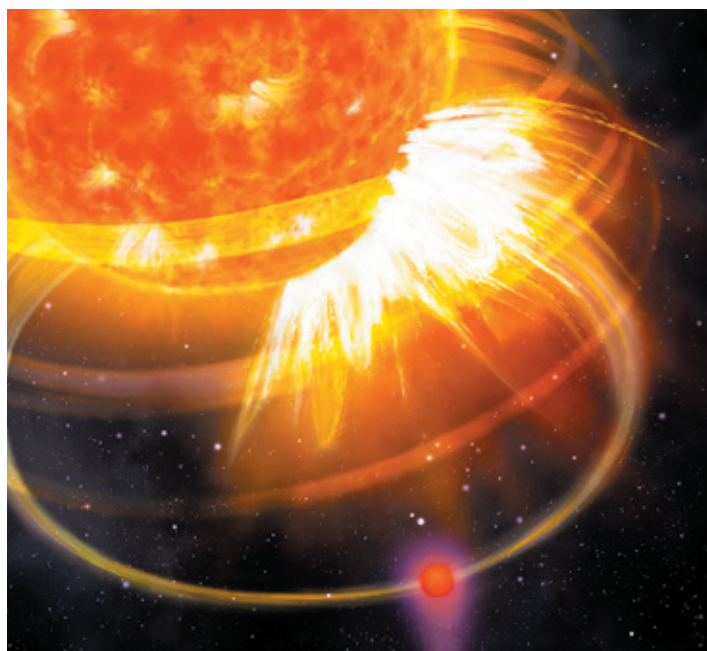
transmutacja ♦ Fizyka w sporcie ♦ Groźna

burza ♦ Niebezpieczna zieleń



8

Malte Mueller/Getty Images



13

Danielle Furselaar (www.arsource.nl)

OKŁADKA



W ramach projektu Breakthrough Starshot, ogłoszonego w 2016 roku, miał zostać wysłany statek kosmiczny do najbliższych naszemu Układowi Słonecznemu gwiazd. Małe, wyposażone w „żagle świetlne” sondy wyniesione w kosmos przez statek-matkę byłyby napędzane z Ziemi przez potężne lasery. Jednak zapal osłabił, większość z obiecanych na te międzygwiazdne podróże funduszy nie została wypłacona.

Ilustracja Eddie Guy

Polska wersja okładki Jolanta Kotas

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 odświeżeniu. 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.

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 Będowska

Redakcja techniczna, skład i łamanie

Jolanta Kotas
e-mail: j.kotas@swiatnauki.pl

Wydawca

POLITYKA Sp. z o.o. SKA
ul. Słupecka 6, 02-309 Warszawa
tel. 22 451 61 33/34; faks 22 451 61 35
www.polityka.pl; e-mail: polityka@polityka.pl

Prezes zarządu

Jerzy Baczyński

Dyrektor wydawniczy

Piotr Zmelonek
tel. 22 451 61 33/34

Dyrektor biura reklamy

Izabela Kowalczyk-Dudek
tel. 22 451 61 36
e-mail: reklama@polityka.pl

Dział Dystrybucji

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

Kontakt w sprawie bezpieczeństwa produktu

gpsr@polityka.pl

Druk P/mnt

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 jakiegokolwiek formie – fotokopii, mikrofilmu czy innych reprodukcji – ani przekładany na język mechaniczny bez pisemnej zgody wydawcy. SCIENTIFIC AMERICAN jest zastrzeżoną nazwą handlową należącą do Scientific American, Inc. w Nowym Jorku i używaną przez firmę Polityka Sp. z o.o. SKA na podstawie umowy licencyjnej.

SCIENTIFIC AMERICAN

Editor In Chief David M. Ewalt

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

President Kimberly Lau

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

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

Drodzy Państwo,

nasz artykuł okładowy w tym numerze jest dość wyjątkowy – nie dotyczy kolejnego sukcesu nauki, lecz porzuconych planów, zawiedzionych nadziei. Każdy, kto pasjonuje się kosmosem, z pewnością marzy o bliższym poznaniu innych niż nasz układów słonecznych. I to marzenie miało się spełnić – niemal dekadę temu pojawił się pomysł (opisywaliśmy go w kwietniowym numerze z 2017 roku), aby wysłać sondy do najbliższych nam gwiazd – układu potrójnego Alfa Centauri. Podróż nie trwałaby bardzo długo, gdyby odbywała się niemal z prędkością światła – cel jest oddalony od Ziemi o ponad cztery lata świetlne. Jak to zrobić? Trzeba użyć laserów – ich wiązka będzie padać na odbijające światło żagle, napędzając przymocowane do nich miniaturowe stateczki kosmiczne. Idea genialna, zapal był ogromny. Przystąpiono do realizacji i, jak to zwykle bywa, wynikły trudności, większe niż zakładano. Jedną z nich dość podstawową – nie dysponujemy na razie wystarczająco potężnymi laserami, a gdyby nawet udało się je skonstruować, stanowiłyby niebezpieczną broń, której prawdopodobieństwo użycia w niecnym celu musiałoby być zerowe. Innymi słowy, na Ziemi powinien panować pokój, a między ludźmi zgoda. Na to się na razie nie zanosi; wręcz przeciwnie – jest coraz gorzej. Tak więc entuzjazm wyparował, chęć prywatnych inwestorów do finansowania projektu zmalała. Pewnie na takie projekty jest jeszcze za wcześnie – ale, na pocieszenie, nie znaczy to, że nic nie osiągnięto, niczego się nie nauczono (s. 26).

Wracamy myślami na Ziemię. A tu pojawił się niemały problem do niedawna chyba zbyt lekceważony, a wynikający z zasady z czegoś całkiem przyjemnego – pogoni za modą. Firmy, starając się zaspokoić klientów, produkują ubrania coraz szybciej i taniej. Kiedyś nowości pojawiały się dwa razy do roku, teraz co tydzień. Pozwalają na to syntetyczne tkaniny i tania siła robocza w biednych krajach. Zbędne ubrania lądują na wysypiskach, plastikowe mikrowłókna zanieczyszczają wodę, glebę i powietrze. W bogatych krajach kupuje się i prawie zaraz wyrzuca coraz większe ilości odzieży, niczego nawet nie usiłując naprawiać. (Pamiętam, jak parę lat temu w gronie ludzi trochę młodszych ode mnie spytałam, co to jest cera, zaznaczając, że nie chodzi o skórę twarzy – nikt nie wiedział). To robi się naprawdę groźne – jak bardzo i co w takiej sytuacji można zrobić, przeczytajcie Państwo na stronie 42.

Polecam także artykuł o początkach ptasich wędrówek – i to tych najdłuższych i najbardziej zaskakujących, bo od bieguna do bieguna. Takiej swoistej pogoni za dniem (s. 60).

A na koniec coś bardziej praktycznego – tekst o wyjątkowym związku chemicznym, łagodnym dla skóry, a jednocześnie zabójczym dla patogenów, dość łatwym do otrzymania, ale nietrwałym, dobrze znanym, choć trochę zapomnianym – warto go poznać, a może tylko sobie o nim przypomnieć (s. 36).

Milej lektury!

Elżbieta Wieteska

Zapraszamy na nasz portal popularnonaukowy

pulsar (www.projektpulsar.pl). Znajdą w nim Państwo

dużą porcję naukowych aktualności (w tym tłumaczenia tekstów ze strony internetowej „Scientific American”), pogłębionych artykułów, ciekawych rozmów z naukowcami, podcastów, a także bieżące i archiwalne wydania „Świata Nauki” oraz „Wiedzy i Życia”.



TŁUMACZE, AUTORZY I KONSULTANCI BIEŻĄCEGO NUMERU

dr Michał Czerny

mgr Marek Krońskiak
Biblioteka Jagiellońska

dr n. med. Ewa Grabowska

Marek Penszko

Andrzej Hołdys

dr Marcin Ryszkiewicz

Za treść ogłoszeń redakcja ponosi odpowiedzialność w granicach wskazanych w ust. 2 art. 42 ustawy Prawo prasowe.

Informujemy, że przesłanie listu do redakcji jest równoznaczne z udzieleniem zgody na jego publikację w czasopiśmie wraz z podaniem imienia i nazwiska jego autora, chyba że autor zastrzegł wyraźnie anonimową publikację.

Sprzedaż aktualnych i archiwalnych numerów czasopisma po cenie innej niż wydrukowana na okładce jest działaniem na szkodę wydawcy i skutkuje odpowiedzialnością sądową.

Technologie po sąsiedzku

Czyli o nierównościach ekonomicznych i szansach rozwoju

Upowszechnianie nowoczesnych, przyjaznych środowisku rozwiązań stanowi obecnie jeden z priorytetów.

Pytanie, w jaki sposób stymulować ten proces. Odpowiedzi na nie poszukiwali badacze z zespołu współtworzonego przez naukowców z Uniwersytetu Warszawskiego, skupiając się na oddziaływaniu grupy odniesienia, czyli wpływie osób z najbliższego otoczenia.

Najbliższe otoczenie należy potraktować tu jak najbardziej dostojnie. Rzeczą dotyczy sąsiadów zamieszkujących w promieniu jednego kilometra. Jednak – co było celem badania i w jaki sposób je przeprowadzono? Jak stwierdzają badacze, dr Jakub Sokotowski z Wydziału Nauk Ekonomicznych UW, dr Jan Frankowski z Centrum Europejskich Studiów Regionalnych i Lokalnych (EUROREG) UW i Karol Madoń z SGH, wszyscy współdziałający w ramach Instytutu Badań Strukturalnych, stawką było zrozumienie, jak różnice w statusie ekonomicznym i nierówności oddziałują na efektywność wpływu grupy odniesienia na adaptację nowych technologii w danym obszarze.

Samo badanie zostało oparte na analizie danych obejmujących ponad 260 tysięcy wniosków aplikacyjnych do programu „Czyste Powietrze” w latach 2018–2022. To jeden z trzech największych programów wsparcia transformacji energetycznej w sektorze mieszkaniowym w Europie. Jego celem jest poprawa jakości powietrza oraz zmniejszenie emisji gazów cieplarnianych przez zastąpienie emisyjnych źródeł ciepła (np. pieców na węgiel) nowoczesnymi i bardziej ekologicznymi technologiami.

Co z tym sąsiedztwem?

Oczywiście – ma wpływ. I to niebagatelny. Jak wynika z ustaleń badaczy, każda dodatkowa instalacja zwiększała prawdopodobieństwo przyjęcia technologii przez kolejne gospodarstwa domowe w najbliższym otoczeniu o 0,014 punktu procentowego. W badanym okresie (trzy lata programu) w przeciętnym obszarze spowodowało to łączny wzrost prawdopodobieństwa powstania nowych instalacji o blisko 8%, który zawdzięczamy wyłącznie efektom grupy odniesienia. Tu jednak dochodzi bardzo ważny szczegół. Opisany efekt był szczególnie silny w obszarach o mniejszych nierównościach dochodowych. Na takich terenach decyzje o adaptacji nowoczesnych rozwiązań technologicznych podejmowane przez zamożniejsze osoby znacznie mocniej oddziaływały (nawet o 15%!) na wybory „inwestycyjne” ich sąsiadów. Pociąga to za sobą – logiczny – wniosek. W regionach o większych nierównościach społecznych ograniczone więzi sąsiedzkie mogą skutecznie blokować wprowadzanie nowych rozwiązań. I nie wynika lub nie musi wynikać to z deprecjonowania wartości proekologicznych technologii przez mniej zamożne osoby.

Co więcej – w ramach obszarów o mniejszych nierównościach dochodowych, zamożniejsi mieszkańcy „kopiowali” od swoich sąsiadów bardziej kosztowne rozwiązania, instalując pompy

ciepła, ubożsi zaś tańsze, inwestując w kotły na biomasę. – *Pokazuje to, jak lokalna dynamika społeczna i ekonomiczna może różnicować proces transformacji energetycznej* – komentują naukowcy. – *Nasze badanie wskazuje na konieczność projektowania programów wsparcia, które uwzględniają nierówności ekonomiczne – zarówno dochodowe, jak i majątkowe* – dodają.

Projektować programy wsparcia – ale jak?

Z przeprowadzonego badania wynika, że w obszarach, gdzie nierówności dochodowe są mniejsze, lokalny kapitał społeczny może być skutecznym narzędziem transmisji nowych technologii. Na takich terenach społeczna presja na zmianę zachowania stanowi silny bodziec do inwestowania w ekologiczne źródła ciepła. Naukowcy zwracają uwagę, że programy dotacyjne powinny wykorzystywać tę tendencję przez promowanie współpracy sąsiedzkiej, zaangażowanie lokalnych organizacji czy program poleceń. Takie wsparcie może zastąpić dotowanie zamożnych osób, które są w stanie zrealizować inwestycje z własnych środków. Większe nierówności to niższa efektywność spontanicznej adaptacji technologicznej w lokalnych społecznościach.

Czy ustalenia z powyższej analizy można przekładać również na zagadnienia nie związane z ekologicznymi technologiami grzewczymi? Jak stwierdza dr Jakub Sokotowski, prezentujący wnioski ze swoich badań m.in. na międzynarodowej konferencji Europe and Mobilities: Challenges and Opportunities for Socio-Economic Transformations: – *Tak. Mechanizmy, które opisujemy, wykraczają poza transformację energetyczną. Naśladowanie jest naturalne i trzeba zwiększać widoczność pozytywnych wzorców, ale bez zmniejszenia nierówności progresywnymi politykami nie zadziała to na skalę całego społeczeństwa.*



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



Reperacje mogą być widoczne i stanowić ozdobę.



Moda do przeróbki

Cyrkularna gospodarka w przemyśle odzieżowym powinna stać się nowym trendem

CO ROKU w USA wyrzuca się co najmniej 17 mln ton tekstyliów – to około 45 kg ubrań na osobę. Jednocześnie niesprzedane bluzki, kurtki i inne nadwyżki z przemysłu odzieżowego trafiają na wysypiska, takie jak gigantyczne składowisko na pustyni Atakama w Chile, widoczne nawet z kosmosu. Wiele z tych rzeczy to tzw. szybka moda (fast fashion) – ubrania produkowane błyskawicznie, sprzedawane tanio i pozostające „na czasie” zbyt krótko, bo branża żyje nowością, która ma stale napędzać zakupy.

Globalny przemysł odzieżowy odpowiada nawet za 10% światowych emisji gazów cieplarnianych i zużywa taką ilość wody, że można by nią wypełnić co najmniej 37 mln basenów olimpijskich [patrz s. 44]. Uprawa bawełny wiąże się z ogromnym użyciem pestycydów, a farbowanie przędz i tkanin zanieczyszcza rzeki toksycznymi substancjami. Syntetyki, takie jak nylon, powstają z paliw kopalnych i przy każdym praniu uwalniają mikroplastikowe włókna.

Dlatego konieczne jest przejście w modzie na gospodarkę cyrkularną – czyli ponowne wykorzystywanie ubrań, tkanin i przędz, recykling w maksymalnym możliwym stopniu oraz wybór surowców i procesów, które ograniczają zużycie bawełny czy syntetyków. Ważne są także wybory konsumenckie. To, jak kupujemy i podążamy za trendami, jest jednym z dostępnych każdemu sposobów na realny wpływ na klimat. Szacuje się też, że niemal jedna trzecia ubrań produkowanych co sezon nigdy nie trafia do sprzedaży i od razu ląduje na wysypiskach.

Coraz więcej osób oddaje więc ubrania do second-handów albo w nich kupuje, a jeśli wybiera nowe, to szuka metek z napisem „certified organic”. Wiele firm zastanawia się, jak pogodzić rentowność z ograniczeniem produkcji i minimalizowaniem szkód. Ale ani konsumenci, ani pojedyncze przedsiębiorstwa nie są w stanie samodzielnie rozwiązać tak ogromnego problemu. Cały sektor musi wziąć odpowiedzialność za swoje łańcuchy dostaw i zmieniać je tak, by zmniejszać swoje negatywne oddziaływanie.

Przykładem jest Kalifornia, która w ubiegłym roku przyjęła ustawę o rozszerzonej odpowiedzialności producentów (EPR) dotyczącą tekstyliów. Zgodnie z nią marki z roczną sprzedażą przekraczającą milion dolarów będą musiały finansować ponowne użycie, naprawę lub recykling swoich produktów. Zbiórka ubrań ma ruszyć w 2030 roku, ale nie wiadomo jeszcze, gdzie będą one trafiać. „Obserwujemy to z uwagą. Ciekawe, czy marki same przeprowadzą tę transformację” – mówi Rachel Van Metre Kibbe, założycielka firmy doradczącej Circular Services Group. Podobne przepisy rozważają stany Nowy Jork i Waszyngton. Sama ustawa EPR to jednak za mało. „Potrzebna jest fundamentalna zmiana w tym, jak konsumujemy, produkujemy i sprzedajemy” – dodaje Van Metre Kibbe.

Chodzi o projektowanie ubrań z myślą o całym ich cyklu życia – na przykład koszulka powinna być zrobiona z jednego rodzaju włókna lub z mieszanki łatwej do recyklingu, a jej skład wyraźnie podany, aby ułatwić segregację. Powstają

zaawansowane techniki recyklingu, na przykład z użyciem enzymów rozdziających mieszanki bawełny i poliestru na osobne włókna, ale są kosztowne i dopiero zaczynają być wdrażane na większą skalę. Wsparcie ich rozwoju mogłoby stworzyć nową gałąź innowacyjnej gospodarki.

W marcu 2024 roku w Kongresie pojawiła się ponadpartyjna propozycja ustawy Americas Act, która miałaby wspierać ponowne użycie i recykling tekstyliów. Gdyby weszła w życie, mogłaby dać ogromny impuls do stworzenia w USA przemysłu cyrkularnej mody. Jako jeden z największych konsumentów tekstyliów na świecie Stany Zjednoczone mają potencjał, by stać się również jednym z największych ich recyklerów.

Model działania pokazuje inicjatywa Fibershed, która powstała w Kalifornii w 2011 roku i łączy lokalnych rolników, projektantów oraz producentów w system zrównoważonego wytwarzania odzieży. Obecnie podobne sieci istnieją już w 79 społecznościach na całym świecie.

Nadal jednak duża część ubrań będzie powstawać za granicą – tam, gdzie rolnicy i szwaczki pracują w trudnych warunkach. Około 100 mln osób – głównie kobiet z krajów Globalnego Południa – zajmuje się szyciem ubrań, a jedynie nieliczne z nich otrzymują godne wynagrodzenie. Firmy zamawiające produkcję w tych regionach powinny współpracować z lokalnymi dostawcami, fabrykami i grupami rolników, aby poprawiać warunki pracy.

My, konsumenci, też możemy robić swoje: kupować mniej, bardziej świadomie, sięgać po rzeczy z drugiej ręki, dłużej nosić to, co mamy, i dawać ubraniom nowe życie. Takie praktyki były normą dekady temu i dziś wracają. W Niemczech rodzice często kupują dzieciom ubrania na pchlich targach, bo maluchy szybko wyrastają z garderoby. W Indiach stare sari przerabia się na lekkie koldry, a dawne rzemiosło przerodziło się w sztukę. Wysłuszony sweter z dziurą po molach można naprawić klasycznym cerowaniem lub modnym dziś widocznym. W USA coraz powszechniejsze są zakupy w komisach, second-handach i internetowych serwisach z używaną odzieżą. Dzięki temu rzeczy trafiają na wysypisko później – a czasem nie trafiają tam wcale.

Warto też pamiętać, że konsumenci są wpływową grupą wyborczą. Możemy wywierać nacisk na regulatorów i marki, a także decydować, kogo wspierać naszym portfelem. Pustynie nie powinny być zasypane T-shirtami, a rzeki mikroplastikiem. ■

Pokonać superbakterie

Wysycha strumień badań nad nowymi antybiotykami. Jak to naprawić? HOWARD DEAN

WIEKSZOŚĆ Z NAS domyśla się zapewne, że coraz częściej przyczyną śmierci ludzi na całym świecie są choroby serca, cukrzyca i nowotwory złośliwe. Mniejsza jest zapewne świadomość innego szybko rosnącego zagrożenia.

Jego źródłem jest powstająca w drodze ewolucji oporność niebezpiecznych drobnoustrojów na leki ratujące życie (antimicrobial resistance, AMR). Jak wynika z najświeższej wszechstronnej globalnej analizy problemu, w 2019 roku oporność drobnoustrojów stała się przyczyną śmierci 1,27 mln ludzi – to więcej niż łącznie zabiła malaria i AIDS. W przełomowym badaniu, opisanym we wrześniu ubiegłego roku w „The Lancet”, oszacowano, że jeśli nie zostaną podjęte żadne kroki, AMR zabije w ciągu najbliższego ćwierćwiecza ponad 39 mln osób. Przewiduje się, że średnia roczna liczba zgonów wzrośnie od roku 2022 do 2050 o niemal 70%.

Nie musi tak być, jednak zmiana trendu będzie wymagała zdecydowanych działań.

Stany Zjednoczone, które zajmują czołową pozycję w zakresie rozwoju przemysłu farmaceutycznego, są moralnie zobowiązane do objęcia roli lidera w rozwiązaniu tego światowego problemu. Trzeba zapoczątkować prace nad nowymi lekami przeciw drobnoustrojom, a jednocześnie wspomóc system patentowy, dzięki któremu USA wprowadzają na rynek tak wiele nowych leków.

AMR powstaje, kiedy drobnoustroje wywołujące choroby – najczęściej bakterie – w drodze ewolucji przestają poddawać się działaniu leków, które opracowano, aby je zabijać. W rezultacie ulegają przekształceniu w tzw. superdrobnoustroje. Do najlepiej poznanych należą bakteria *Staphylococcus aureus* oporna na metycylinę (methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*, MRSA), *Mycobacterium tuberculosis* oporna na wiele leków oraz wywołująca zapalenie płuc *Streptococcus pneumoniae*, która może być oporna na penicylinę. W roku 1993 w szpitalach w USA zarejestrowano niecałe 2000 zakażeń MRSA, a jak wynika z najnowszych danych udostępnionych przez Centers for Disease Control and Prevention, w roku 2017 liczba ta wzrosła już do 323 tys. Wstępne dane wskazują, że liczba przypadków zakażeń innym superdrobnoustrojem, *Candida auris*, wzrosła między rokiem 2019 a 2022 aż pięciokrotnie.

Istotną przyczyną powstawania oporności jest nadmierne i nieprawidłowe wykorzystywanie antybiotyków. Im bardziej bakteria jest ekspozycja na określony antybiotyk, tym więcej ma możliwości kolejnych mutacji i rozwoju oporności. Gdy kluczowe leki przestają działać, pojawia się ryzyko, że już łagodne zakażenia będą trudne do zwalczania i nawet rutynowe zabiegi chirurgiczne i powszechne choroby staną się dużo niebezpieczniejsze. Tym większe trudności ze zwalczaniem infekcji będą mieli chorzy zmagający się z nowotworami i osoby z osłabionym układem odpornościowym. Jeśli wkrótce nie zostaną podjęte działania i dokonane inwestycje wspomagające opracowywanie nowych antybiotyków, wrócimy do czasów sprzed wynalezienia penicyliny, kiedy zwykłe skaleczenie mogło okazać się śmiertelne.

Tymczasem pomimo nagłej potrzeby opracowania nowych antybiotyków, coraz mniej prac się nad nimi prowadzi. Obecnie jedynie cztery duże firmy farmaceutyczne nadal zajmują się antybiotykami, podczas gdy zaledwie kilkadziesiąt lat temu były ich dziesiątki. Przyczyna jest prosta: opracowywanie nowoczesnych antybiotyków się nie opłaca. Wprowadzenie na rynek jednego nowego leku trwa przeciętnie od 10 do 15 lat i kosztuje ponad 2 mld dolarów. Ponieważ jednak antybiotyki stosuje się zwykle przez krótki czas, wynoszący od siedmiu do 14 dni, a muszą być wykorzystywane oszczędnie, aby ograniczyć rozwój oporności, opłacalność inwestycji jest z zasady niska. Oznacza to, że firmom trudno znaleźć uzasadnienie do podjęcia tak ryzykownych i kosztownych przedsięwzięć.

W artykule opublikowanym w „The Lancet” zaproponowano kilka metod rozwiązania tego problemu. Jedną z nich jest oczywiście tworzenie nowych antybiotyków – i w tym zakresie Stany Zjednoczone mogą odegrać rolę globalnego lidera, poszerzając swoje wpływy i prowadząc do ogromnej zmiany.

USA ma najlepszy w świecie system ochrony własności intelektualnej, dzięki czemu prowadzi w dziedzinie biofarmaceutyków, a także w dziesiątkach innych zaawansowanych technicznie gałęziach przemysłu. Ochrona własności intelektualnej – w tym przede wszystkim patenty – zapewnia przez pewien czas wyłączność na rynku, dzięki czemu firmy zyskują możliwość zwrotu z ogromnych inwestycji

Howard Dean jest lekarzem, byłym przewodniczącym Democratic National Committee i byłym gubernatorem stanu Vermont. Jest doradcą politycznym Partnership to Fight Infectious Disease.



Bakterie takie jak *Pseudomonas aeruginosa* (na ilustracji) rozwinęły oporność na wiele antybiotyków.

w badania i rozwój. Bez systemu patentowego nieliczne biznesy ryzykowałyby angażowanie się w prace nad nowymi lekami przeciwko drobnoustrojom.

Niestety, w ciągu ostatnich kilku lat niektórzy twórcy prawa w Stanach Zjednoczonych wypowiadają się za ograniczeniem ochrony patentowej, co miałoby pozwolić na obniżenie cen leków. Jednak te działania, pomimo dobrych intencji, jedynie pogorszyłyby sytuację. Atakowanie instytucji patentów nie jest dobrą strategią, ponieważ jeszcze dodatkowo zniechęca do inwestowania w prace nad nowymi antybiotykami. Prawdopodobnie utrudniłoby zwalczanie epidemii chorób zakaźnych i superdrobnoustrojów, których z roku na rok jest coraz więcej i coraz groźniejszych.

Nie istnieje panaceum na narastający kryzys AMR. Konieczne są działania ze strony wszystkich zainteresowanych. Z kolei pacjenci powinni pogodzić się z tym, że zakażenia wirusami atakującymi drogi oddechowe, takie jak zwykle przeziębienie, przechodzą samoistnie, i nie prosić lekarzy o antybiotyki. Antybiotyki nie tylko nie działają na wirusy, ale dodatkowo próby ich stosowania w celu leczenia zakażeń wirusowych przyczyniają się do rozwoju oporności. Również lekarze muszą przyjąć na siebie większą odpowiedzialność. Sam jestem lekarzem i wiem, że wielu spośród moich kolegów mogłoby wykazać się większą roztropnością, przepisyując antybiotyki.

Potrzebna jest ponadto bardziej proaktywna postawa Kongresu. Jednym z rozwiązań problemów z antybiotykami byłaby kontrakcja, promująca nowe badania i rozwój. Tego rodzaju system jest już testowany w Wielkiej Brytanii. Rząd zawiera z firmami kontrakty na dostawę antybiotyków za stałą kwotę, niezależnie od wielkości zapotrzebowania. Dzięki temu twórcy antybiotyków mogliby liczyć na przewidywalny dochód, co ułatwiłoby im planowanie inwestycji w te bardzo ryzykowne, ale niezwykle potrzebne prace.

Nieżyjącą już była sekretarz stanu Madeleine Albright nazwała Stany Zjednoczone „niezbędnym narodem”, kluczowym dla globalnego rozwoju i pokoju na świecie. Niektórzy kwestionują tę definicję, a poza tym USA nie są w stanie rozwiązać wszystkich problemów. Jednak badania i rozwój nowych leków stanowią obszar, w którym już obecnie przodują. Mądre rozwiązania w walce z AMR pomogłyby utrzymać tę pozycję, jednocześnie ratując miliony istnień na całym świecie. ■



Nie wielkie serce, ale mały fragment mózgu

O naszej skłonności do pomocy może decydować ciało migdałowate podstawno-boczne

TOBIAS KALENSCHER

WYOBRAŻ SOBIE sobotni poranek. Popijasz kawę, gdy nagle twój najlepszy przyjaciel wysłał SMS: „Masz może chwilę, żeby mi pomóc przy przeprowadzce?” Wzdychasz – właśnie wzięły w leb weekendowe plany – ale odpisujesz: „Oczywiście”. I po południu, ocierając pot z czoła, dźwigasz po schodach kartony.

Tydzień później niezbyt bliska znajoma z pracy wspomina mimochodem, że też się przeprowadza i bardzo by jej się przydała pomoc. Tym razem się wahasz. Nie jesteś już tak skory do ofiarności, choć prośba brzmi niemal identycznie.

Dlaczego hojność wobec bliskich przychodzi nam tak naturalnie, a wobec obcych lub dalekich znajomych częściej odczuwamy ją jako ciężar? Psycholodzy nazywają to zjawisko „dyskontowaniem społecznym”: generalnie chętniej poświęcamy się dla osób, z którymi łączy nas więź emocjonalna, a nasza hojność słabnie, im większy jest dystans społeczny czy

emocjonalny wobec potencjalnego beneficjenta pomocy.

Ale co dzieje się w mózgu, gdy podejmujemy takie decyzje? I dlaczego niektórzy są hojniejsi wobec dalekich społecznie osób niż inni?

W niedawnych badaniach ja i moi współpracownicy spróbowaliśmy odpowiedzieć na to pytanie, analizując wyjątkową grupę osób z uszkodzeniem obszaru mózgu zwanego ciałem migdałowatym podstawno-bocznym. Nasze wyniki wskazują, że ta niewielka, lecz istotna struktura może być kluczowa w kalibrowaniu hojności zależnie od tego, jak bliscy bądź dalecy wydają się nam inni ludzie.

Ciało migdałowate – mały obszar ukryty głęboko w płacie skroniowym – tradycyjnie znany jest z przetwarzania emocji, zwłaszcza strachu. Jednak w ostatnich de-

kadach stało się jasne, że odgrywa ono także rolę w procesach społecznych, a w szczególności jego część podstawno-boczna jest centralnym węzłem naszego „społecznego mózgu”.

Tobias Kalenscher jest profesorem psychologii porównawczej na Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf w Niemczech.

U różnych gatunków wykazano, że uczestniczy ona w ocenie nagród społecznych, empatycznych reakcjach i decyzjach dotyczących pobratymców. U gryzoni i małp neurony w tej strukturze kodują wartość nagród nie tylko dla samego osobnika, lecz także dla innych. U ludzi ciało migdałowe łączono z cechami takimi, jak zaufanie, empatia, moralność czy niezwykle altruizm. Jego objętość koreluje też z rozmiarem i złożonością sieci społecznej danej osoby. Z kolei psychopatie i agresję powiązano z mniejszym, gorzej funkcjonującym ciałem migdałowatym.

Jak więc dokładnie ta struktura wpływa na nasze decyzje o pomocy innym? Jedna z hipotez głosi, że pozwala ona równoważyć konkurujące motywy prospołeczne z egoistycznymi. Gdy pomagasz najlepszemu przyjacielowi w przeprowadzce, skupiasz się bardziej na jego korzyści niż na swoim wysiłku i straconym czasie. Ale kiedy chodzi o obcego, kalkulacja się zmienia. Niektórzy neurologowie sugerują, że ciało migdałowe podstawowo-boczne przypisuje wartość nie tylko naszemu dostręgowi, lecz także dostręgowi innych, pomagając w utrzymaniu tej trudnej równowagi.

Aby to sprawdzić, zwróciliśmy się do niezwyklej grupy osób w RPA z chorobą Urbacha-Wiethego – rzadkim schorzeniem genetycznym, które powoduje obustronne, wybiórcze uszkodzenie ciała migdałowego podstawowo-bocznego przy zachowaniu reszty mózgu. W naszym badaniu zaprosiliśmy pięć kobiet z tą chorobą i 16 kobiet bez niej do udziału w zadaniu „dyskontowania społecznego”. Każda uczestniczka wskazywała osiem osób ze swojej sieci społecznej – od najbliższej emocjonalnie po niemal obcą czy zupełnie nieznaną. Następnie podejmowały decyzje, jak podzielić przyznaną im kwotę pieniędzy między siebie a te osoby. W ten sposób mierzyliśmy ich gotowość do dzielenia się zasobami w zależności od bliskości emocjonalnej.

Zgodnie z oczekiwaniami uczestniczki były bardziej hojne wobec osób bliższych niż wobec dalszych. Innymi słowy: hojność malała wraz z dystansem społecznym. Okazało się jednak, że osoby z uszkodzeniem ciała migdałowego podstawowo-bocznego były generalnie mniej hojne i hojność ta spadała gwałtowniej wraz z dystansem. Przejawiała więc tzw. bardziej strome dyskontowanie społeczne: nadal były skłonne pomagać najbliższym, ale ich chęć do dawania

dramatycznie malała wobec dalszych znajomych czy obcych.

Jedna uczestniczka była wyjątkiem – nie była hojna wobec nikogo, nawet najbliższej przyjaciółki. Ogólnie jednak wzór był jasny: uszkodzenie tej struktury nie eliminuje altruizmu, ale zaburza precyzyjne dostosowanie hojności do kontekstu społecznego.

Co istotne, różnice nie wynikały z cech osobowości, empatii ani rozmiaru sieci społecznej. Osoby z chorobą Urbacha-Wiethego wydawały się po prostu niezdołne do elastycznego dostosowania hojności do sytuacji.

Na pierwszy rzut oka nasze wyniki mogą wydawać się sprzeczne z wcześniejszymi badaniami, które wskazywały, że osoby z tym schorzeniem bywają wręcz hojniejsze. Na przykład we wcześniejszych badaniach osoby chore przekazywały więcej pieniędzy w tzw. grze w zaufanie – klasycznym eksperymencie w ekonomii behawioralnej, w którym uczestnicy decydują, ile pieniędzy wysłać innemu graczowi, zwanemu powiernikiem. Kwota ta jest zazwyczaj zwielokrotniana, a następnie powiernik decyduje, ile z niej zwrócić. Początkowa suma przesłana przez uczestnika jest często traktowana jako miara zaufania wobec powiernika.

Osoby z uszkodzeniem ciała migdałowego podstawowo-bocznego miały tendencję do przekazywania znacznie większych sum pieniędzy niż inni nawet do niewiarygodnych powierników, którzy nie odwzajemniali zaufania.

Badacze określili to jako „patologiczny altruizm”. W podobnym duchu autorzy jednego z badań poprosili osoby z chorobą Urbacha-Wiethego o udzielanie odpowiedzi na dylematy moralne, dotyczące hipotetycznych decyzji o życiu lub śmierci innych ludzi. Badani konsekwentnie odmawiali poświęcenia jednej osoby, aby ocalić wiele, ujawniając wyraźną niechęć do brania na siebie odpowiedzialności za spowodowanie krzywdy drugiemu człowiekowi – inaczej niż uczestnicy niecierpiący na tę chorobę.

Jak więc pogodzić te wyniki z naszymi? Twierdzimy, że ciało migdałowe podstawowo-boczne nie tyle promuje czy tłumi prospołeczność, ile raczej należy do sieci neuronalnej, która pozwala tworzyć model świata społecznego i wykorzystywać go w decyzjach. Gdy struktura ta jest sprawna, człowiek bierze pod uwagę kontekst, normy i oczekiwania, decydując, czy być hojnym, czy egoistycznym.

Gdy system ten zawodzi – na przykład na skutek uszkodzenia – ludzie polegają na prostszych, domyślnych strategiach, które nie wymagają pracy tej części mózgu. W grze w zaufanie domyślnym założeniem może być: „inni są godni zaufania”. W dylematach moralnych – „nigdy nie krzywdź”.

Takie idee mogły ukształtować się już w dzieciństwie i – w przypadku uszkodzenia ciała migdałowego podstawowo-bocznego – nie zostały później skorygowane w dorosłym życiu, mimo negatywnych doświadczeń z osobami, które okazały się niewiarygodne.

W naszym zadaniu strategią domyślną było maksymalizowanie własnej korzyści – chyba że chodziło o osobę bardzo bliską, dla której pomoc przychodziła automatycznie.

Choć nasze badanie obejmowało jedynie niewielką liczbę uczestników (co było nieuniknione ze względu na skrajną rzadkość tego schorzenia), charakterystyczny wzorec uszkodzenia mózgu w tej grupie – symetryczne i precyzyjnie zlokalizowane w obu półkulach – jest dość unikalne w badaniach neurobiologicznych. Inne eksperymenty dotyczące wybiórczych uszkodzeń mózgu często opierały się zaledwie na jednym lub dwóch pacjentach.

Jesteśmy również przekonani, co do naszych wniosków, ponieważ nasze wyniki wpisują się w szerszy schemat dowodów opartych na większej liczbie badań i uczestników, które sugerują, że prawidłowe funkcjonowanie ciała migdałowego stanowi kluczowy filar naszego życia społecznego.

Może się wydawać, że rozważania o tym, jak ta struktura równoważy egoizm i altruizm, są abstrakcyjne. W rzeczywistości to dylematy codzienne. Wracając do przeprowadzki: odruchowa chęć pomocy przyjacielowi opiera się na głęboko zakorzenionych wartościach i więziach. Ale decyzja, czy pomóc dalekiemu znajomemu, wymaga elastycznego modelowania: uwzględnienia norm społecznych, reputacji, empatii, ale też wysiłku, konieczności dbania o siebie i zwykłej chęci spędzenia w spokoju weekendu. I właśnie w tych szarych strefach ciało migdałowe podstawowo-boczne wykonuje swoją najważniejszą pracę.

Hojność nie jest więc cechą zero-jedynkową; to zachowanie społeczne zależne od kontekstu i stopnia bliskości z innymi. A posadowione głęboko w mózgu ciało migdałowe podstawowo-boczne pomaga nam dokonać kalkulacji. ■