ŚWIAT NAUKI
POLSKA EDYCJA
swiatnauki.pl • projektpulsar.pl

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

ŚWIAT NAUKI 11/2025

INDEKS 378194
ISSN 0867-6380
9 770867 638500 11>

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

PIOTR FALISZEWSKI:
Szukam wyjścia
z decyzyjnych labiryntów

JAKUB GROWIEC:
Przyszłość z AI
nie musi być dystopią

INEZ OKULSKA:
Humaniści, wchodźcie
do świata algorytmów

Zaprenumeruj nas:
projektpulsar.pl

eprasa.pl 59f6966759

POLSKA EDYCJA
ŚWIAT NAUKI
SCIENTIFIC AMERICAN

LISTOPAD 2025
NUMER 11 (411)

BADANIA KOSMOSU

26 PODRÓŻ DONIKĄD

Kosztowne i ambitne plany międzygwiezdnego 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

© Lauschsicht

eprasa.pl 59f6966759

ŚWIAT NAUKI
POLSKA EDYCJA
SCIENTIFIC AMERICAN

LISTOPAD 2025
NUMER 11 (411)

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 ◆ Zasłuchane 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 UMYSŁ GIĘTKI
Gramy Szekspira
MAREK PENSZKO

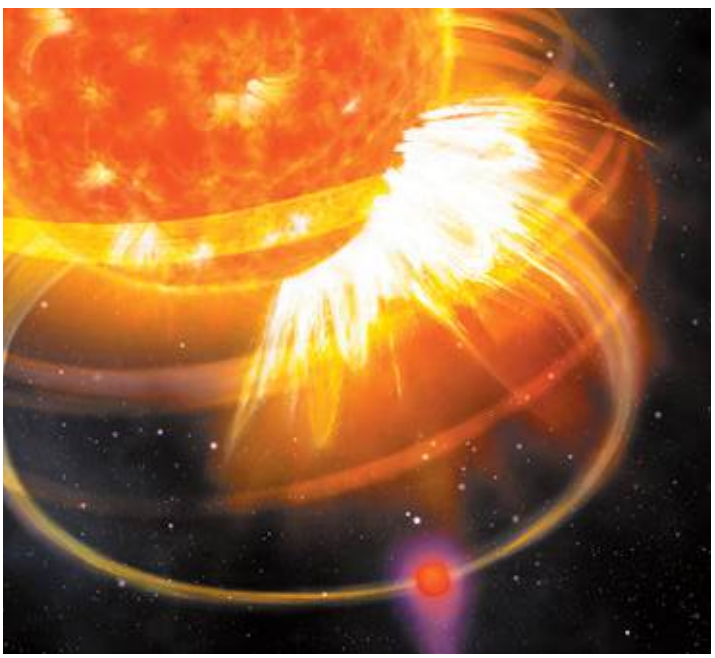
75 SZTUKA RODZICIELSTWA
Co rodzice powinni wiedzieć o social mediach
LAURA EDELSON

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 Futselaar (www.artsource.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 zapał osłabł, większość z obiecanych na te międzygwiezdne podróże funduszy nie została wpłacona.

Ilustracja Eddie Guy

Polska wersja okładki Jolanta Kotas

eprasa.pl 59f6966759

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 59f6966759

ŚWIAT NAUKI POLSKA EDYCJA SCIENTIFIC AMERICAN

www.projektpulsar.pl

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

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

Kontakt z redakcją
redakcja@swiatnauki.pl

Korekta
Mariola Będkowska

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

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

Prezes zarządu
Jerzy Baczyński

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

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

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

Kontakt w sprawie bezpieczeństwa produktu
gpsr@polityka.pl

Druk P/mint

Copyright © POLITYKA Sp. z o.o. SKA 2025

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

SCIENTIFIC AMERICAN

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

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

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

Drodzy Państwo,

nasz artykuł okładkowy 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, zapał był ogromny. Przystąpiono do realizacji i, jak to zwykle bywa, wynikły trudności, większe niż zakładano. Jedna z nich dość podstawowa – nie dysponujemy na razie wystarczająco potężnymi laserami, a gdyby nawet udało się jest 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 w zasadzie 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 usiłuje się 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, przeczytacie Państwo na stronie 42.

Polecam także artykuł o początkach ptasich wędrówek – i to tych najdłuższych i najbardziej zadziwiających, 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*).

Miłej lektury!

Elżbieta Wieteska

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

TŁUMACZE, AUTORZY I KONSULTANCI BIEŻĄCEGO NUMERU

dr Michał Czerny
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 59f6966759

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 dosłownie. Rzecz dotyczy sąsiadów zamieszkujących w promieniu jednego kilometra. Jednak – co było celem badania i w jaki sposób je przeprowadzono? Jak stwierdzają badacze, dr Jakub Sokołowski 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 Sokołowski, prezentujący wnioski ze swoich badań m.in. na międzynarodowej konferencji Europe and Mobilities: Challenges and Opportuniti es 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.

Fot. Pexels

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 przędzy, 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 doradczej 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 rozdzielających 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 kołdry, a dawne rzemiosło przerodziło się w sztukę. Wysłużony 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. ■

Flora Collingwood-Norris

eprasa.pl 59f6966759

Pokonać superbakterie

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

Większość 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.

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

Istotną przyczyną powstawania oporności jest nadmierne i nieprawidłowe wykorzystywanie antybiotyków. Im bardziej bakteria jest eksponowana 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 zwalczenia i nawet rutynowe zabiegi chirurgiczne i powszechne choroby staną się dużo niebezpieczniejsze. Tym większe trudności ze zwalczeniem 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 naglącej 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

Jennifer Oosthuizen/Science Photo Library/Getty Images

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

eprasa.pl 59f6966759

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 zwykłe 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 jetem lekarzem i wiem, że wielu spośród moich kolegów mogłoby wykazać się większą roztropnością, przepisując antybiotyki.

Potrzebna jest ponadto bardziej proaktywna postawa Kongresu. Jednym z rozwiązań problemów z antybiotykami byłaby kontraktacja, 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. ■

Malte Mueller/Getty Images

Nie wielkie serce, ale mały fragment mózgu

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

TOBIAS KALENSCHER

WYOBRAŹ SOBIE sobotni poranek. Popijasz kawę, gdy nagle twój najlepszy przyjaciel wysyła SMS: „Masz może chwilę, żeby mi pomóc przy przeprowadzce?" Wzdychasz – właśnie wzięły w łeb 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.

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

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

eprasa.pl 59f6966759

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 migdałowate łączono z cechami takimi, jak zaufanie, empatia, moralność czy niezwykły altruizm. Jego objętość koreluje też z rozmiarem i złożonością sieci społecznej danej osoby. Z kolei psychopatię 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 neurolodzy sugerują, że ciało migdałowate podstawno-boczne przypisuje wartość nie tylko naszemu dobrostanowi, lecz także dobrostanowi innych, pomagając w utrzymaniu tej trudnej równowagi.

Aby to sprawdzić, zwróciliśmy się do niezwykłej grupy osób w RPA z chorobą Urbacha–Wiethego – rzadkim schorzeniem genetycznym, które powoduje obustronne, wybiórcze uszkodzenie ciała migdałowatego podstawno-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 nieznajomą. 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 bliskich niż wobec dalszych. Innymi słowy: hojność malała wraz z dystansem społecznym. Okazało się jednak, że osoby z uszkodzeniem ciała migdałowatego podstawno-bocznego były generalnie mniej hojne i hojność ta spadała gwałtowniej wraz z dystansem. Przejawiały 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 niezdolne 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 migdałowatego podstawno-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 migdałowate podstawno-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 migdałowatego podstawno-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 wzorzec 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 migdałowatego 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 migdałowate podstawno-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 migdałowate podstawno-boczne pomaga nam dokonać kalkulacji. ■

eprasa.pl 59f6966759

SKANER

INŻYNIERIA

Łyk z głębin

Innowacyjne firmy chcą tłoczyć słodką wodę z dna morskiego

OD KAPSZTADU PO TEHERAN, od Limy po Phoenix, dziesiątki miast na całym świecie ostatnio doświadczyły niedoborów wody. Według prognozy Organizacji Narodów Zjednoczonych w ciągu najbliższych pięciu lat popyt na słodką wodę może znacznie przewyższyć jej podaż. Kilka firm zwróciło więc ostatnio uwagę na nieoczekiwane źródło rozwiązania problemu: dna oceanów.

Koncepcja podmorskiej odsalarni polega na usuwaniu soli z wody głębinowej. Jeśli technologia ta sprawdzi się na dużą skalę, mogłaby znacznie złagodzić problemy związane z dostępem do wody na świecie.

Koszty i wymagania energetyczne sprawiły, że odsalanie wód morskich się nie upowszechniło. Wczesne metody odsalania polegały na doprowadzaniu wody morskiej do stanu wrzenia, a następnie skraplaniu pary wodnej – ten czysto termiczny proces był niezwykle energochłonny. Potem podejście to zastąpiono wielostopniową destylacją typu MSF (*multistage flash distillation*), w której temperatura i ciśnienie powodują błyskawiczne odparowanie wody morskiej. W ciągu ostatnich 25 lat coraz powszechniejsza stała się odwrócona osmoza. Proces ten polega na przepychaniu wody morskiej pod wysokim ciśnieniem przez membranę, której pory są tak małe, że przepuszczają tylko cząsteczki wody, zatrzymując sól.

Odwrócona osmoza jest bardziej wydajna niż destylacja, ale potrzeba dużo energii, by sprężyć miliony litrów wody morskiej, zmuszając ją do przepłynięcia przez filtry. Co by się jednak stało, gdyby ta wędrówka wody zachodziła naturalnie pod wpływem ciśnienia wywieranego przez słup wody o wysokości setek metrów?

Na tym właśnie polega idea podmorskiego odsalania. Moduły służące do odwróconej osmozy są zanurzane na głębokość około 500 m, gdzie ogromne ciśnienie hydrostatyczne wykonuje ciężką pracę polegającą na oddzieleniu wody od soli. Następnie oczyszczona woda jest z powrotem pompowana na brzeg. Choć pomysł wygląda na szalony i mało realny, istnieje już wiele prototypów takiego systemu – firmy, które je opracowały, chciałyby marzenie o tanim, wielkoskalowym odsalaniu wody zmienić w rzeczywistość.

Jedną z takich firm jest Flocean z siedzibą w Oslo. Jej założyciel i dyrektor generalny, Alexander Fuglesang, wyjaśnia, że w jego rozwiązaniu nie ma żadnej rewolucyjnej technologii. „W zasadzie jest to podwodna pompa sprytnie połączona z istniejącymi systemami membran i filtrów” – mówi. Nowościami są: znaczna oszczędność energii – Flocean zużywa jej o 40–50% mniej niż konwencjonalne odsalarnie, a także systemy modułowe, które można zastosować w wielu miejscach na świecie bez konieczności indywidualnego projektowania.

Dno morskie ma też inne zalety. Jest tam znacznie mniej bakterii i mikroorganizmów aniżeli w wodach powierzchniowych, znikome są też wahania temperatury i ciśnienia. „Głębiny morskie niewiele się zmieniają – mówi Fuglesang. – Przez 365 dni w roku są takie same”. Inaczej jest w przypadku zakładów pracujących na brzegu morskim, które muszą sobie radzić z zakwitami glonów, sztormami, sezonowymi

eprasa.pl 59f6966759

LEKKOMYŚLNA PLANETA
s. 13

TEKTONICZNE INFEKCJE
s. 15

NIE WSTYDŹMY SIĘ PODGLĄDAĆ
s. 18

Firmy pracują nad systemami do odsalania wody morskiej pracującymi na dnie morskim.

Piola666/Getty Images

eprasa.pl 59f6966759

zmianami temperatury, osadami spływającymi rzekami. Ponadto na dużej głębokości zakres wstępnego chemicznego uzdatniania wody jest mniejszy, a ponieważ urządzenia znajdują się głęboko pod wodą, nie ma konfliktów typu „tylko nie na moim podwórku" często towarzyszących próbom umieszczania na brzegu morskim dużej, mało estetycznej infrastruktury.

Mimo takiej przewagi urządzeń podmorskiego odsalania nad instalacjami nadbrzeżnymi jest jeszcze kilka problemów, które trzeba będzie pokonać, zanim takie techniki będą się nadawały do komercyjnego wykorzystania. Po pierwsze, są wciąż zbyt drogie. Standardowe odsalanie wody kosztuje obecnie kilka razy więcej aniżeli pobieranie wody z warstw wodonośnych lub jezior. Dotyczy to nawet gigantycznych zakładów na Bliskim Wschodzie, które korzystają obficie z energii słonecznej i ekonomii skali. Nawet jeśli techniki podmorskie obniżą koszt odsalania na lądach o 40%, wciąż będzie to bardzo drogi sposób pozyskiwania wody pitnej.

„Po drugie, odsolona w głębinach woda musi być jeszcze wypompowana z głębokości sięgającej nawet 600 m – mówi Nidal Hilal, dyrektor założyciel Water Research Center przy New York University w Abu Zabi, który od ponad 30 lat zajmuje się naukowo inżynierią uzdatniania wody. – Testy pilotażowe są obiecujące, ale trzeba jeszcze udowodnić, że ta metoda nadaje się do zastosowania na dużą skalę."

Przystępna cenowo energia odnawialna może uczynić podmorskie odsalanie bardziej realnym. Ważne będą też ulepszenia techniczne. Dla przykładu, grupa badawcza kierowana przez Hilala opracowuje elektrycznie przewodzące membrany do odwróconej osmozy, które same utrzymują czystość, odpychając od siebie jony soli i zanieczyszczenia. Mogłyby one wydłużyć odstępy czasowe pomiędzy konserwacją, które, jak mówi Fuglesang, wynoszą obecnie od dwóch do trzech lat.

Chociaż zwolennicy tej metody twierdzą, że miałaby ona niewielki wpływ na organizmy podwodne, niektórzy naukowcy domagają się dalszych badań, które pozwoliłyby ocenić poziom oddziaływania na ekosystemy morskie. „Wiele form życia ma swój dom na głębokości 500 m" – zauważa Adina Paytan, pracująca w Institute of Marine Sciences przy University of California w Santa Cruz. W strefie mroku (mezopelagicznej), która rozciąga się od 200 do 1000 m poniżej lustra wody, przebywają chętnie nie tylko wieloryby, kałamarnice czy meduzy, ale jest ona – zdaniem Paytan – „także niezwykle ważna dla wielu procesów oceanicznych, w tym obiegu węgla i składników odżywczych". Firmy montujące pompy do odsalania wody w głębinach muszą najpierw wszystkich przekonać, że zarówno pobór wody, jak i wytwarzanie produktu ubocznego w postaci solanki nie zaszkodzą życiu morskiemu i nie zaburzą procesów oceanicznych.

Ze względu na wymaganą głębokość, podmorskie odsalanie nie wszędzie się sprawdzi. „Wiele miast przybrzeżnych sąsiaduje z szerokim szelfem kontynentalnym, co oznacza, że głębsze akweny znajdują się w znacznej odległości od brzegu" – mówi Hilal. Idealne do takich inwestycji są wybrzeża sąsiadujące z stromo opadającym dnem morskim, ponieważ szeroki szelf wymagałby poprowadzenia długich rur, co zwiększyłoby koszty inwestycyjne i operacyjne.

Fuglesang nie martwi się kwestiami technicznymi ani inżynieryjnymi; jego zdaniem największym wyzwaniem będzie uzgodnienie interesów klientów, rządów i partnerów finansowych. Flocean pracuje nad systemem, który ma być pierwszą na świecie dużą odsalarnią podmorską. Pracowałaby ona u wybrzeży Norwegii. Firma finalizuje kontrakt na dostawę wody do zakładu przemysłowego od 2026 roku. Także holenderska firma Waterise znalazła już swojego pierwszego klienta przemysłowego i chce jeszcze w tym roku rozpocząć budowę odsalarni na dnie Zatoki Akaba na Morzu Czerwonym. Z kolei kalifornijska firma OceanWell testuje już swój prototyp w Pacyfiku w pobliżu Los Angeles.

Aby jednak podmorskie odsalanie mogło się rzeczywiście rozwinąć na dużą skalę, prawdopodobnie niezbędne będą długoterminowe kontrakty rządowe, co może się okazać trudne do uzyskania. „Branża hydroinżynieryjna jest raczej konserwatywna" – mówi Fuglesang. Dodaje, że „ponieważ nowe projekty są kosztowne, nikt nie chce pierwszy zainwestować w nową technologię."

Hilal wierzy, iż podmorskie odsalanie ma szansę na rozpowszechnienie i w przyszłości może zaopatrywać w wodę nawet całe miasta. „Na to jednak potrzeba jeszcze dużo czasu, co najmniej dekady".

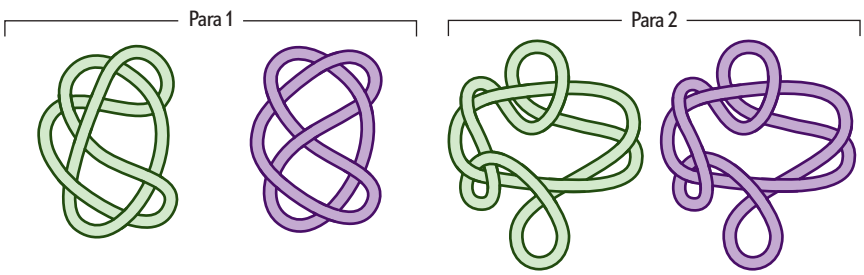
Vanessa Bates Ramirez

ZAGADKA MATEMATYCZNA

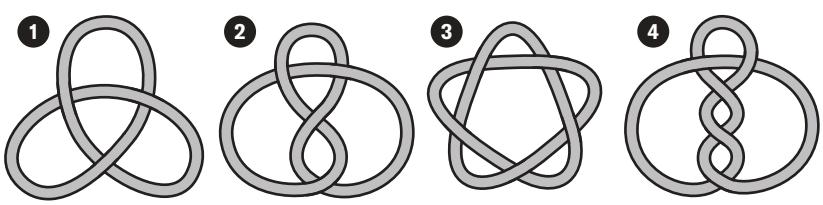
Znajdź niewęzły

Emma R. Hassson

W każdej z dwóch par splotów jedna linka tworzy węzeł trywialny (zwany też niewęzłem), który można rozplątać, tworząc okrąg. Wskaż te dwa niewęzły.



Trudniejszy problem: każdy z dwóch pozostałych węzłów, których nie da się rozplątać do okręgu, ma swój odpowiednik wśród czterech poniższych węzłów formalnie prostszych (jeden można przekształcić w drugi bez przecinania linki i inaczej prowadzonego ponownego jej łączenia). Które węzły są względem siebie odpowiednikami?



Rozwiązanie zagadki na stronie 75.

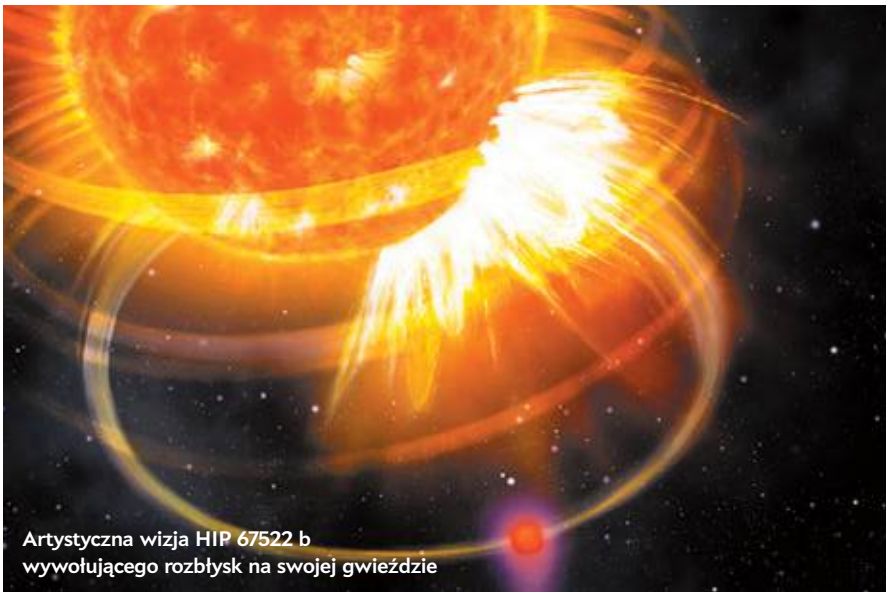
Grafika Amanda Montañez

eprasa.pl 59f6966759

KOSMOS

Planetarne samobójstwo

Pewna planeta wywołuje rozbłyski na swojej gwieździe, dążąc do własnej destrukcji



Artystyczna wizja HIP 67522 b wywołującego rozbłysk na swojej gwieździe

Danielle Futselaar (www.artsource.nl)

GWIAZDY CZĘSTO SMAGAJĄ swoje planety wiatrami gwiezdnymi i promieniowaniem, przyciągają je ku sobie grawitacją i wypalają gorącem. Tymczasem jedna z nowo odkrytych planet wywiera w zamian nieoczekiwanie silny – i ostatecznie autodestrukcyjny – wpływ na swoją gwiazdę.

Gwiazda HIP 67522 jest nieco większa od naszego Słońca i świeci w odległości około 408 lat świetlnych w gromadzie Scorpius-Centaurus. Ma 17 mln lat, co według standardów gwiezdnych jest wiekiem młodzieńczym, i dwie orbitujące wokół niej planety, które są jeszcze młodsze. Najbardziej wewnętrzna z tych dwóch planet, gazowy olbrzym wielkości Jowisza oznaczony jako HIP 67522 b, orbituje wokół HIP 67522 w odległości mniejszej niż 12-krotność promienia gwiazdy – około jednej siódmej odległości Merkurego od naszego Słońca liczonej w promieniach Słońca. Ta bliskość w połączeniu z niestabilną naturą HIP 67522 tworzy spektakl, którego astronomowie nigdy wcześniej nie widzieli – planeta wywołuje potężne rozbłyski na powierzchni swojej macierzystej gwiazdy, co prowadzi do powolnej destrukcji samej planety.

„W pewnym sensie mieliśmy szczęście – mówi Ekaterina Ilin, astrofizyczka z Holenderskiego Instytutu Radioastronomii (ASTRON), która kierowała badaniami opublikowanymi w „Nature" dotyczącymi układu HIP 67522. – Wzięliśmy pod uwagę wszystkie znane nam układy gwiezdno-planetarne i po prostu zaczęliśmy szukać rozbłysków – nagłych, intensywnych wybuchów promieniowania pochodzących z powierzchni gwiazdy". Analizując dane zebrane przez dwa teleskopy kosmiczne, TESS (Transiting Exoplanet Survey Satellite) należący do NASA oraz CHEOPS (Characterizing Exoplanet Satellite) należący do Europejskiej Agencji Kosmicznej, zespół Ilin zauważył, że rozbłyski HIP 67522 wydają się zsynchronizowane z okresem orbitalnym jej najbliższej planety. Wybuchy te miały gigantyczne rozmiary – „były tysiące razy bardziej energetyczne niż wszystko, co może wyprodukować Słońce", mówi Ilin.

Orbitujący gazowy olbrzym najprawdopodobniej wywołuje te potężne wybuchy poprzez zaburzanie linii silnego pola magnetycznego gwiazdy, gdy przez nie przechodzi. Zaburzenie to wysyła fale energii w dół linii – a kiedy docierają one do powierzchni gwiazdy, następuje wybuch. Pętle magnetyczne gwiazdy są „czymś w rodzaju sprężyny oczekującej na zwolnienie – mówi Ilin. – Planeta po prostu dostarcza jej ostatecznego impulsu wyzwalającego". Na podstawie obserwacji dokonanych przez zespół badawczy wiadomo, że HIP 67522 b wywołuje rozbłysk raz dziennie lub w ciągu dwu dni ziemskich.

Ma to poważne konsekwencje dla planety – Ilin szacuje, że nieszczęsny gazowy olbrzym jest uderzany przez sześć razy więcej rozbłysków, niż gdyby sam nie wywoływał dodatkowych, a to powoduje, że traci swoją atmosferę. Zespół Ilin twierdzi, że w tym tempie HIP 67522 b zmniejszy się z rozmiarów Jowisza do rozmiarów Neptuna lub mniejszych w ciągu około 100 mln lat. „Rozbłyski mogą skrócić żywotność atmosfery planety o połowę" – mówi.

Naukowcy podejrzewali, że tego typu interakcja między gwiazdą a planetą może mieć miejsce, lecz nigdy wcześniej nie udało im się tego potwierdzić, mówi Antoine Strugarek, astrofizyk z Institut de recherche sur les lois fondamentales de l'Univers, który jest częścią Francuskiej Komisji ds. Energii Alternatywnych i Energii Atomowej. „Po raz pierwszy widzimy bardzo przekonujące dowody na to, że taka interakcja została faktycznie wykryta" – mówi Strugarek, który nie brał udziału w tych badaniach.

Jest zbyt wcześnie, aby wyciągać daleko idące wnioski na podstawie pierwszego przykładu tego zjawiska. Ilin twierdzi, że w następnym etapie naukowcy mogą porównać HIP 67522 b z inną planetą w układzie (orbitującą nieco dalej od gwiazdy), aby obliczyć, ile masy traci w tym procesie glob orbitujący bliżej w porównaniu z tym bardziej odległym, który prawdopodobnie jest uderzany tylko przez przypadkowe rozbłyski.

Kolejną nierozwiązaną kwestią jest konkretny mechanizm wyzwalania rozbłysków. „Czy jest to fala [energii magnetycznej] rozprzestrzeniająca się z planety?" – zastanawia się Ilin. Sugeruje, że to, co się dzieje, może przypominać efekt obserwowany na Słońcu – pomniejsze rozbłyski słoneczne czasami zakłócają pobliskie pętle magnetyczne i odwracają je poprzez krawędź, powodując ich rozerwanie i powstanie większego rozbłysku.

Być może jednak najważniejszym pytaniem jest to, jak powszechne jest to zjawisko. Na razie Ilin chce spróbować znaleźć więcej układów, w których planety wywołują rozbłyski gwiazdowe mogące być przedmiotem badań naukowców. „Kiedy już zrozumiemy, jak to działa, będziemy mogli opracować nową technikę wykrywania planet" – mówi. Zamiast szukać ich bezpośrednio, naukowcy mogliby szukać gwiazd, które wybuchają według określonego schematu, co sugerowałoby, że one również mogą mieć planety o skłonnościach autodestrukcyjnych.

Jacek Krywko

eprasa.pl 59f6966759

Delfiny butlonose

FIZJOLOGIA ZWIERZĄT

Złudne podobieństwa

Echolokacja delfinów to bardziej czucie niż widzenie

JEST NOC. Na zupełnie ciemnym parkingu próbujesz otworzyć samochód, ale wypadają ci z ręki kluczyki. Kucasz i przesuwasz dłonią po niewidocznej nawierzchni. Po lewej natrafiasz na twardą, gumową oponę. Cofasz rękę i czujesz ostre kamyczki oraz szeleszczące liście. W końcu palce odnajdują kluczyki i natychmiast zaciskają się na ząbkowanym kawałku metalu.

Tego rodzaju eksploracja dotykiem może być najlepszym wyobrażeniem tego, jak wygląda doświadczenie echolokacji u delfinów – twierdzą autorzy badania mózgów tych zwierząt, opublikowanego niedawno w „PLOS One".

Ludzie zwykle wyobrażają sobie echolokację jako „widzenie dźwiękiem" – odbieranie sygnałów słuchowych w postaci obrazów, podobnych do tych, które nasz mózg tworzy ze światła rejestrowanego przez oczy. Tak działają urządzenia sonarowe: wysyłają fale dźwiękowe i zamieniają odbite echa w obrazy. Gdy w latach 70. i 80. rosyjscy naukowcy wszczepiali elektrody w mózgi delfinów i morświnów, donieśli o aktywności w korze wzrokowej w czasie odbioru dźwięków. „Ładnie to pasowało do układanki, bo obszary mózgu odpowiedzialne za wzrok i słuch leżą blisko siebie – mówi Lori Marino, neurobiolożka i prezes Whale Sanctuary Project, cytowana w pracy (choć niebędąca jej autorką). – Ale dzięki dzisiejszym, precyzyjniejszym technikom widzimy to już zupełnie inaczej." Choć wciąż nie możemy w pełni przełożyć echolokacji na ludzkie doświadczenie, nowe wyniki sugerują lepszą metaforę: „dotykanie dźwiękiem".

Echolokacja u delfinów przebiega bowiem w mózgu inaczej niż u ludzi, którzy nauczą się tej umiejętności – u nas angażuje przede wszystkim korę wzrokową. Aby zrozumieć te mechanizmy u delfinów, badacze porównali zakonserwowane mózgi trzech gatunków echolokujących delfinów z mózgiem płetwala czerniakowego (sejwala, *Balaenoptera borealis)* blisko z nimi spokrewnionego, ale pozbawionego zdolności echolokacji. Zmierzyli rozpraszanie cząsteczek wody wzdłuż włókien nerwowych – niczym samochodów poruszających się autostradą, jak obrazowo opisuje Marino – by lepiej zrozumieć, które części mózgu współpracują u delfinów, a które u płetwali. Wbrew wynikom wcześniejszych rosyjskich badań nic szczególnego nie działo się w korze wzrokowej. Za to uwagę przykuła zupełnie inna „autostrada neuronalna": ta łącząca wzgórek dolny ze móżdżkiem.

Wzgórek dolny to u delfinów (tak jak u ludzi) stacja przekaźnikowa dla bodźców słuchowych, a z kolei móżdżek integruje informacje zmysłowe i ruchowe, by błyskawicznie wyliczyć „najlepszy następny ruch". „Za każdym razem, gdy musisz zareagować szybko i zdecydowanie, bez namysłu, to właśnie móżdżek przejmuje kontrolę" – tłumaczy Peter Cook, neurobiolog porównawczy z New College of Florida, główny autor badania. On i jego zespół wykazali silne połączenia między tymi strukturami u delfinów, nie zaobserwowano ich natomiast u sejwala. Tak więc – podobnie jak dotyk u ludzi – echolokacja opiera się u delfinów na precyzyjnej kontroli ruchowej móżdżku i ścisłej pętli sprzężenia zwrotnego między wrażeniami a działaniem, a nie na korze wzrokowej. „Za każdym razem, gdy się poruszasz, otrzymujesz inne informacje zwrotne. A kiedy one się zmieniają, ty modyfikujesz swój ruch. To jak serwomechanizm: zmysły–ruch, ruch–zmysły" – mówi Cook.

Dla głównej autorki pracy, Sophie Flem, studentki z New College of Florida, jest to intuicyjne: „Jeśli musisz nieustannie korygować swoje ruchy, by namierzyć zdobycz, to właśnie móżdżek wydaje się najlepszym narzędziem." Echolokacja przypomina dotyk jeszcze pod innym względem: wiązka sonaru delfina jest znacznie węższa niż nasze pole widzenia. My ogarniamy wzrokiem 180° od razu, delfin natomiast przesuwa swoją wiązkę i buduje obraz przestrzeni stopniowo

Chris A. Crumley/Alamy Stock Photo

eprasa.pl 59f6966759

– jak człowiek, który po omacku szuka zgubionych kluczy w ciemności.

A jednak byłoby pychą sądzić, że wiemy na pewno, jak wygląda doświadczenie echolokacji u zwierząt. „Może istnieją rzeczy, które inne gatunki potrafią, a które nie mają żadnego odpowiednika w naszym systemie zmysłów – zauważa Marino. – I musimy się z tym pogodzić."

Cody Cottier

GEOLOGIA

Zaraźliwe wstrząsy

Strefy subdukcji mogą „infekować" sąsiednie płyty tektoniczne

STREFY SUBDUKCJI, w których jedna płyta tektoniczna zanurza się i wsuwa pod drugą, są źródłem najbardziej niszczycielskich trzęsień ziemi i tsunami. Jak powstają te strefy zagrożenia? Badanie opublikowane w czasopiśmie „Geology" przedstawia dowody na to, że subdukcja może rozprzestrzeniać się niczym zaraza, przenosząc się z jednej płyty oceanicznej na drugą – hipoteza ta była wcześniej trudna do udowodnienia.

„To twierdzenie nie jest tylko spekulacją naukową – komentuje geolog João Duarte z Universidade de Lisboa, który nie brał udziału w badaniach. – Argumenty uwzględnione w tym badaniu pochodzą z zapisu geologicznego".

Ponieważ subdukcja wciąga skorupę ziemską głęboko do wnętrza globu, początki tego procesu są trudne do zbadania. Nowe badanie dostarcza rzadkiego przykładu potencjalnego „zarażenia" subdukcją w odległej przeszłości. Autorzy twierdzą, że odkryli dowody na to, iż kolizje sąsiednich płyt tektonicznych dały początek „pacyficznemu pierścieniowi ognia" we wschodniej części Azji – ogromnemu systemowi stref subdukcji, który współcześnie napędza trzęsienia ziemi i erupcje wulkaniczne od Alaski po południowy Ocean Indyjski.

Prawie 300 mln lat temu Chiny były archipelagiem wysp oddzielonych od reszty lądów przez pradawne oceany Tetydy i Azji. Powstałe następnie strefy subdukcji pochłonęły te oceany, łącząc masy lądowe w nowy kontynent i wznosząc łańcuchy górskie od Turcji po Chiny. Przed 260 mln lat ta subdukcja, jak utrzymują autorzy publikacji, zaczęła się rozprzestrzeniać i przystąpiła do konsumowania sąsiedniej płyty pacyficznej.

„Ostatnim aktem umierających oceanów mogło być zainfekowanie płyty pacyficznej i rozpoczęcie jej pochłaniania przez subdukcję działającą od strony zachodniej i odpowiadającą za obecne zanurzanie się Pacyfiku pod Azję – mówi główny autor badań Mark Allen, geolog z Durham University w Anglii. – Od tego czasu płyta pacyficzna jest w ten czy inny sposób zmuszana do nurkowania do wnętrza globu". Głównym argumentem jest w tym przypadku tzw. anomalia Dupal, zidentyfikowana dzięki geochemicznemu „odciskowi palca" pochodzącemu z tej części dawnego Oceanu Tetydy, która dziś jest Oceanem Indyjskim. Autorzy badania niespodziewanie znaleźli taką sygnaturę w skałach wulkanicznych z zachodniego Pacyfiku. Doszli wtedy do wniosku, że materiał z Tetydy w jakiś sposób rozprzestrzenił się na wschód z jednej strefy subdukcji do drugiej, po czym zainicjował zjazd sąsiedniej płyty pacyficznej. „To było jak znalezienie czyjegoś odcisku palca na miejscu zbrodni" – mówi Allen.

Jednak mechanizm rozprzestrzeniania się subdukcji pozostaje tajemnicą. Naukowcy podejrzewają, że słabymi punktami, które ona wykorzystuje, mogą być uskoki przesuwcze, wzdłuż których płyty przesuwają się obok siebie, jak choćby kalifornijski uskok San Andreas. Mała zmiana kąta zetknięcia płyt lub ich prędkości może zdestabilizować skorupę oceaniczną, powodując jej zanurzenie. Duarte porównuje ten proces do zachowania się folii aluminiowej unoszącej się na wodzie. „Wystarczy ją delikatnie dotknąć, a po chwili zatonie."

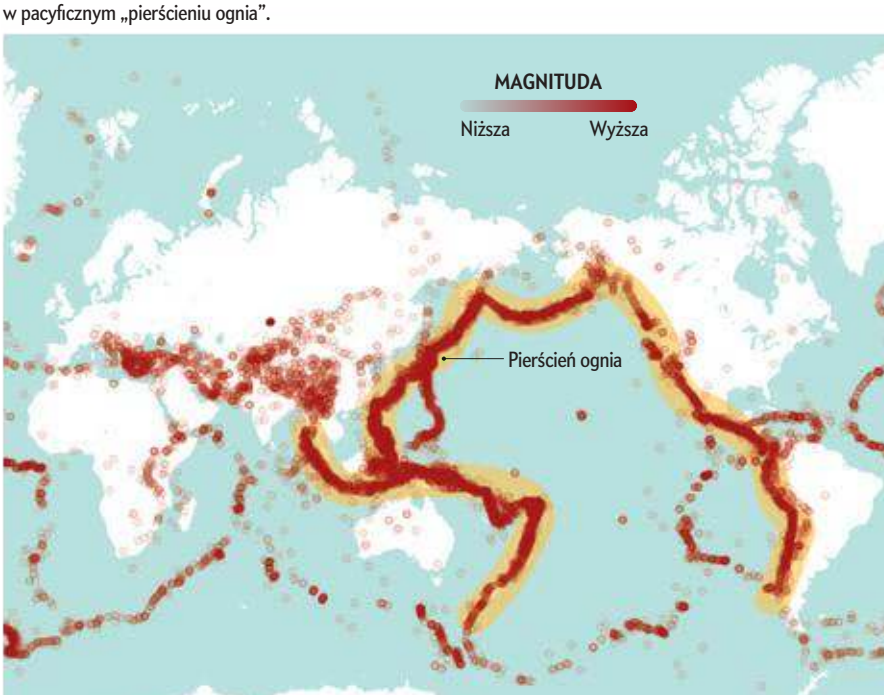
Niewkluczone, że wielkie trzęsienie, które wraz z wywołanym nim tsunami niemal całkowicie zniszczyło Lizbonę 1 listopada 1755 roku, było zapowiedzią „inwazji subdukcji" na Atlantku.

Jeśli subdukcja rozprzestrzenia się w ten właśnie sposób, to czy w kolejce do niej czekają względnie spokojne strefy graniczne płyt tektonicznych Atlantyku? Wielkie trzęsienie ziemi w Lizbonie w 1755 roku może zapowiadać rychłą „inwazję subdukcji" również w tym oceanie. Duarte sugeruje, że fragmenty Półwyspu Iberyjskiego oraz Karaibów mogą się teraz znajdować w inicjalnych fazach tego procesu: „Niewykluczone, że za 100 mln lat na Atlantyku powstanie nowy »pierścień ognia« podobny do tego na Pacyfiku."

Evan Howell

Trzęsienia ziemi od 1900 roku do dziś

Każda kropka odpowiada jednemu trzęsieniu o magnitudzie powyżej 5,8 – wiele z nich koncentruje się w pacyficznym „pierścieniu ognia".



ŹRÓDŁO: USGS Earthquake Catalog (*dane*)

Mapa Ripley Cleghorn

eprasa.pl 59f6966759

NAUKA W OBRAZACH

Poznajemy peryferia

Naukowcy zmapowali obwodowy układ nerwowy myszy z bezprecedensową precyzją

OBWODOWY UKŁAD NERWOWY (OUN) jest kluczowy dla naszego codziennego funkcjonowania. Pozwala nam chodzić, kontroluje ruchy oczu i uruchamia alarm w mózgu, gdy nadepniemy na klocek Lego. A jednak badaczom nigdy wcześniej nie udało się stworzyć pełnej mapy tej niezbędnej dla każdego ssaka sieci.

Ostanio w czasopiśmie „Cell" opublikowano badanie, które przedstawia kompletną, trójwymiarową mapę wszystkich pojedynczych włókien nerwowych oplatających ciało myszy. To pierwszy w historii ukończony ssaczy konektom – mapa połączeń neuronalnych, obejmująca nie tylko dobrze już zbadane mózg i rdzeń kręgowy.

„Mapowanie OUN było zaniedbywanym elementem badań nad konektomem w studiach nad mózgiem zwierząt i ludzi" – mówi John Darrell Van Horn, specjalizujący się w badaniach mózgu i nauce o danych z University of Virginia, niezwiązany z eksperymentem.

Zespół badawczy rozpoczął od uczynienia ciał 16 myszy tak przezroczystymi, jak to tylko możliwe, usuwając tłuszcz i inne substancje blokujące światło. Następnie wykorzystano specjalnie zaprojektowane urządzenie, będące połączeniem narzędzia tnącego i mikroskopu, aby uzyskać obraz ciał co 400 µm. Zeskanowanie w ten sposób jednej myszy zajęło około 40 godzin. Bez zastosowania tej metody, jak podkreślają badacze, zebranie tak ogromnej ilości danych zajęłoby miesiące, a nawet lata.

Naukowcy genetycznie zmodyfikowali siedem myszy tak, aby ich neurony świeciły światłem fluorescencyjnym; zgodnie z oczekiwaniami, najjaśniej rozświetlała się głowa. W przypadku czterech myszy zastosowali technikę immunobarwienia, w której używa się przeciwciał do wykrywania i barwienia określonych białek – w tym przypadku tych wchodzących w skład współczulnego układu nerwowego, odpowiadającego za reakcję „walcz albo uciekaj". U pozostałych pięciu myszy badacze przetestowali metodę wykorzystującą wirusy do pomiaru pełnej długości włókien nerwowych (aksonów). Skoncentrowali się szczególnie na nerwie błędnym, który ma wypustki pochodzące od tysięcy indywidualnych neuronów. Odkryli, że każde włókno nerwu błędnego łączy się tylko z jednym narządem, zamiast rozgałęziać się do wielu różnych, jak wcześniej sądzono. (Na ilustracji widać jego przebieg przez żołądek i część jelita cienkiego).

„Dzięki ujawnieniu dokładnego rozkładu włókien i specyficznego dla narządów ukierunkowania różnych nerwów obwodowych te mapy pomogą zrozumieć, w jaki sposób OUN reguluje fizjologię ciała" – mówi współautor badania Guo-Qiang Bi, biofizyk z University of Science and Technology of China.

Badacze mają nadzieję zastosować tę metodę w ludzkiej tkance, aby mogła służyć do planowaniu precyzyjnych operacji. Van Horn dodaje, że praca ta może również zainspirować naukowców do opracowania terapii chorób związanych z nerwami, takich jak przewlekły ból. „Przybliża nas to do precyzyjnego mapowania całego ssaczego konektomu oraz ewentualnych jego chorób – a nie tylko tylko części między uszami".

Nora Bradford

eprasa.pl 59f6966759

Z: "High-Speed Mapping of Whole-Mouse Peripheral Nerves at Subcellular Resolution", by Guo-Qiang Bi i in., „Cell", tom 188, nr 14, 10 lipca 2025

eprasa.pl 59f6966759

ETOLOGIA

Przez dziurkę od klucza

Ludzkie podglądactwo może mieć głębokie ewolucyjne korzenie

Whitworth Images/Getty Images

NASZA SKŁONNOŚĆ do obserwowania innych – czy to przez reality show, relacje na Instagramie, czy podglądanie – bywa często sprowadzana do zwykłego wścibstwa. Nowe badania wskazują jednak, że ten impuls może być społecznym narzędziem przetrwania, a jego korzenie sięgają miliony lat wstecz.

Aby zbadać pochodzenie społecznej ciekawości, Laura Lewis, psycholożka porównawcza i rozwojowa z University of Californina w Santa Barbara, wraz ze współpracownikami przyjrzała się, jak dzieci w wieku od czterech do sześciu lat mieszkające w rejonie Zatoki San Francisco oraz dorosłe szympansy reagowały na filmy pokazujące przedstawicieli ich gatunków. Wyniki, opublikowane w „Proceedings of the Royal Society B", wykazały, że obie grupy wolały oglądać interakcje społeczne niż sceny z udziałem samotnych osób/osobników – nawet jeśli wiązało się to z rezygnacją z drobnych nagród.

„Odkrycia te pokazują, że informacje społeczne są dla ludzi i innych gatunków naczelnych ważne, satysfakcjonujące i wartościowe – mówi Lewis – a więc najpewniej były istotne także dla naszych wspólnych przodków sprzed około 25 mln lat. A także przez miliony lat pomagały w adaptacji."

Wśród dzieci (ale nie u szympansów) badacze zauważyli też inny wzorzec: wraz z wiekiem chłopcy coraz chętniej oglądali sceny konfliktów społecznych, takich jak bitwa o zabawki czy sytuacje, gdy jedno dziecko płacze, a drugie krzyczy. Dziewczynki natomiast rozwijały silniejszą preferencję wobec pozytywnych interakcji, takich jak wspólna zabawa czy czesanie włosów. Naukowcy przypuszczają, że ten wynik może odzwierciedlać różnice w procesach socjalizacji oraz specyficzne dla ludzi presje ewolucyjne.

W innym niedawnym badaniu, opublikowanym w „Animal Cognition", analizowano zachowania związane z obserwowaniem rówieśników u makaków jawajskich. Zarówno samice, jak i samce wykazywały większe zainteresowanie agresywnymi interakcjami niż spokojnym iskaniem (pielęgnacją sierści), a także poświęcały więcej uwagi nagraniom przedstawiającym znajome osobniki. Główna autorka badania, Liesbeth Sterck, prymatolożka z Universiteit Utrecht w Holandii, mówi, że to drugie zachowanie odzwierciedla sposób, w jaki ludzi przyciąga życie społeczne osób, które rozpoznają – czy to rodziny, przyjaciół, czy gwiazd filmowych. Zainteresowanie interakcjami agresywnymi, które mogą ujawniać zmiany w hierarchii lub sygnalizować potencjalne zagrożenia, współgra z ustaleniami, że ludzie są szczególnie wyczuleni na oglądanie w mediach konfliktów. „Śledzenie równowagi sił we własnej grupie ma prawdopodobnie ogromną wartość dla naczelnych, w tym dla człowieka" – podkreśla Sterck.

Gillian Forrester, badaczka kognitywistki porównawczej na University of Sussex w Anglii, która nie brała udziału w żadnym z opisanych badań, zauważa, że uwaga społeczna jest kluczowa dla utrzymania dobrej reputacji. U dawnych ludzi i innych naczelnych utrata reputacji mogła oznaczać brak dostępu do pożywienia i partnerów, prowokować fizyczne konfrontacje, a w skrajnych przypadkach prowadzić do potencjalnie śmiertelnego wykluczenia. Mając tak wiele do stracenia, naczelne ewoluowały w kierunku uważnego obserwowania członków swojej grupy. „Współcześni ludzie zachowali to wyostrzone zainteresowanie interakcjami społecznymi jako adaptację ewolucyjną – mówi Forrester. – Dlatego podglądanie może po prostu się opłacać."

Clarissa Brincat

BIOLOGIA KOMÓRKI

Odchudzanie muzyką?

Komórki słyszą i reagują na dźwięk

KOMÓRKI W TWOICH USZACH nie są jedynymi, które „słuchają": najnowsze badania wskazują, że na dźwięki mogą reagować także kluczowe komórki w całym organizmie. Eksperymenty opisane w „Communications Biology" ujawniły ponad 100 genów, których aktywność zmieniała się pod wpływem fal akustycznych – co wskazuje na możliwe zastosowania medyczne.

Dotychczasowe szeroko zakrojone badania pokazały, że ultradźwięki – fale o częstotliwościach wyższych, niż człowiek jest w stanie usłyszeć – mogą wpływać na procesy biologiczne na różne sposoby. Nowe badania rozszerzają to na dźwięki słyszalne, które nie wymagają specjalistycznego sprzętu, by je wytworzyć.

Biolog Masahiro Kumeta z Uniwersytetu w Kioto wraz z zespołem poddali hodowane mysie komórki mięśniowe (prekursory tkanki mięśniowej) działaniu dźwięku: transmitowali bezpośrednio do naczyń hodowlanych ton niski (440 Hz, czyli A powyżej środkowego C), ton wysoki (14 kHz, bliski górnej granicy słyszalności człowieka) lub szum biały (zawierający wszystkie częstotliwości słyszalne) przez dwie lub 24 godziny.

Następnie zespół przeanalizował wpływ fal dźwiękowych na komórki myszy za pomocą sekwencjonowania RNA, które mierzy aktywność genów. Naukowcy

eprasa.pl 59f6966759

PSYCHOLOGIA

Internetowy potakiwacz

Sposób, w jaki wyszukujemy informacje w Sieci, może wzmacniać nasze przekonania – nawet jeśli nie zdajemy sobie z tego sprawy

POGLĄDY LUDZI STAJĄ SIĘ coraz bardziej spolaryzowane, a „komory pogłosowe" pogłębiają różnice zdań. Dotyczy to nie tylko kwestii politycznych; obejmuje także tematy faktograficzne, od zmian klimatu po szczepienia.

I to nie tylko media społecznościowe są winne, jak wynika z najnowszego badania opublikowanego w „Proceedings of the National Academy of Sciences USA". Okazuje się, że ludzie korzystają z wyszukiwarek tak, aby potwierdzać swoje dotychczasowe przekonania, co może dodatkowo napędzać polaryzację. Badacze sugerują, że prosta zmiana w algorytmach wyszukiwania mogłaby pomóc rozszerzać perspektywę.

Uczestników badania online poproszono, by ocenili swoje przekonania na temat sześciu zagadnień, m.in. energii jądrowej i wpływu kofeiny na zdrowie. Następnie badani wybierali hasła, by poszerzyć swoją wiedzę na dany temat. Naukowcy oceniali zakres tych haseł i odkryli, że od 9 do 34% (w zależności od tematu) było „wąskich". Na przykład, badając wpływ kofeiny na zdrowie, jedna osoba wpisała „negatywne skutki działania kofeiny", podczas gdy inna – „korzyści z kofeiny".

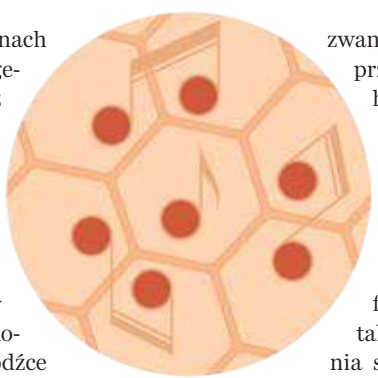
Te wąskie hasła zwykle odzwierciedlały istniejące przekonania uczestników, a mniej niż 10% z nich była tego świadoma. „Ludzie często wybierają hasła, które odzwierciedlają to, w co sami wierzą, nie zdając sobie z tego sprawy – mówi Eugina Leung z biznesowej szkoły Tulane University, która kierowała badaniem. – Algorytmy wyszukiwania są zaprojektowane tak, aby dawać jak najtrafniejsze odpowiedzi na to, co wpisujemy, więc w efekcie wzmacnia ją to, co już myśleliśmy".

Gdy badacze losowo przydzielali uczestnikom różne wyniki wyszukiwania, zauważali, że wpływały one na ich opinie, a nawet zachowania. Na przykład osoby, które zobaczyły wyniki wyszukiwania hasłem „energia jądrowa jest dobra", oceniały potem energię jądrową pozytywniej niż te, które wpisały „energia jądrowa jest zła". Osoby, które zapoznały się z wynikami pod hasłem „korzyści zdrowotne z przyjmowania kofeiny", chętniej wybierały później napój z kofeiną niż te, które widziały wyniki wyszukiwania hasłem „ryzyko przyjmowania kofeiny".

Zwrócenie uwagi na stronniczość haseł miało jedynie niewielki wpływ na końcowe opinie badanych. Natomiast zmiana algorytmu wyszukiwania – tak, by zawsze dostarczał zróżnicowanych wyników lub by naprzemiennie prezentował wyniki z szerokiego zakresu i te uzyskane w związku z hasłem wpisanym przez użytkownika – łagodziła skutki „wąskich" wyszukiwań.

„Badacze zastanawiają się, jak te techniki można by zoptymalizować" – komentuje Kathleen Hall Jamieson z University of Pennsylvania, zajmująca się komunikacją polityczną i naukową. Jej zdaniem „tego typu badania są niezwykle ważne, jeśli chcemy, aby technika wyszukiwania faktycznie odpowiadała temu, czego teraz potrzeba."

Uczestnicy badania uznali szersze wyniki za równie użyteczne i trafne, jak te standardowe. „Ludzie potrafią rozszerzyć swoją perspektywę, gdy da im się taką możliwość, co jest zachęcające – mówi Leung. – Przynajmniej w przypadku tematów, które testowaliśmy". Badacze rekomendują wdrożenie takich strategii, jak opcja „szukaj szerzej". „To byłoby naprawdę pomocne" – dodaje Leung, choć przyznaje, że wątpi, czy kiedykolwiek zostanie wprowadzone. *Simon Makin*



odkryli, że po dwóch godzinach zmieniła się aktywność 42 genów, a po 24 godzinach – aż 145. Większość genów wykazywała zwiększoną aktywność, ale część została wyciszona. „To bardzo obszerne, rzetelne badanie" – komentuje Lidan You, inżynier z Queen's University w Ontario, badająca, jak komórki kostne przekładają bodźce mechaniczne na sygnały biologiczne.

Wiele z zaangażowanych genów odgrywa rolę w kluczowych procesach, takich jak adhezja i migracja komórek, o których wiadomo, że reagują na siły mechaniczne. Badacze zauważyli, że dźwięk powiększał miejsca, w których komórki przyczepiają się do otaczających tkanek – najprawdopodobniej poprzez aktywację enzymu zwanego kinazą ognisk przylegania (focal adhesion kinase, FAK). Enzym ten wykrywa siły mechaniczne i pomaga kierować rozwojem tkanki. Fale dźwiękowe zdają się deformować cząsteczki tak, że łatwiej uaktywnia się przełącznik chemiczny aktywujący FAK, co z kolei wpływa na łańcuch dalszych zmian w aktywności genów.

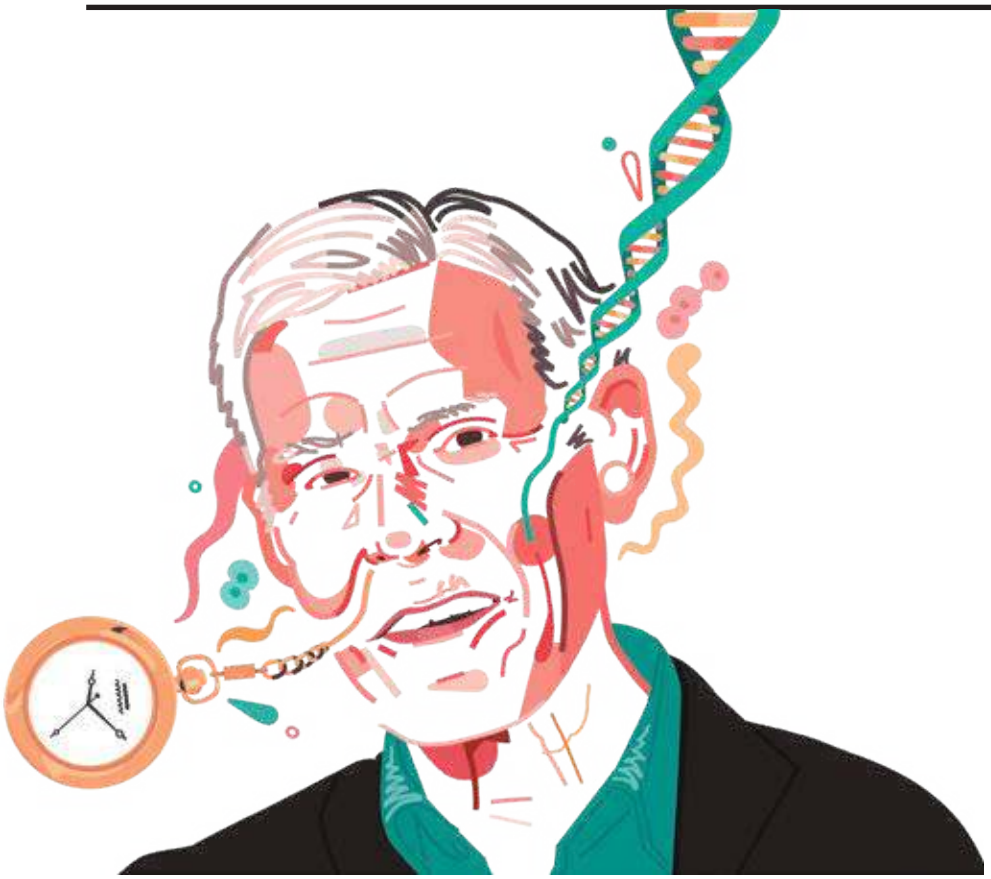
Zespół odkrył także silną reakcję u prekursorów komórek tłuszczowych (preadipocytów): dźwięk hamował ich różnicowanie w dojrzałe komórki tłuszczowe, zmniejszając tym samym odkładanie tłuszczu o 13–15%.

Dźwięk słyszalny jest nieinwazyjny i prawdopodobnie bezpieczniejszy niż leki, mówi Kumeta. Choć nie da się go skupić tak precyzyjnie jak ultradźwięki, łatwo go wytworzyć i można w nim „kąpać" całe duże obszary ciała. Kumeta i jego współpracownicy już rozpoczęli badania nad tego rodzaju interwencjami u żywych myszy, by hamować rozwój tkanki tłuszczowej – a kolejnym etapem mogą być ludzie. „Sądzę, że uda się to osiągnąć w ciągu pięciu–dziesięciu lat" – dodaje badacz.

Inne potencjalne zastosowania obejmują wspieranie medycyny regeneracyjnej oraz walkę z rozwojem nowotworów. „Następnym krokiem może być badanie nie tylko ludzkich komórek, lecz także organoidów odwzorowujących choroby – mówi You – a potem przejście do badań klinicznych." *Simon Makin*

Ilustracje Thomas Fuchs

eprasa.pl 59f6966759



Jak cofnąć czas

Czy testy wieku biologicznego są wiarygodne i co robić, by się wolniej starzeć

LAUREN J. YOUNG

ILE TAK NAPRAWDĘ MAMY LAT? Oczywiście tyle, ile ich upłynęło od naszych urodzin, ale „wieku" nie wyznacza wyłącznie czas. Coraz więcej badań wskazuje, że wiek chronologiczny należy traktować jako coś zupełnie innego niż wiek biologiczny – w którym ciało oraz jego komórki, tkanki i narządy mają oddzielne „zegary", mogące tykać w różnym tempie.

„Obliczanie wieku biologicznego, moim zdaniem, jest kluczowe dla postępu, jakiego dokonaliśmy w nauce o starzeniu się – mówi Eric Topol, kardiolog i profesor genomiki w Scripps Research w La Jolla w Kalifornii. – To sposób, by sprawdzić, czy dana osoba, narząd albo inna jednostka biologiczna starzeje się w normalnym, zbyt szybkim czy też ponadprzeciętnie wolnym tempie".

W swojej najnowszej książce *Super Agers: An Evidence-Based Approach to Longevity* Topol opisuje rosnące zainteresowanie opinii publicznej wiekiem biologicznym oraz częściej podejmowane próby udoskonalenia metod jego pomiaru. Lepsze narzędzia do odmierzania biologicznego czasu mogą dać dokładniejsze prognozy długości życia człowieka oraz potencjalnych chorób, którym można zapobiec lub które można zacząć wcześnie leczyć.

„Scientific American" rozmawiał z Topolem o najnowszych badaniach nad wiekiem biologicznym, czynnikach mogących przyspieszać lub spowalniać starzenie oraz o tym, co może nam on powiedzieć o naszym obecnym i przyszłym zdrowiu.

Poniżej przedstawiamy zredagowany zapis wywiadu.

Lauren J. Young jest redaktorką współpracującą z „Scientific American"; zajmuje się problematyką zdrowotną.

Jak określa się wiek biologiczny i jak ewoluowały badania w tej dziedzinie?

Te badania zaczęły się ponad dekadę temu dzięki genetykowi Stevenowi Horvathowi i jego testowi „zegara", opartemu na analizie markerów epigenetycznych w próbce śliny określanych na podstawie zmian metylacji DNA zachodzących w komórkach. Test ten, nazywany także zegarem epigenetycznym lub metylacyjnym, pozwala obliczyć wiek biologiczny danej osoby. Wraz z wiekiem DNA ulega zmianom i metylacji – cząsteczka grupy metylowej przyłącza się do określonych nukleotydów DNA. Porównuję to trochę do „rdzewienia" organizmu. Innymi słowy, w konkretnych fragmentach genomu pojawiają się znaczniki, które odzwierciedlają starzenie się ludzi i wszystkich innych ssaków.

W oryginalnym teście Horvatha wyraźnie widać było zgodność z rzeczywistym wiekiem danej osoby, czyli wiekiem chronologicznym – oraz przypadki, gdy ta zgodność się nie pojawiała. Jeśli biologiczny wiek człowieka różnił się o kilka lat od jego rzeczywistego wieku, pojawiało się pytanie: dlaczego?

Od tamtej pory, przez ponad 10 lat, powstało mnóstwo innych zegarów: zegary białkowe, zegary RNA, zegary układu odpornościowego – i tak dalej. Dzięki białkom osocza z próbki krwi możemy dziś „mierzyć czas" także dla poszczególnych narządów – serca, mózgu, wątroby czy nerek. Widzimy więc ogromne postępy w rozwoju tych zegarów, które stale się udoskonala, dodając kolejne funkcje. Trwa wyścig o stworzenie najlepszego zegara przewidującego przeżywalność.

Czy testy wieku biologicznego mogą pomóc w leczeniu?

Możemy wykryć u danej osoby, że coś nie działa prawidłowo na różnych poziomach. Na przykład, jeśli wiek biologiczny o pięć lat przekracza rzeczywisty, można się zastanawiać,: czy to może być powiązane z jakimś narządem. Można też użyć tych zegarów, aby sprawdzić, czy zmiana stylu życia, działania profilaktyczne albo leczenie mogą spowolnić tempo starzenia i przywrócić wiek biologiczny do zgodności z wiekiem chronologicznym.

Ilustracja Shideh Ghandeharizadeh

eprasa.pl 59f6966759

Pytanie, kiedy lekarze zaczną ich rzeczywiście używać. Środowisko medyczne bardzo trudno zmienić. Dlatego jeszcze się to nie wydarzyło, ale wierzę, że w końcu tak się stanie. Testy oferują firmy komercyjne, ale mogą one być bardzo drogie. Epigenetyczny test da się wykonać w prosty sposób za 10 czy 20 dolarów, ale niektóre firmy żądają 200.

Nie widziałem ich publikacji, więc nie mogę z całą pewnością stwierdzić, że robią to dobrze, ale brak standardów jest niepokojący. Firmy nie chcą też szokować klientów, informując ich, że są oni biologicznie o 10 lat starsi, niż wskazuje ich wiek chronologiczny.

Wierzę jednak, że ostatecznie będziemy mieć zegary epigenetyczne o wysokiej dokładności, a ich dostawcy nie będą ukrywać złych wyników.

Dlaczego ktoś może biologicznie starzeć się „szybciej" albo „wolniej", niż wskazują jego rzeczywiste lata?

Gdybym miał wskazać jeden mechanizm, odpowiadający za rozbieżności między wiekiem biologicznym a chronologicznym, najprawdopodobniej byłyby to geny – jedne chroniące przed przyspieszonym starzeniem się, inne mu sprzyjające. Ale to tylko mała część całej historii. Kolejna przyczyna leży w tym, że nasz układ odpornościowy słabnie i traci z czasem sprawność. U przeciętnej osoby zmiany zaczynają się około 55–60 roku życia. Poziom ochrony zapewnianej przez układ odpornościowy spada lub układ ten się rozregulowuje – schodzi z właściwej ścieżki – i może wywoływać niepożądane, nadmierne reakcje. Wówczas pojawiają się stany zapalne w różnych narządach, na przykład w tętnicach serca czy w mózgu – nazywam to „inflammagingiem" [od słów inflammation – zapalenie i aging – starzenie się].

Oczywiście ogromny wpływ ma też nasz styl życia – zdrowa dieta, która nie sprzyja stanom zapalnym i nie zawiera wielu ultraprzetworzonych produktów ani czerwonego mięsa, jest korzystna. Zdrowy sen pomaga złagodzić stany zapalne. Jest tylko jedna rzecz, która została definitywnie potwierdzona jako spowalniająca proces starzenia epigenetycznego – i jest to ruch, czyli aktywność fizyczna. Myślę, że te zegary ostatecznie staną się świetną motywacją, by ludzie wybierali zdrowy styl życia. Nie możemy sprawić, by każdy robił wszystkie rzeczy, o których wiemy, że są dla niego dobre, ale jeśli ktoś zobaczy w swoich wynikach, że coś odbiega od normy, jest nadzieja, że zmieni swoje nawyki. To oczywiście tylko jeden ze sposobów zapobiegania chorobom. Są też leki i inne metody leczenia.

Lepsze narzędzia do odmierzania biologicznego czasu mogą dać dokładniejsze prognozy długości życia człowieka.

Jakie czynniki środowiskowe również warto brać pod uwagę?

W USA mamy całe „pustynie żywieniowe". Mamy zanieczyszczenie powietrza oraz niekontrolowane nagromadzenie mikroplastiku i nanoplastiku w powietrzu i wodzie, które trafiają do każdej części naszego ciała i wywołują stany zapalne. Mamy też tzw. wieczne chemikalia, które są wszechobecne. Wszystko to odgrywa rolę w zdrowiu i starzeniu się.

Porozmawiajmy więcej o inflammagingu. Wiemy, że stan zapalny czasami jest korzystny dla organizmu – na przykład w walce z infekcjami – ale w nadmiarze może być szkodliwy. Jak przewlekły stan zapalny może przyspieszać starzenie?

Stan zapalny i starzenie są ze sobą bardzo ściśle powiązane. Układ odpornościowy jest naprawdę motorem – dobrym, gdy zwalcza patogeny, i złym, gdy wywołuje nadmierne stany zapalne w ścianach tętnic lub w mózgu. To odpowiednio choroby serca i choroby neurodegeneracyjne.

Ale to, co jest ekscytujące, to fakt, że dziś potrafimy „podkręcać" lub „przyciszać" układ odpornościowy. Na przykład szczepionki przeciwko półpaścowi zmniejszają ryzyko demencji i choroby Alzheimera o 20–25%. Jak to działa? Szczepionka pobudza układ odpornościowy. To właśnie będzie kluczowe w korzystaniu z tych wskaźników: skupienie się na układzie odpornościowym i stanach zapalnych, aby zachować jego sprawność i powstrzymać go wtedy, gdy zaczyna wymykać się spod kontroli. To przyszłość.

W ostatnim rozdziale mojej książki zaprezentowałem pierwszą wersję mojego „immunomu" – analizy każdego wirusa i patogenu, z którym miałem kontakt, każdego posiadanego przeze mnie przeciwciała. Ale to dopiero początek. Zegar układu odpornościowego może okazać się najprzydatniejszy ze wszystkich; gdybym miał wybrać tylko jeden, wybrałbym właśnie ten. Ale układ odpornościowy jest bardzo złożony. Być może nie będziemy musieli wykonywać systematycznej, kompleksowej oceny immunomu, obejmującej badanie poziomu przeciwciał i sekwencjonowanie komórek (limfocytów) B, T i interferonów. Jeśli uda się nam wykorzystać tylko pewną grupę białek osocza, będzie wspaniale. To jednak pozostaje do sprawdzenia.

Obecnie dopiero rusza projekt ludzkiego immunomu, Celem jest porównanie takich wskaźników, jak białka, z dużo bardziej zaawansowanymi i kosztownymi metodami badania kondycji układu odpornościowego.

Jakie są minusy spowolnienia biologicznego starzenia lub wydłużania życia?

Czujemy się świetnie do 85 lat. „Superstarzejący się" ludzie, którzy nie zapadają na jedną z czterech głównych chorób związanych z wiekiem [cukrzycę typu 2, nowotwory, choroby serca lub choroby neurodegeneracyjne – przyp. red. „SA"], mogą powiedzieć: „Udało się".

Oczywiście, jeśli dożyjesz 98 lat, to jeszcze lepiej. Myślę, że będziemy mieli znacznie więcej takich „superstarzejących się". Ale to nie zmieni faktu, że ostatecznie rozwiną się u nich jakieś problemy – jedna z czterech głównych chorób albo inne schorzenie. Może to być infekcja, ponieważ układ odpornościowy jest już zbyt słaby. Może to być złamanie biodra, gdy gęstość kości jest zbyt niska, a potem kończy się to zatorowością płucną [zakrzep blokujący przepływ krwi do płuc – przyp. red. „SA"].

W końcu człowiek umiera, a między okresem wydłużonej zdrowej starości a śmiercią może pojawić się przewlekła choroba. Nie chcę stwarzać wrażenia, że „superstarzejący się" nie doświadczą problemów w późniejszym etapie życia. Ale sedno sprawy jest takie: postarajmy się maksymalnie wydłużyć okres zdrowia – życie dobrej jakości, bez głównych chorób związanych z wiekiem – zanim wejdziemy w fazę podupadania na zdrowiu. ■

eprasa.pl 59f6966759

Artystyczna wizja naszego Słońca w odległej przyszłości widzianego z roztopionej powierzchni Ziemi.

Chris Butler/Science Source

Czy przetrwamy śmierć Słońca?

Za kilka miliardów lat Słońce przemieni się w czerwonego olbrzyma

PHIL PLAIT

NIE SPOSÓB ZAPOMNIEĆ, jak wielki wpływ ma Słońce na życie na naszej planecie. Jest głównym źródłem światła i ciepła, zapewniającym nam wystarczającą ilość energii, aby utrzymać delikatną równowagę klimatyczną, dzięki której żyjemy. Nie jest to przypadek – życie na Ziemi ewoluowało pod wpływem Słońca i z czasem dostosowało się do wszelkich zmian.

Jednak dostosowywanie się do kaprysów gwiazdy nie jest łatwym zadaniem. Słońce może wydawać się niezmienne z dnia na dzień, jeśli jednak spojrzymy na miliony, a nawet miliardy lat, sytuacja zaczyna wyglądać inaczej – i to diametralnie. Niekoniecznie dobrze.

Na przykład w swoim termonuklearnym jądrze Słońce w każdej sekundzie przemienia około 700 mln ton wodoru w 695 mln ton helu. Brakujące 5 mln ton zamienia się w energię (zgodnie ze znanym każdemu równaniem $E = mc^2$). Okazuje się, że energia ta wystarcza do podtrzymywania świecenia gwiazdy. Jeśli lubicie oszałamiające liczby: Słońce wytwarza $4{\times}10^{26}$ watów mocy – 400 bilionów bilionów watów. Innymi słowy, energia wyemitowana przez naszą gwiazdę w ciągu jednej sekundy zaspokoiłaby całkowite zapotrzebowanie ludzkości przez 650 tys. lat.

Wystarcza ona również do ogrzania naszej planety do obecnej komfortowej

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

eprasa.pl 59f6966759

Astronomowie wciąż spierają się, czy rozszerzające się Słońce dosięgnie Ziemi. Na razie nie wygląda to dobrze.

temperatury. Faktycznie, stosując niektóre z podstawowych zasad fizyki, można obliczyć, jaka powinna być temperatura Ziemi z uwzględnieniem tempa emisji energii przez Słońce. Energia słoneczna rozchodzi się w przestrzeni kosmicznej we wszystkich kierunkach od Słońca, a niewielka jej część (około połowa jednej miliardowej) jest przechwytywana przez Ziemię, ogrzewając naszą planetę. Ustalenie, jak intensywne jest to ogrzewanie, jest nieco skomplikowane i zależy od faktycznego strumienia promieniowania słonecznego, odległości Ziemi od Słońca, jej współczynnika odbicia i innych czynników. Obecnie, gdy przeprowadzamy te obliczenia, średnia temperatura Ziemi wynosi około –15°C, czyli mniej niż temperatura krzepnięcia wody.

Rzeczywiste pomiary temperatury Ziemi dają jednak średnią znacznie wyższą – około 15°C. Różnica wynika z faktu, że gazy cieplarniane w powietrzu zasadniczo zatrzymują ciepło ze Słońca, ogrzewając Ziemię powyżej obliczonej temperatury. Ogrzewanie to powodują głównie naturalne gazy cieplarniane, lecz my sami co roku dodajemy do atmosfery około 40 mld ton dwutlenku węgla, co znacznie zwiększa efekt ocieplenia. Należy zauważyć, że wzrost ten nastąpił mniej więcej w ciągu ostatniego stulecia, czyli w okresie zbyt krótkim, aby mogły zajść jakiekolwiek zmiany w Słońcu; obecne zmiany klimatu na Ziemi są wyłącznie naszym dziełem.

Niemniej produkcja energii przez Słońce zmienia się w sposób zauważalny – ale dopiero na przestrzeni setek milionów lat. Hel wytworzony w jądrze jest obojętny chemicznie; można go traktować jako popiół powstały w wyniku syntezy termojądrowej. Osadza się on w centrum Słońca, gromadząc się w tempie 695 mln ton na sekundę! W miarę wzrostu masy jest on również ściskany przez ogromny ciężar warstw Słońca znajdujących się nad nim i ulega kompresji. Podstawowym prawem fizyki jest to, że sprężanie gazu powoduje jego ogrzewanie, więc nawet jeśli tempo syntezy termojądrowej jest zasadniczo takie samo, jądro Słońca nadal powoli się nagrzewa – co oznacza, że samo Słońce staje się coraz jaśniejsze.

Jeśli przesuniemy zegar o jeden lub dwa eony do przodu, zobaczymy katastrofę. W miarę jak Słońce będzie stawało się coraz jaśniejsze, temperatura Ziemi wzrośnie tak bardzo, że planeta utraci całą parę wodną zawartą w atmosferze, a ostatecznie także całą wodę powierzchniową. Oceany wyparują. To globalne wyschnięcie dość radykalnie położy kres wszelkiemu życiu na Ziemi. Jednak, jeśli to może być pocieszeniem, nie nastąpi to wcześniej niż przed upływem 3 mld lat.

Reakcje zachodzące potem w jądrze Słońca staną się bardzo skomplikowane, lecz najpoważniejszym skutkiem będzie olbrzymi wzrost energii wytwarzanej przez naszą gwiazdę. Cała ta energia zostanie wyrzucona do zewnętrznych warstw Słońca. Podgrzewanie gazu powoduje jego rozszerzanie się, zatem Słońce powiększy się do ogromnych rozmiarów – jego średnica będzie od 100 do 150 razy większa niż obecnie. Jednocześnie temperatura jego powierzchni spadnie, sprawiając, że stanie się ono bardziej czerwone, nawet jeśli będzie wypromieniowywać 2400 razy więcej energii niż teraz. Ta zmiana przekształci Słońce w czerwonego olbrzyma.

Słońce stanie się tak wielkie, że pochłonie Merkurego i Wenus. Być może Ziemia uniknie tego losu; astronomowie wciąż spierają się, czy rozszerzające się Słońce dosięgnie Ziemi. Na razie nie wygląda to dobrze.

Nawet jeśli Ziemia przetrwa, nie czeka ją nic przyjemnego. Temperatura naszej planety wyniesie około 1300°C, co wystarczy, aby stopić ołów. W ciągu dnia skały na powierzchni stopią się, a Ziemia stanie się globem pokrytym lawą. Co więcej, gdy temperatura osiągnie tak wysoki poziom, nasza planeta straci atmosferę, która ulotni się w przestrzeń kosmiczną. Czy istnieje sposób, aby Ziemia uniknęła tej zagłady? Jak poradzą sobie inne planety?

Odpowiadając szczerze na oba pytania w kolejności, w jakiej zostały zadane, powiem – raczej nie i niezbyt dobrze. Nastąpi nieznaczna ulga, ponieważ wraz z rozszerzaniem się Słońca wiatr słoneczny stanie się znacznie silniejszy – tak bardzo, że Słońce straci znaczną część swojej masy. Oznacza to, że grawitacja naszej gwiazdy osłabnie, a planety zaczną migrować na zewnątrz, oddalając się od centralnego wielkiego pieca Układu Słonecznego.

Ale to nie wszystko. Jowisz, którego temperatura wynosi obecnie mroźne –110°C, nagrzeje się do ponad 300°C. Jego lodowe księżyce stopią się i zaczną wyparowywać. Nie znajdziemy tam schronienia.

Jeśli chcemy znaleźć choćby minimalnie łagodniejszy klimat w odległej przyszłości Układu Słonecznego, być może będziemy musieli zwrócić uwagę na Plutona, który do tego czasu będzie oddalony od Słońca około 50 razy bardziej niż obecnie Ziemia. Temperatura na jego powierzchni wyniesie około –10°C. Nadal jest to dość zimno, ale pamiętajmy o efekcie cieplarnianym – na Plutonie znajduje się dużo zamrożonego metanu i dwutlenku węgla, zatem lód ten mógłby wyparować i zapewnić wystarczającą retencję ciepła, aby ten mały świat stał się przynajmniej w pewnym stopniu nadający się do zamieszkania, jeśli nie wręcz komfortowy.

Co dalej? Sytuacja się jeszcze pogorszy, jeśli można to sobie wyobrazić. Słońce odrzuci swoje zewnętrzne warstwy, a jądro zostanie wystawione na działanie próżni kosmicznej, przekształcając się w coś, co astronomowie nazywają białym karłem. Niezwykle gorące jądro będzie miało rozmiar zbliżony do Ziemi, tak niewielki, że dostarczy planetom bardzo mało ciepła. Jeszcze bardziej się one ochłodzą, ostatecznie znacznie poniżej temperatury krzepnięcia jakiegokolwiek pierwiastka lub związku przydatnego biologicznie.

Jeśli potrzebujemy odrobiny pocieszenia, to może być nią fakt, że to wszystko nie wydarzy się przed upływem wielu miliardów lat. Kto wie, jak będzie wyglądała ludzkość do tego czasu i czy w ogóle będzie istnieć? Jeśli tak, to cóż, cały czas rodzą się nowe gwiazdy, które również będą miały planety. Pakowanie się i przeprowadzka nigdy nie są przyjemne, ale jeśli czyjś dom się pali, to nie ma wielkiego wyboru. Być może uda nam się znaleźć inne Ziemie, na których będziemy mogli osiedlić się na kilka eonów, zanim cały proces rozpocznie się od nowa. ■

eprasa.pl 59f6966759

Diety bezglutenowe

Inne składniki pszenicy, nie gluten, znacznie częściej wywołują problemy zdrowotne

LYDIA DENWORTH

NIEDAWNO MOJA PRZYJACIÓŁKA, nazwijmy ją Anne, powiedziała mi, że odstawiła gluten, by spróbować zmniejszyć ból stawów w dłoniach.

„Czuję się o wiele lepiej" – stwierdziła. Anne jest jedną z wielu osób, które same zaleciły sobie unikanie pszenicy w diecie, ponieważ gluten jest głównym białkiem odżywczym rozwijającej się rośliny. Zazwyczaj ludzie decydują się na ten krok po tym, jak usłyszą – anegdotycznie albo w mediach społecznościowych – że gluten wywołuje stany zapalne i leży u podstaw wielu problemów fizycznych i psychicznych.

Historia Anne dała mi do myślenia. Zdarzało mi się żartować, że jestem na „diecie glutenowej", bo bardzo lubię pieczywo i ciasta. Ale jesteśmy z Anne w tym samym wieku, a ja również cierpię na bóle stawów w dłoniach. Czy mogłyby się zmniejszyć, gdybym odstawiła gluten?

To pytanie ma duże znaczenie medyczne. Dla około 1% populacji z celiakią gluten jest ewidentnym problemem. W celiakii białe krwinki układu odpornościowego traktują gluten jak obcego najeźdźcę i zaczynają atakować. Ból bywa bardzo silny. „Komórki jelitowe ulegają uszkodzeniu, a to prowadzi do zaburzeń pracy jelit" – mówi Benjamin Lebwohl, gastroenterolog i badacz z Columbia University's Celiac Disease Center.

Celiakia, związana z genami układu odpornościowego zwanymi *HLA*, powoduje wiele objawów ze strony przewodu pokarmowego, w tym bóle brzucha, biegunkę i zaparcia. Zdolność wchłaniania składników odżywczych spada, co prowadzi do utraty masy ciała. Mogą występować też objawy poza układem pokarmowym – takie jak mgła mózgowa, bóle stawów czy niepłodność. Nic dziwnego, że osoby cierpiące na tę chorobę zaczęły bardzo obawiać się glutenu.

Ogólniejsze obawy, że gluten wywołuje stany zapalne, wydają się jednak nieuzasadnione. U większości osób bez celiakii jedzenie glutenu nie powoduje problemów trawiennych. Nie stwierdzono też, by aktywował on markery stanu zapalnego w jelitach. Błędna koncepcja, że gluten działa prozapalnie, „jest w dużej mierze rozpowszechniana w mediach społecznościowych, które często wzmacniają nieporozumienia i dezinformację" – mówi Elena Nikiphorou, reumatolożka z King's College Hospital w Londynie.

Warto jednak wiedzieć, że nie wszyscy ludzie niemający celiakii łatwo trawią pszenicę. U niektórych osób zdiagnozowano tzw. nadwrażliwość na gluten bez celiakii. Twierdzą, że gdy go unikają, czują się lepiej. Jakie są tego przyczyny, pozostaje w dużej mierze tajemnicą. „Bardzo niewiele wiemy na temat tego, dlaczego gluten powoduje złe samopoczucie u osób niecierpiących na celiakię" – mówi Lebwohl.

W części przypadków pacjenci faktycznie mają celiakię, ale nie zostali prawidłowo zdiagnozowani. Ważne jest, by tę chorobę wykluczyć, podkreśla Lebwohl. Pacjenci powinni też wykluczyć alergię na pszenicę. Opracowano nowy test, polegający na zastosowaniu miniaturowego mikroskopu do obserwacji, jak komórki błony śluzowej jelit reagują na potencjalne alergeny. Dzięki niemu wykryto subtelny typ reakcji – tzw. alergie typu drugiego. W odróżnieniu od ostrych reakcji alergicznych, które mogą wymagać natychmiastowej interwencji medycznej, reakcje typu drugiego rozwijają się wolniej – w ciągu godzin, a nie minut.

Jednak większość najnowszych badań wskazuje, że to inne składniki pszenicy wywołują objawy błędnie przypisywane glutenowi. Stan ten powinno się nazywać nadwrażliwością na pszenicę bez celiakii, a nie nadwrażliwością na gluten, twierdzi Detlef Schuppan, gastroenterolog i immunolog z Johannes Gutenberg-Universität Mainz w Niemczech.

Schuppan i inni badacze wielokrotnie wykazywali, że inne białka pszenicy – inhibitory amylazy-trypsyny (ATI) – wywołują reakcje autoimmunologiczne

SHUTTERSTOCK

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

eprasa.pl 59f6966759

i stany zapalne jelit zarówno u myszy, jak i u ludzi. „To właśnie one uruchamiały odpowiedź wrodzoną układu odpornościowego, a nie sam gluten” – mówi Schuppan. ATI mogą odgrywać rolę w celiakii, w nadwrażliwości na pszenicę oraz w niektórych przypadkach zespołu jelita drażliwego.

Badacze zbadali rolę FODMAP-ów – dużej grupy krótkołańcuchowych węglowodanów, obejmujących m.in. związki obecne w pszenicy i produktach mlecznych, które mogą być trudne do strawienia. Jeśli ktoś ma problem z FODMAP-ami, samo odstawienie pszenicy może wydawać się rozwiązaniem. Jednak jedno z badań, w którym porównano dietę ubogą w FODMAP-y z dietą bezglutenową, wykazało, że ta druga skuteczniej łagodzi wiele objawów.

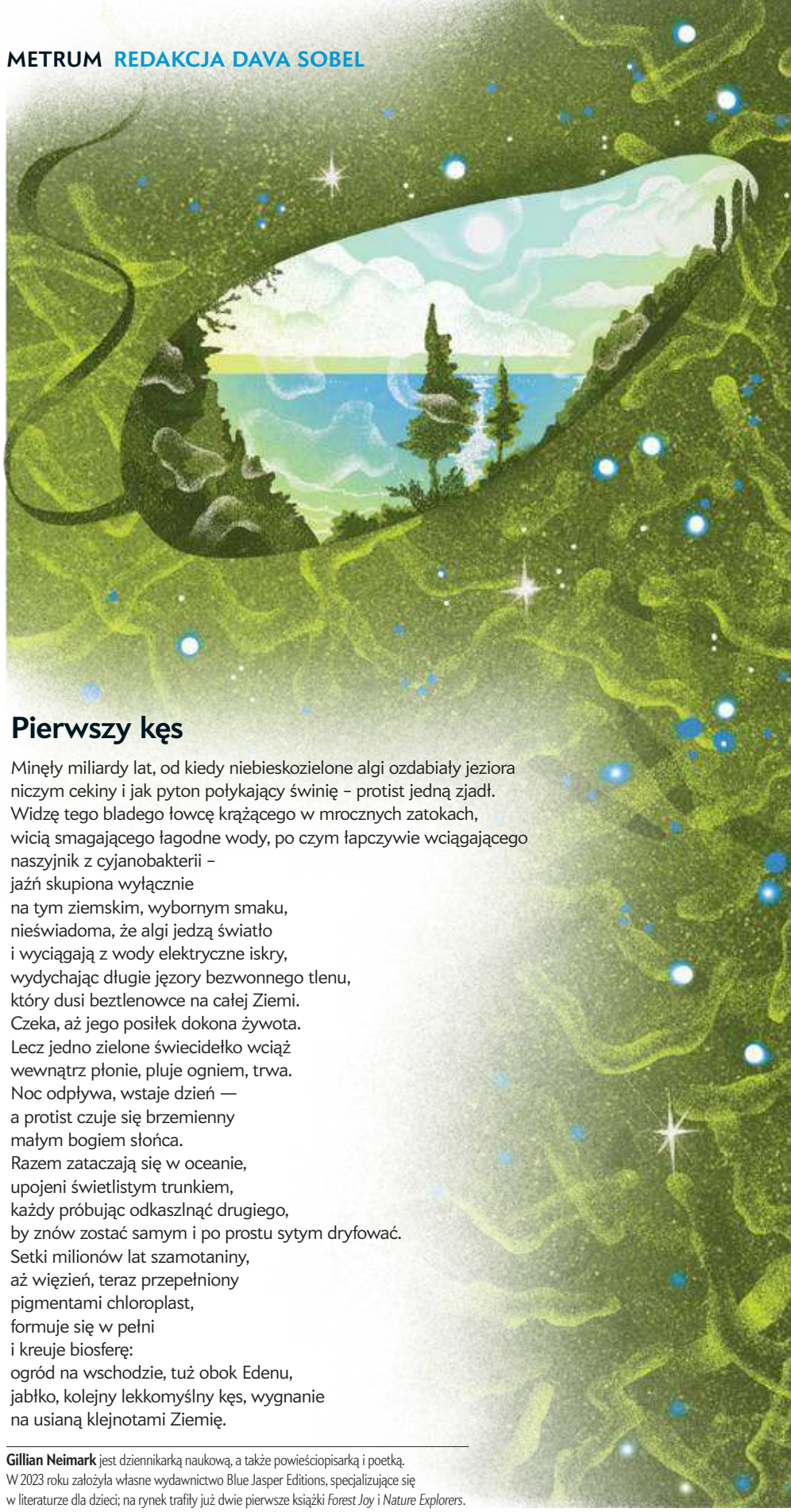
Jeśli chodzi o bóle stawów, mogą istnieć wspólne mechanizmy reumatoidalnego zapalenia stawów (RZS) i celiakii. Niektóre badania wykazały niewielką poprawę w zakresie zapalnych objawów stawowych u pacjentów z RZS, którzy wyeliminowali gluten i inne podejrzane pokarmy. Ale Nikiphorou podkreśla, że większość z tych badań ma ograniczenia, takie jak krótki czas obserwacji, i eksperci wciąż nie są przekonani, co do skuteczności leczenia RZS dietą.

Najczęstszą przyczyną bólu stawów u osób powyżej 40. roku życia nie jest jednak RZS, lecz choroba zwyrodnieniowa stawów (ChZS), rozwijająca się w wyniku zużycia stawów, a nie reakcji autoimmunologicznej. „Uważam, że jest mało prawdopodobne, aby gluten miał wpływ na ChZS” – mówi Nikiphorou. (ATI mogą być winowajcą w przypadku osób z bólami stawów – sugeruje Schuppan).

Niepotrzebne przechodzenie na dietę bezglutenową może być ryzykowne. Takie diety często charakteryzuje niska zawartość błonnika, co – jak zauważa Lebwohl wraz ze współpracownikami – może zwiększać ryzyko chorób serca. Wiele produktów bezglutenowych jest również ubogich w składniki odżywcze i wysoko przetworzonych, a najnowsze badania wskazują, że to niekorzystne dla zdrowia.

Eksperci podkreślają, że tylko osoby z celiakią muszą całkowicie unikać glutenu. Osoby z alergią na pszenicę typu drugiego lub nadwrażliwością na ATI mogą złagodzić objawy, ograniczając jej spożycie o 80–90%, mówi Schuppan.

To podejście, które mogłabym rozważyć, ale… najpierw zjem kanapkę. ■



Pierwszy kęs

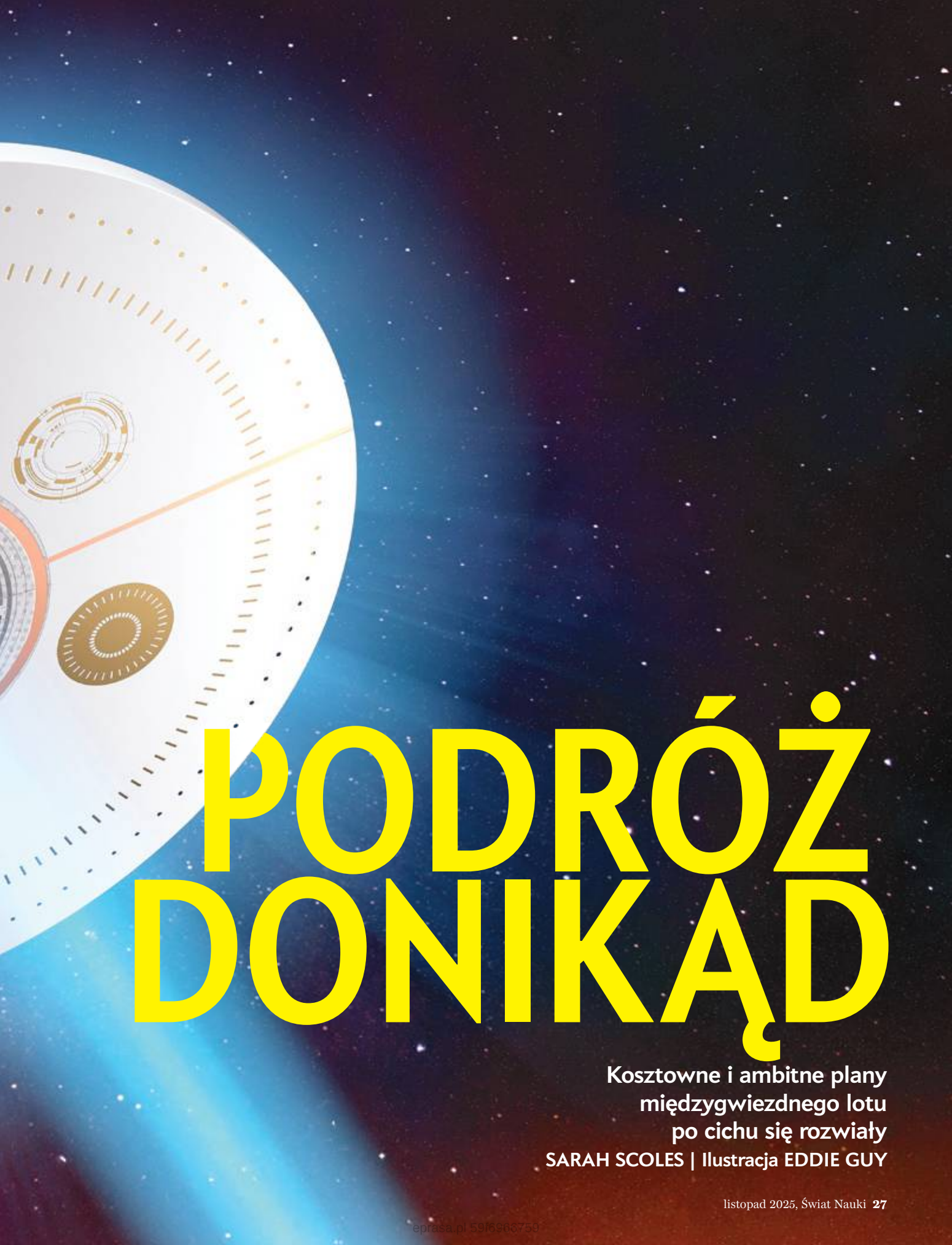
Minęły miliardy lat, od kiedy niebieskozielone algi ozdabiały jeziora
niczym cekiny i jak pyton połykający świnię – protist jedną zjadł.
Widzę tego bladego łowcę krążącego w mrocznych zatokach,
wicią smagającego łagodne wody, po czym łapczywie wciągającego
naszyjnik z cyjanobakterii –
jaźń skupiona wyłącznie
na tym ziemskim, wybornym smaku,
nieświadoma, że algi jedzą światło
i wyciągają z wody elektryczne iskry,
wydychając długie jęzory bezwonnego tlenu,
który dusi beztlenowce na całej Ziemi.
Czeka, aż jego posiłek dokona żywota.
Lecz jedno zielone świecidełko wciąż
wewnątrz płonie, pluje ogniem, trwa.
Noc odpływa, wstaje dzień —
a protist czuje się brzemienny
małym bogiem słońca.
Razem zataczają się w oceanie,
upojeni świetlistym trunkiem,
każdy próbując odkaszlnąć drugiego,
by znów zostać samym i po prostu sytym dryfować.
Setki milionów lat szamotaniny,
aż więzień, teraz przepełniony
pigmentami chloroplast,
formuje się w pełni
i kreuje biosferę:
ogród na wschodzie, tuż obok Edenu,
jabłko, kolejny lekkomyślny kęs, wygnanie
na usianą klejnotami Ziemię.

Gillian Neimark jest dziennikarką naukową, a także powieściopisarką i poetką. W 2023 roku założyła własne wydawnictwo Blue Jasper Editions, specjalizujące się w literaturze dla dzieci; na rynek trafiły już dwie pierwsze książki *Forest Joy* i *Nature Explorers*.

Ilustracja Masha Foya

eprasa.pl 59f6966759

eprasa.pl 59f6966759



PODRÓŻ DONIKĄD

Kosztowne i ambitne plany międzygwiezdnego lotu po cichu się rozwiały

SARAH SCOLES | Ilustracja EDDIE GUY

eprasa.pl 59f6963750

W **2016 ROKU MILIARDER JURIJ MILNER ZORGANIZOWAŁ** konferencję prasową w One World Observatory, znajdującym się w atrium na szczycie eleganckiego wieżowca w centrum odbudowanego kompleksu World Trade Center. Milner zdobył majątek, inwestując w start-upy technologiczne, a teraz chciał przeznaczyć część tych pieniędzy na stworzenie statku kosmicznego, który poleciałby do samych gwiazd.

Nazwał ten plan Breakthrough Starshot. Miał to być projekt, który pozwoliłby dotrzeć do innego układu planetarnego. Zgodnie z tą koncepcją lasery o dużej mocy miałyby rozpędzić niewielkie sondy do prędkości wynoszącej 20% prędkości światła, nadając im wystarczający pęd, aby w ciągu 20 lat dotrzeć do najbliższego układu gwiezdnego – Alfy Centauri. Milner, w ramach jego Breakthrough Initiatives (Przełomowe Inicjatywy) – grupy projektów naukowych związanych z kosmosem i życiem we Wszechświecie – przeznaczył 100 mln dolarów na weryfikację tej koncepcji. W konferencji oprócz Milnera udział wzięli między innymi Mae Jemison, była astronautka i szefowa 100 Year Starship, badawczego programu kosmicznego finansowanego przez Defense Advanced Research Projects Agency (Agencja Zaawansowanych Projektów Badawczych Obrony; DARPA); Pete Worden, były dyrektor Centrum Badawczego NASA imienia Jamesa Amesa; a także Stephen Hawking, światowej sławy fizyk.

Na wczesnym etapie projektu dołączył do niego Zachary Manchester, który obecnie jest profesorem nadzwyczajnym robotyki na Carnegie Mellon University. Wspomina on, że czuł się niesamowicie, gdy jako dwudziestokilkulatek znalazł się na szczycie drapacza chmur górującego nad metropolią i spotkał ludzi, których uważał za legendy – takich jak Freeman Dyson, fizyk znany przede wszystkim z tezy, iż zaawansowane cywilizacje mogą zamykać swoje macierzyste gwiazdy wewnątrz wielkich megastruktur i w ten sposób pobierać energię. Dyson był jednym z kilku luminarzy naukowych, którzy dołączyli do projektu. Do grupy tej należeli także laureat Nagrody Nobla Saul Perlmutter i ówczesny brytyjski Astronom Królewski Martin Rees.

Mówiąc w skrócie, inauguracja projektu Starshot była spektakularna. Spektakularny był także film prezentujący projekt, z komentarzem czytanym przez aktora Setha MacFarlane'a. A tekst towarzyszący ogłoszeniu? Równie spektakularny. Czytamy w nim: „Z użyciem istniejących napędów rakietowych dotarcie do najbliższego układu gwiezdnego, Alfy Centauri, zajęłoby dziesiątki lub setki tysięcy lat. Wydawało się, że gwiazdy znajdują się poza granicami ludzkiego przeznaczenia. Tak było do dzisiaj."

Pieniędzy Milnera nie można porównać z funduszami zainwestowanymi w projekt Apollo, ale stanowiły kwotę większą niż kiedykolwiek przeznaczono na loty międzygwiezdne – dziedzinę, która historycznie otrzymywała stosunkowo niewielkie finansowanie, a realizowane projekty nigdy nie odniosły sukcesu. W pierwszej dekadzie XXI wieku agencje DARPA i NASA powołały program badawczy 100 Year Starship, którego celem było opracowanie sposobu wysłania ludzi na odległość lat świetlnych w ciągu najbliższych 100 lat. Podobny cel przyświecał również prywatnym grupom badawczym, takim jak Tau Zero Foundation i Project Icarus. Żadna z nich nie osiągnęła jednak znaczących

Sarah Scoles
jest dziennikarką popularnonaukową z Kolorado i redaktorką współpracującą z „Scientific American".

eprasa.pl 59f6966759

W ogłoszeniu projektu Breakthrough Starshot w kwietniu 2016 roku uczestniczyli (*od lewej*): scenarzystka i producentka filmów dokumentalnych Ann Druyan, Zachary Manchester, Jurij Milner, Stephen Hawking, Freeman Dyson, Mae Jemison, Pete Worden, Avi Loeb i Philip Lubin.

Bryan Bedder/Getty Images for Breakthrough Prize Foundation

rezultatów. Być może tym razem cel był w zasięgu ręki. Przecież legitymizację przedsięwzięciu Breakthrough Starshot nadawały wielkie nazwiska, bez których projekt mógłby wydawać się ryzykowny. Ogłoszenie tej inicjatywy wywołało spore poruszenie w prasie; stała się ona także tematem okładkowym naszego czasopisma.

Jednak niecałą dekadę lat później wokół projektu Breakthrough Starshot panuje niepokojąca cisza. Po początkowym wielkim wybuchu entuzjazmu wydaje się on przygasać. Nie ma już wielkich zapowiedzi, spotkań międzyinstytucjonalnych ani finansowania. Nawet naukowcy pracujący nad Breakthrough Starshot są zdezorientowani, co do statusu projektu. Jak wynika z e-maila otrzymanego od dyrektora wykonawczego Starshot, Pete'a Wordena, który odmówił udzielenia nam wywiadu, „wstrzymaliśmy program i pracujemy nad przekazaniem jego elementów innym podmiotom".

Chociaż od 2016 roku naukowcy i inżynierowie pracujący nad projektem poczynili znaczące postępy – przynajmniej jeśli chodzi o ustalenie, co jest potrzebne, aby polecieć do gwiazd – to opracowanie planu międzygwiezdnego lotu wydaje się nadal absurdalnie trudne. Przy obecnym stanie techniki rakietowej dotarcie do najbliższej gwiazdy zajęłoby tysiące lat. Trzeba wynaleźć, udoskonalić i przetestować nowe procesy i materiały, co wiąże się z ogromnymi kosztami i najprawdopodobniej potrwa dziesiątki lat. Oczywiście „100 milionów dolarów to ogromna suma pieniędzy" – mówi Edwin Turner, emerytowany astrofizyk z Princeton University, który był jedną z pierwszych osób zaangażowanych w projekt Breakthrough Starshot. „Dla większości z nas to z pewnością wielkie pieniądze, ale w przypadku przełomowych programów to naprawdę niewiele".

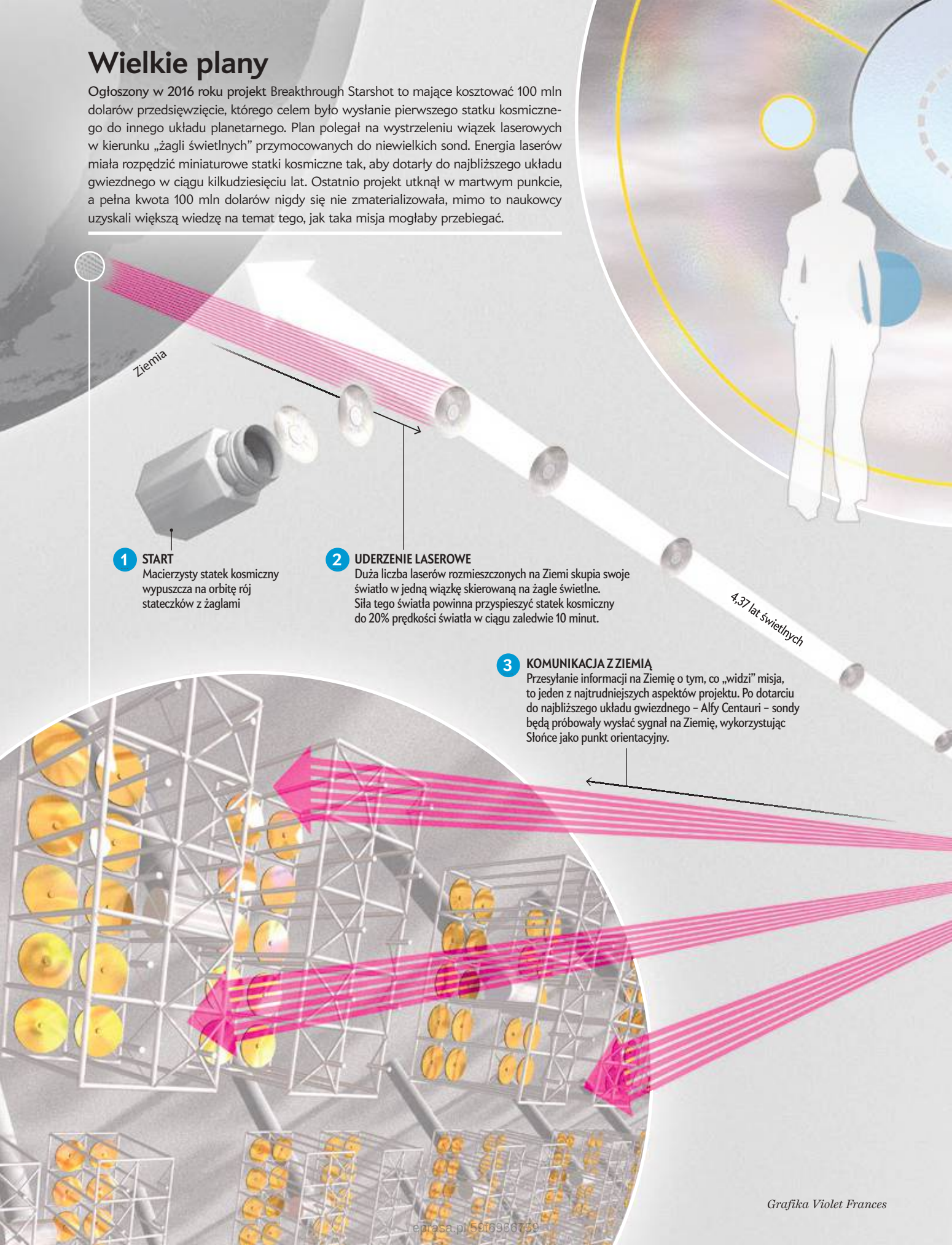
Według jednej z osób pracujących nad projektem, faktycznie wydatkowana kwota była znacznie niższa niż 100 mln dolarów. Fakt, że większość pieniędzy nie została wydana, oznacza, iż przypadek Breakthrough Starshot nie jest przykładem marnotrawstwa. Jest to jednak studium niebezpieczeństw związanych z poleganiem na finansowaniu nauki przez jednostki: kiedy człowiek posiadający miliardy decyduje się odejść, cały projekt zostaje wstrzymany.

BREAKTHROUGH STARSHOT OPIERA SIĘ na prostej, ale śmiałej koncepcji: zbudować na Ziemi potężny zestaw laserów i wykorzystać je do napędzania „żagli świetlnych" przymocowanych do niewielkich statków kosmicznych o masie spinacza biurowego. W kosmos wyniesie je tradycyjna rakieta; gdy znajdą się w odległości około 50 tys. km od Ziemi, zostaną włączone lasery, które wystrzelą 100 GW mocy w kierunku żagli świetlnych. Fotony uderzą w żagle, rozpędzając statki tak, jak wiatr żaglówkę. Dziesięć minut później statek kosmiczny osiągnie prędkość 20% prędkości światła

eprasa.pl 59f6966759

Wielkie plany

Ogłoszony w 2016 roku projekt Breakthrough Starshot to mające kosztować 100 mln dolarów przedsięwzięcie, którego celem było wysłanie pierwszego statku kosmicznego do innego układu planetarnego. Plan polegał na wystrzeleniu wiązek laserowych w kierunku „żagli świetlnych" przymocowanych do niewielkich sond. Energia laserów miała rozpędzić miniaturowe statki kosmiczne tak, aby dotarły do najbliższego układu gwiezdnego w ciągu kilkudziesięciu lat. Ostatnio projekt utknął w martwym punkcie, a pełna kwota 100 mln dolarów nigdy się nie zmaterializowała, mimo to naukowcy uzyskali większą wiedzę na temat tego, jak taka misja mogłaby przebiegać.



1 START
Macierzysty statek kosmiczny wypuszcza na orbitę rój stateczków z żaglami

2 UDERZENIE LASEROWE
Duża liczba laserów rozmieszczonych na Ziemi skupia swoje światło w jedną wiązkę skierowaną na żagle świetlne. Siła tego światła powinna przyspieszyć statek kosmiczny do 20% prędkości światła w ciągu zaledwie 10 minut.

3 KOMUNIKACJA Z ZIEMIĄ
Przesyłanie informacji na Ziemię o tym, co „widzi" misja, to jeden z najtrudniejszych aspektów projektu. Po dotarciu do najbliższego układu gwiezdnego – Alfy Centauri – sondy będą próbowały wysłać sygnał na Ziemię, wykorzystując Słońce jako punkt orientacyjny.

Grafika Violet Frances

eprasa.pl 59f6966759

ŻAGIEL I CHIP
Aby rozpędzić statek do wymaganej prędkości, żagle słoneczne muszą być niezwykle lekkie, wytrzymałe i niemal całkowicie odblaskowe. Badania wskazują, że najbardziej stabilną konstrukcją może być obracający się żagiel w kształcie koła. Stateczek kosmiczny odbywający tę podróż byłby wzorowany na małych chipach stosowanych w smartfonach i ważyłby prawdopodobnie od jednego do dwóch gramów.

i będzie już w połowie drogi do Marsa – taka podróż przy obecnym stanie techniki zajmuje miesiące. Poruszając się tak szybko, dotarłby do Alfy Centauri – a konkretnie do Proximy Centauri, najbliższej gwiazdy w układzie – w ciągu kilku dziesięcioleci. Podczas przelotu Starshot obserwowałby zarówno gwiazdę, jak i egzoplanetę wielkości Ziemi, o której wiadomo, że istnieje w tym układzie gwiezdnym. Statek wysłałby sygnał na Ziemię, po czym pożeglowałby dalej w głąb Drogi Mlecznej.

Podstawowa koncepcja użycia światła jako napędu sięga lat 20. ubiegłego wieku, kiedy to rosyjscy pionierzy przemysłu rakietowego Fridrich Cander [syn niemieckich przesiedleńców – przyp. red.] i Konstantin Ciołkowski [uczony polskiego pochodzenia – przyp. red.] zaproponowali wykorzystanie ciśnienia światła słonecznego do poruszania statków kosmicznych. Niektóre detale konkretnych planów Breakthrough pochodzą jednak z prac fizyka z University of California w Santa Barbara, Philipa Lubina. W 2009 roku, siedem lat przed rozpoczęciem projektu Breakthrough Starshot, Lubin uczestniczył w konferencji w Naval Postgraduate School w Monterey w Kalifornii. Tamtejsi naukowcy dyskutowali na temat skupiania energii za pomocą laserów, mikrofal, wiązek cząstek elementarnych i innych środków, co nosi nazwę energii ukierunkowanej. Jak twierdzi Lubin, chodziło „głównie o eliminację zagrożeń", czyli o nadlatujące pociski.

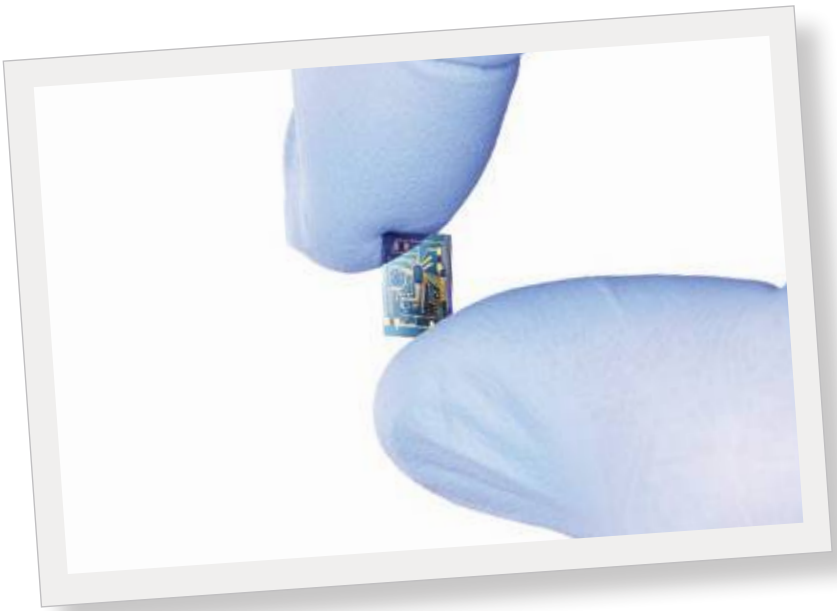
Jednak podczas konferencji Lubin zaczął marzyć o innych zastosowaniach tej techniki, zwłaszcza gdyby udało się ją rozszerzyć. Czy można ją wykorzystywać do ochrony Ziemi przed planetoidami, a nie tylko przed międzykontynentalnymi pociskami balistycznymi? A może, jak pomyślał później, do wynoszenia statków kosmicznych w daleką przestrzeń? W domu Lubin zabrał się za obliczenia. „Zawsze chcę się dowiedzieć, dlaczego coś nie działa, albo dlaczego nie można tego zrobić" – wyjaśnia.

Pomimo jego najlepszych starań, aby pokonać samego siebie, wydawało się, że pomysł zadziała: można skierować energię na nadlatującą skałę kosmiczną, podgrzać jej fragment, doprowadzić do odparowania tego miejsca i zmienić orbitę planetoidy tak, aby odchylić jej tor od Ziemi. Prawdopodobnie można by również wysłać statek kosmiczny w daleką podróż. Lubin ostatecznie złożył wniosek do NASA o środki finansowe na badania nad obydwoma planami i fundusze te otrzymał.

Prace Lubina nad ochroną planetarną – był to projekt o nazwie DE-STAR – zyskały większą uwagę w 2013 roku, po eksplozji meteoroidu nad rosyjskim miastem Czelabińsk. Lubin, być może przyszły zbawiciel planety, został zaproszony przez innych naukowców do wygłoszenia wykładów, w tym w SETI Institute (Search for Extraterrestrial Intelligence Institute). Na spotkaniu wspomniał, że ta sama technika może również umożliwić loty międzygwiezdne. Jeden z kolegów poradził mu, aby porozmawiał z niejakim Pete'em Wordenem.

Lubin tego nie zrobił, ale, korzystając z dalszego finansowania przez NASA, nadal pracował nad swoimi pomysłami międzygwiezdnego lasera. W 2015 roku

eprasa.pl 59f6966759



Sonda kosmiczna Breakthrough Starshot składałaby się prawdopodobnie z niewielkich chipów komputerowych zwanych nanostatkami. Prezentowany tutaj prototyp ma około 15 mm szerokości.

przemawiał na konferencji zorganizowanej w ramach projektu 100 Year Starship. Tam w końcu spotkał Wordena, który zasugerował mu przesłanie pisemnej wersji swoich pomysłów. Lubin przedstawił plan działania dla lotów międzygwiezdnych, który został później opublikowany w czasopiśmie „Journal of the British Interplanetary Society'.

Worden szybko odpowiedział Lubinowi. „Mam przyjaciela – wspomina Lubin jego słowa. – Czy mogę wysłać mu ten plan?" Lubin zgodził się i dodał, że może wysyłać to komu tylko zechce. Tym przyjacielem był oczywiście Milner. W styczniu 2016 roku Lubin spotkał się z Milnerem w jego rezydencji w Bay Area. Przed Milnerem leżał plan działania Lubina, pokryty żółtymi karteczkami samoprzylepnymi. „Jurij powiedział mi: »wiesz, odkąd byłem dzieckiem, zawsze marzyłem o podróży do gwiazd, a teraz ty pokazałeś mi drogę«" – opowiada Lubin.

Milner chciał wysłać dokument do ekspertów, którzy mogliby ocenić jego mocne i słabe strony. „Jeśli recenzje będą pozytywne, jestem gotów zainwestować sporą sumę pieniędzy" – wspomina Lubin słowa Milnera. Napomknął o 100 mln dolarów. „Tak przy okazji, nigdy do tego nie doszło – mówi Lubin. – Nie było żadnych 100 mln dolarów". Dwaj czołowi naukowcy związani z projektem odmówili udzielenia wywiadu na ten temat.

ZANIM OFICJALNIE OGŁOSZONO start projektu Starshot, przedstawiciele Breakthrough po cichu rekrutowali innych ekspertów z tej dziedziny. Oprócz Turnera, który znał Milnera już z innego projektu o nazwie Breakthrough Listen, polegającego na poszukiwaniu sygnałów pochodzących od obcych cywilizacji, dołączył do nich Mason Peck, profesor inżynierii na Cornell University i były główny technolog NASA. „Takie okazje nie trafiają się codziennie, więc od razu w pełni zaangażowałem się w ten projekt" – mówi Peck. Na wczesnym etapie dołączył również do zespołu Kelvin Long, fizyk i inżynier lotniczy, który współtworzył Project Icarus. Przesłał on Wordenowi napisane w ciągu trzech dni podróży studium projektowe dotyczące hipotetycznej sondy kosmicznej, która mogłaby poruszać się z prędkością 10% prędkości światła.

Na początku swego istnienia zespół Starshot zidentyfikował około 30 problemów, które należy rozwiązać, zanim sondę można będzie wysłać do gwiazd. Worden i James Schalkwyk z Breakthrough Prize Foundation, we współpracy z trzema naukowcami z Australian National University, napisali rozdział do opublikowanej w 2024 roku książki fizyka i redaktora Claude'a Phipsa „Laser Propulsion in Space: Fundamentals, Technology, and Future Missions" (Napęd laserowy w kosmosie: podstawy, technika i przyszłe misje), w które omówili początkowe etapy projektu. Zgodnie z zaleceniami tego podsumowania, 37 grup badaczy zebrało się, aby poznać i ograniczyć główne ryzyka. „W owym momencie cały projekt sprowadzał się do próby ustalenia, jak produktywnie wydać 100 mln dolarów" – opowiada Turner.

Czasami członkowie załogi otrzymywali niewielkie kwoty na wsparcie swoich badań, a czasami nie. Starshot gromadził jednak ludzi – w realu i wirtualnie – dzięki czemu mogli omawiać swoje własne badania. „Breakthrough to w zasadzie liczne spotkania" – twierdzi Lubin. Inni również uważają, że osobiste rozmowy to główny sposób działania naukowców projektu.

Począwszy od 2016 roku, Breakthrough Initiatives sponsorowało konferencje Breakthrough Discuss, które „koncentrowały się na życiu we Wszechświecie i nowatorskich pomysłach dotyczących eksploracji kosmosu". Spotkania te, które nigdy nie dotyczyły konkretnie projektu Starshot, ale często poruszały tematy związane z misją międzygwiezdną, były kontynuowane do 2025 roku, z przerwą w 2020 roku i wirtualnym spotkaniem w 2021 roku. Przez wiele lat organizowano również mniejsze konferencje satelitarne, aby omówić konkretne aspekty techniczne i naukowe tego problemu.

Podczas tych spotkań naukowcy i inżynierowie zbierali się, aby analizować postępy techniki, omawiać problemy, dla których nie znaleziono jeszcze rozwiązań, szanse na pokonanie tych problemów i stworzenie czegoś, co można by wystrzelić, a także harmonogram i koszty związane z realizacją tego zadania. W pierwszych latach panowała widoczna ekscytacja – naukowcy czuli, że są częścią zespołu podejmującego przedsięwzięcie ambitne, ale wykonalne. Wiedzieli, że największe wyzwania dotyczą określonych obszarów: projektu żagla, funkcjonalności układu laserowego, budowy statku kosmicznego oraz konstrukcji systemu łączności, który mógłby wysyłać sygnały z odległości lat świetlnych na Ziemię. Zasadniczo więc wszystkiego.

NIE MA SENSU WYSYŁAĆ statku kosmicznego do innej gwiazdy, jeśli nie będzie można udowodnić, że się to udało. Misja Starshot musiałaby nie tylko dotrzeć do Proxima Centauri, ale także znaleźć sposób na wysłanie sygnału wystarczająco silnego, aby mógł zostać odebrany na Ziemi. Jednak skierowanie sygnału we właściwym kierunku z odległości wielu lat świetlnych, gdy zarówno sonda, jak i Ziemia są w ruchu,

Stan Musilek

eprasa.pl 59f6966759

stanowi poważne wyzwanie. Ponadto oba te zadania muszą zostać przeprowadzone za pomocą niewielkich instrumentów znajdujących się na statku kosmicznym o masie jednej czy dwóch skuwek długopisu.

Zdaniem Pecka, wyobrażenia Milnera, jak powinny wyglądać takie sygnały, mogły być nierealne (a przynajmniej sprzeczne z sugestiami niektórych naukowców). „Myślę, że Jurij jest niezwykle inteligentny, i uważam, iż ma odpowiednie przygotowanie techniczne do realizacji tego projektu" – mówi Peck. Milner chciał jednak uzyskać takie rzeczy, jak wideo czy obrazy 4K z Alfą Centauri. A to, jak twierdzi Peck, było stawianiem wszystkiego na głowie.

Dla Pecka cenne byłoby uzyskanie choćby jednego bitu informacji z innego układu planetarnego. Być może sonda mogłaby wysłać odpowiedź „tak" lub „nie" na jedno pytanie – na przykład, czy w atmosferze planety występuje określony procent tlenu lub czy poziom promieniowania wydaje się odpowiedni dla życia. „Uzyskanie gigabita informacji z Proxima Centauri jest tylko nieznacznie lepszym rozwiązaniem" – twierdzi.

Jak napisano we wspomnianym rozdziale książki z 2024 roku, zespół znalazł kilka sposobów, aby komunikacja była w ogóle wykonalna. Aby wychwycić słabe transmisje, naukowcy mogliby zbudować na Ziemi ogromną sieć małych odbiorników. Mogliby również powiększyć antenę nadawczą statku kosmicznego i przesyłać komunikaty w zakresie fal optycznych, a nie radiowych, co pozwoliłoby na szybszy transfer większej ilości danych. Zespół postanowił wykorzystać Słońce jako punkt orientacyjny, w którego kierunku kierowana byłaby transmisja, pomagając w ten sposób informacjom dotrzeć do właściwej części rozległego Wszechświata. Mimo to Long nazywa problem komunikacji „niewygodnym tematem", ponieważ w początkowych analizach nie poświęcono mu tyle uwagi, ile innym zagadnieniom. Z tą oceną zgadza się Manchester z Carnegie Mellon.

ABY SONDY MOGŁY POLECIEĆ wystarczająco szybko i daleko, żeby miały co przekazać, trzeba rozwiązać inny problem: laserów. Albo, jak nazwała je ekipa Starshot, „silnika fotonowego".

Pierwszą trudnością, na jaką natrafiła ekipa, było to, że pojedynczy laser musiałby mieć niesamowitą moc – nieporównywalną z niczym, co istnieje obecnie. Naukowcy mogliby stworzyć układ mniejszych laserów, których wiązki połączyłyby się w jedną o mocy 100 GW, ale musieliby wtedy synchronizować fale świetlne, podobnie jak się dostraja dźwiękowe. „W tej kwestii poczyniono poważne postępy – mówi Manchester. – W laboratorium udało się to osiągnąć z użyciem kilkudziesięciu laserów, co stanowi ogromny przełom".

Ale nie jest to wystarczający przełom dla Breakthrough. Aby sięgnąć głęboko w przestrzeń kosmiczną, projekt wymagałby jeszcze większej liczby laserów, które musiałyby działać poza laboratorium – co stwarza kolejny problem. „Jak przebić się przez atmosferę bez zakłóceń?" – pyta Manchester. Turbulencje w górnych warstwach atmosfery wywołają migotanie wiązki.

W pierwszych latach panowała widoczna ekscytacja – naukowcy czuli, że są częścią zespołu podejmującego przedsięwzięcie ambitne, ale wykonalne.

Należałoby skorygować to migotanie w czasie rzeczywistym. Jeden laser, zwany gwiazdą przewodnią, mógłby nieustannie przebijać się przez atmosferę, a naukowcy mogliby wykorzystać dane o zniekształceniu jego wiązki do korekty pozostałych laserów. Jednak taka korekta wymagałaby milionów regulacji na sekundę. W rozdziale książki z 2024 roku Worden i współautorzy uznali to za potencjalnie największą przeszkodę techniczną dla całego programu.

Lasery stanowią również barierę finansową. Jak twierdzi Long, aby projekt Starshot był wykonalny, koszt zasilania laserów musi spaść z obecnych 100 dolarów za wat do około 0,01–0,05 dolara za wat. Peck jest optymistą i uważa, że teoretycznie koszt zasilania laserów powinien się z czasem zmniejszać. Przypomina prawo Moore'a, według którego tranzystory w chipach komputerowych powinny wraz z upływem lat stawać się coraz mniejsze. Jednak obniżka ta nie nastąpi natychmiast. „Prawdopodobnie nie będziemy mogli liczyć na wystrzelenie Starshota w ciągu najbliższych 20 lat, jak chciał tego sponsor, ale raczej 30 lub 40" – mówi Long.

Niezależnie od tego, ile kosztuje laser, jaką ma budowę i kiedy to wszystko w końcu nastąpi, problemem pozostaje polityka. Laser, emitujący energię równoważną czterem elektrowniom, jest bronią, co uwypuklono na konferencji, w której udział zachęcił Lubina do badań. Jedynym rozwiązaniem tego problemu jest współpraca międzynarodowa i wzajemne zaufanie, które obecnie nie są na najwyższym poziomie.

GDY SILNIK FOTONOWY ZOSTANIE już uruchomiony, energia lasera musi trafić w żagiel świetlny konkretnego stateczku kosmicznego i rozpędzać go z mocą około 100 GW. Żagiel musi wytrzymać ten napór, a równocześnie przetrwać przyspieszenie 40 tys. g, czyli 40 tys. razy większe niż to, jakie się odczuje, spadając z klifu.

Materiały, które są w stanie wytrzymać zarówno trudy „warpowej" prędkości, jak i uderzenie wiązki laserowej, a jednocześnie zachować właściwości odbijające, są zazwyczaj ciężkie. Starshot zakładał stworzenie materiału na żagiel świetlny, który może mieć cztery metry szerokości, ale ważyć tylko jeden gram. Początkowa faza projektu Breakthrough miała na celu wskazanie materiałów, które potencjalnie spełniałyby te warunki. Projektem kierował Harry Atwater z California Institute of Technology, który nie zareagował na prośbę o udzielenie wywiadu. Według podsumowania z 2024 roku, substancją wybraną przez jego zespół jest azotek krzemu. Atwater i jego współpracownicy opublikowali ten wynik w 2022 roku. Inżynierowie byli

eprasa.pl 59f6966759

Kiedy projekt wystartował, ludzie uważali podróże międzygwiezdne za szaleństwo – albo w ogóle o nich nie myśleli.

w stanie wyprodukować próbki o grubości mniejszej niż mikron, czyli mniejszej niż jedna dziesiąta grubości folii spożywczej.

Ultracienkie płytki z tego materiału można łączyć jak puzzle w większą całość. Nie pochłania ona zbyt wiele światła, jest silnie odblaskowa. Inżynierowie z Breakthrough zmontowali taką strukturę w skali milimetrowej, ale nie w metrowej. Atwater i jego zespół stworzyli również symulację komputerową, która pozwala obliczyć, jak różne projekty żagli słonecznych sprawdziłyby się podczas lotu międzygwiezdnego.

Inna grupa z University of Sydney pracowała nad sposobami utrzymania stabilności hipotetycznego żagla świetlnego. Naukowcy spotkali się w 2021 i 2022 roku i wymienili wynikami swoich badań, ale nigdy nie dostali żadnych pieniędzy od Breakthrough. „Od początku cała ta sprawa była niepoważna – mówi fizyk z University of Sydney, Michael Wheatland. – Nigdy w to nie uwierzyłem. Ale moim zdaniem, jeśli prowadzi się badania podstawowe, nawet w przypadku tak niedorzecznego przedsięwzięcia można uzyskać naprawdę użyteczne wyniki".

I właśnie to udało się zespołowi z Sydney. Wiedzieli, że podczas przyspieszania wiązka laserowa będzie żaglem nieustannie miotać, musieli więc znaleźć sposób, aby ponownie go wyśrodkować. „Wtedy jednak pojawiają się oscylacje" – mówi Wheatland. Przesuwanie lasera mogłoby to rozwiązać, ale, podobnie jak w przypadku korekty mającej na celu wyeliminowanie migotania laserów, ruch ten może być zbyt dużym wyzwaniem dla całego układu.

Odrębny problem to same statki kosmiczne, które muszą być jak najmniejsze i jak najlżejsze. Breakthrough nazywa je „nanostatkami". Głównym kandydatem na realizację jest pomysł Manchestera – tego pełnego entuzjazmu doktoranta, który od samego początku programu zaangażował się w badania. Wczesne projekty Manchestera nie były przeznaczone do lotów poza Układ Słoneczny, a nawet poza orbitę Ziemi. Jako doktorant na Cornell University, około 2009 roku zaczął pod nadzorem Pecka projektować satelity wielkości znaczka pocztowego. Nazwał je Sprites i ChipSats. W 2011 roku dzięki zbiórce crowdfundingowej sfinansował projekt, a w 2014 roku wystrzelił w kosmos około 100 ChipSatów. Niestety, awaria uniemożliwiła umieszczenie ich na orbicie; spłonęły w atmosferze podczas powrotu.

Po tym niepowodzeniu Manchester zaangażował się w projekt Breakthrough. Jego małe satelity wydawały się idealnie pasować do potrzeb zespołu. „Pomysł polegał na tym, że jakaś wersja mojego ChipSata zostanie doczepiona do żagla świetlnego" – wyjaśnia. Manchester rozpoczął staż podoktorski na Harvardzie, oficjalnie pracując nad projektami niezwiązanymi z ChipSat, jednak dzięki pomocy Breakthrough udało mu się utrzymać projekt ChipSat przy życiu. „Przez cały czas byli dla mnie bardzo mili – mówi. – Pomagali i zapewnili niewielkie wsparcie finansowe".

W 2019 roku Manchester z powodzeniem umieścił na orbicie jednocześnie 105 ChipSatów. Pokazał, że mogą komunikować się ze sobą w przestrzeni kosmicznej i działać jak rój. Rząd federalny pozwolił jednak na tylko jedną taką akcję. „Federalna Komisja Łączności uznała, że możemy zniszczyć świat kosmicznymi śmieciami", mówi, co nie byłoby problemem, gdyby satelity kierowały się daleko poza niską orbitę okołoziemską, ku nieskończoności.

Oczywiście, Breakthrough nie dał żadnych przełomowych osiągnięć. Jednak w przypadku wszystkich czterech problemów zespoły stwierdziły, że pod względem technicznym podstawowy plan nie zawiera błędów. Przeprowadziły również badania wystarczające, żeby ustalić, czego nie wiadomo, i jakie rozwiązania techniczne (oraz środki finansowe) byłyby potrzebne, aby zrealizować ten pomysł.

Postęp prawie na pewno został spowolniony przez fakt, że owe 100 mln dolarów nigdy się nie zmaterializowało. Chociaż wysokość dotacji dla projektu Starshot nie została podana do wiadomości publicznej, przykład Lubina może ilustrować skalę wydatków. Jego grupa otrzymała dwie dotacje: jedną w wysokości 116 tys. dolarów, a drugą w wysokości około 80 tys. dolarów. Niektórzy z jego kolegów z Australii również dostali 80 tys. dolarów. „W ciągu ośmiu lat otrzymaliśmy mniej niż 200 tys. dolarów" – mówi Lubin. Było to znacznie mniej niż NASA przeznaczyła na prace Lubina nad międzygwiezdną energią; strategia Breakthrough zorientowana na prasę sprawiła jednak, że jego nazwa była lepiej kojarzona z projektem. „Faktycznie Breakthrough wniosło mniej niż 5% finansowania naszego programu – mówi Lubin. – Było to więc tylko niewielkie wsparcie. Jednak w świadomości opinii publicznej cały program był programem Breakthrough, co po prostu nie jest prawdą".

Lubin oblicza, że Breakthrough wydało łącznie około 4,5 mln dolarów na około 30 kontraktów. Pod koniec stycznia 2025 roku, po tym jak skontaktowałem się z Wordenem i Avi Loebem z Harvardu (również naukowcem Breakthrough), odezwała się do mnie rzeczniczka Breakthrough Prize Foundation. Worden i Loeb odmówili udzielenia wywiadów, ale rzeczniczka powiedziała, że jest sposób, abym mogła znacznie rozwinąć swój artykuł. Później odniosła się do raportu podsumowującego projekt, który miał być ukończony wiosną 2025 roku i udostępniony „Scientific American". Raport ten nie pojawił się do czasu oddania tego numeru do druku.

Na tym etapie przyszłość programu jest niejasna. Wygląda na to, że Starshot uległ zawieszeniu na czas nieokreślony, a może nawet został zakończony, chociaż nie ogłoszono tego oficjalnie i nie towarzyszyły temu żadne fanfary. Peck nie jest pewien, jak

eprasa.pl 59f6966759

Najbliższy Słońcu układ gwiezdny – Alfa Centauri – składa się z trzech gwiazd. Dwie z nich [oficjalnie nazwane w 2016 roku Rigil Kentaurus – przyp. red.] tworzą układ podwójny, pokazany na zdjęciu wykonanym przez wystrzelone przez NASA obserwatorium rentgenowskie Chandra (*wstawka*). Trzeci składnik – Proxima Centauri – obiega dwie centralne gwiazdy.

Zdenek Bardon (*zakres optyczny*); NASA/CXC/University of Colorado/T. Ayres i in. (*promieniowanie rentgenowskie*)

wygląda sytuacja. „Z tego, co wiem, w najlepszym razie wstrzymano realizację projektu – mówi. – I myślę, że w najbliższej przyszłości prawdopodobnie nie będzie on kontynuowany".

Fizyk Martijn de Sterke, członek grupy z Sydney, oraz jego kolega Boris Kuhlmey, fizyk z Sydney pomagający w badaniach związanych ze Starship, dowiedzieli się nieoficjalnie, że projekt Breakthrough Starshot został zakończony. „Wygląda na to, że ten program jakoś zniknął – mówi de Sterke. – Nie mieliśmy od nich żadnych wiadomości od około dwóch lat".

Niektóre źródła interpretują zakończenie programu jako fakt uświadomienia sobie, że rzeczywisty statek gwiezdny, choć technicznie możliwy do realizacji, jest nadal odległą przyszłością. „Myślę, że zajmie to od 30 do 50 lat ciężkiej pracy wielu bardzo zaangażowanych osób. Byłby to taki projekt Manhattan na sterydach" – mówi Lubin. Niektóre źródła spekulują, że być może taki harmonogram nie przemawiał do Milnera, podobnie jak wydatek porównywalny z projektem Manhattan. Turner jest innego zdania. Odwołuje się do znanego przykładu średniowiecznych katedr, których budowa trwała wieki – czas, który obecnie ludzie rzadko poświęcają na jedno przedsięwzięcie. „To [porównanie] jest często wykorzystywane jako rodzaj złośliwej krytyki krótkowzroczności współczesnych cywilizacji lub ludzi motywowanych zyskiem" – mówi Turner. – Myślę, że w rzeczywistości jest to wynik szybkiego rozwoju techniki".

W ciągu 200 lat trwania budowy katedry metody wykorzystywane do tworzenia łuków i zwieńczeń nie zmieniały się znacząco. Jednak technika, która stanowi podstawę naszego świata, jest zupełnie inna niż ta sprzed kilkudziesięciu lat. „Trudno wyobrazić sobie jakieś urządzenie techniczne, nad którym obecnie pracujemy, do którego skonstruowania mogłyby się przydać jakiekolwiek metody sprzed 200 lat – twierdzi Turner. – Nic, co udałoby się wtedy zrobić, nie miałoby dla nas żadnego znaczenia". Być może właśnie tak postanowiło kierownictwo Breakthrough w sprawie Starshot: najlepiej pozostawić go przyszłym pokoleniom.

Pomimo niejednoznacznego zakończenia projektu i niepewnej przyszłości, wielu jego uczestników wypowiada się o Breakthrough pozytywnie. Dla przykładu, Manchester postrzega go jako sukces psychologiczny. Kiedy projekt wystartował, ludzie uważali podróże międzygwiezdne za szaleństwo – albo w ogóle o nich nie myśleli. „Breakthrough zmienił postrzeganie takich zagadnień; obecnie jest to uzasadniony obszar badań naukowych" – twierdzi.

Nad projektem pracowali poważni ludzie, którzy robili konkretne rzeczy i osiągnęli istotny postęp – nawet jeśli nie bezpośrednio na drodze do Alfy Centauri. „To wciąż odległa przyszłość, ale znacznie bliższa niż pięć czy sześć lat temu" – podsumowuje Manchester. Program zainspirował również takie osoby, jak de Sterke i Kuhlmey, do pracy nad fundamentalnymi problemami fizyki i inżynierii, której w innej sytuacji pewnie nikt by się nie podjął. Być może właśnie ten fakt będzie ostatecznie największym dziedzictwem programu Starshot. „Gdyby można było jednym zdaniem podsumować, czym był program Breakthrough i co osiągnął, byłoby to skierowanie uwagi na marzenia" – mówi Lubin. ■

Z NASZEGO ARCHIWUM

Szybka niemal jak światło misja do Alfa Centauri. Ann Finkbeiner; kwiecień 2017.

eprasa.pl 59f6966759

eprasa.pl 59f6966759

Cudowna cząsteczka

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

JEN SCHWARTZ
Ilustracja RICHARD BORGE

eprasa.pl 59f6966759

GDY NOROWIRUS ROZSZALAŁ SIĘ zimą w USA, jedyną rzeczą bardziej przerażającą niż opisy tej wysoce zaraźliwej choroby – gwałtowne wymioty! – było odkrycie, że praktycznie nic nie jest w stanie zabić drobnoustroju, który ją wywołuje. Środki do dezynfekcji rąk na bazie alkoholu są bezużyteczne. Woda musi mieć temperaturę powyżej 65°C, aby zabić wirusa – czyli zbyt dużo, by nadawała się do mycia rąk. Używając mydła, można fizycznie usunąć wirusa i spłukać go do kanalizacji, ale się go nie zabije. Wybielacz rzeczywiście niszczy norowirusa, ale nie można nim spryskiwać skóry, żywności ani wielu powierzchni, a wirus potrafi przetrwać na różnych materiałach przez tygodnie.

Na początku pandemii COVID-19 usłyszałam jednak o środku dezynfekującym o nazwie kwas podchlorawy, czyli HOCl. Mój ojciec, obecnie emerytowany otolaryngolog, zastanawiał się, czy istnieje coś, co można by aplikować do nosa – pacjentom i sobie samemu – aby zmniejszyć ładunek wirusa i ograniczyć ryzyko infekcji SARS-CoV-2, nie podrażniając przy tym błony śluzowej ani nie powodując innych szkód. Myślał o środku prewencyjnym – kolejnym poziomie ochrony dla pracowników służby zdrowia, obok masek i przyłbic.

Kwas podchlorawy to słaby kwas o pH nieco niższym od neutralnego. Nie należy go mylić z podchlorynem sodu (NaClO), głównym składnikiem aktywnym domowych wybielaczy, mimo że oba zawierają chlor. Chemicznie to zupełnie inne substancje. Podchloryn sodu to silna zasada o pH 11–13. Kwas podchlorawy natomiast jest bezpieczny dla skóry. Wszystkie ssaki wytwarzają go naturalnie, by zwalczać infekcje. Gdy się skaleczysz, białe krwinki – neutrofile – gromadzą się w miejscu urazu i pochłaniają patogeny. Po ich wchłonięciu komórka uwalnia środki bakteriobójcze, w tym kwas podchlorawy – silny utleniacz, który zabija drobnoustroje w ułamku sekundy, rozrywając ich błony komórkowe (w przypadku wirusów ich kapsyd) i niszcząc materiał genetyczny.

Syntetyczna wersja kwasu podchlorawego niszczy szerokie spektrum szkodliwych drobnoustrojów – w tym wyjątkowo odporne zarodniki i wirusy, takie jak właśnie norowirus. Podobnie jak inne środki dezynfekujące, przenika przez ściany komórkowe i błony patogenów, niszczy DNA i RNA, ale w porównaniu z wybielaczem jest ponad 100 razy skuteczniejszy przy znacznie niższych stężeniach i działa o wiele szybciej.

Kwas podchlorawy nie jest żadną nowością. Widnieje na liście podstawowych leków Światowej Organizacji Zdrowia, a Amerykańska Agencja ds. Żywności i Leków (FDA) zatwierdziła jego stosowanie w produkcji żywności i w wybranych procedurach medycznych. Coraz częściej jest wykorzystywany w przemyśle i miejscach użyteczności publicznej – na przykład w oczyszczalniach wody, szpitalach czy domach opieki. Nie podrażnia skóry, oczu ani dróg oddechowych. Okuliści używają go do oczyszczania oczu przed zabiegami, odkażamy nim rany od ponad 100 lat. Rozkłada się szybko, nie pozostawia toksycznych odpadów i nie szkodzi zwierzętom ani środowisku. Amerykańska Agencja Ochrony Środowiska (EPA) umieściła go na liście zatwierdzonych środków do dezynfekcji powierzchni przeciwko wirusowi SARS-CoV-2, wywołującemu COVID-19.

Jen Schwartz jest starszym redaktorem „Scientific American"; pisze o tym, jak ludzie adaptują się, lub nie, do zmieniającego się świata.

eprasa.pl 59f6966759

Kwas podchlorawy to dobrze przebadany, wyjątkowo skuteczny i bezpieczny środek dezynfekujący – więc czemu wciąż nie ma go w każdym domu?

Kwas podchlorawy to dobrze przebadany, wyjątkowo skuteczny i bezpieczny środek dezynfekujący – więc czemu wciąż nie ma go w każdym domu?

NAUKOWCY ZNAJĄ WŁAŚCIWOŚCI kwasu podchlorawego od prawie 200 lat. Już w 1834 roku francuski chemik Antoine-Jérôme Balard uzyskał HOCl, dodając rozcieńczony roztwór tlenku rtęci w wodzie do gazowego chloru. Później, w XIX wieku, angielski chemik i fizyk Michael Faraday opracował metodę syntezy HOCl z soli i wody w procesie zwanym elektrolizą. Zanim wynaleziono antybiotyki, kwas podchlorawy był środkiem dezynfekującym pierwszego wyboru. Używano go do odkażania ran już podczas I wojny światowej. Autorzy artykułu opublikowanego w 1915 roku w „British Medical Journal" przeprowadzili badania środków antyseptycznych, które mogłyby być stosowane do opatrywania ran w warunkach polowych. Porównali skuteczność podchlorynu sodu (czyli wybielacza) z kwasem podchlorawym i stwierdzili, że „kwas podchlorawy jest silniejszym środkiem bakteriobójczym niż jego sole". W związku z tym „opracowali metodę, w której wolny kwas stosowany jest jako środek antyseptyczny".

Pomimo licznych zalet roztwór kwasu podchlorawego ma jedną poważną wadę: jest bardzo niestabilny. Zachowuje trwałość tylko w roztworze o pH w przedziale od około 4 do 6. Nadal jest wytwarzany z soli i wody za pomocą elektrolizy. Już jednak po kilku minutach kontaktu ze światłem lub powietrzem kwas podchlorawy zaczyna się rozkładać z powrotem na słoną wodę, co czyni go bezużytecznym jako środek dezynfekujący. Zbyt niskie pH może doprowadzić do wydzielania się toksycznego gazu – chloru, a zbyt wysokie powoduje wzrost zawartości podchlorynu. Ta niestabilność jest głównym powodem, dla którego spraye z kwasem podchlorawym nigdy nie zagościły na stałe na półkach ze środkami czystości.

Przez dekady kwas podchlorawy pozostawał w cieniu – używany tylko w specyficznych zastosowaniach przemysłowych i komercyjnych, gdzie można było uzasadnić jego kosztowną produkcję na miejscu. Jednak pandemia COVID-19 przyspieszyła poszukiwania nowych, bezpiecznych, skutecznych i prostych metod dezynfekcji. Jak donosi czasopismo „Health Facilities Management", w czasie pandemii „wiele krajów wprowadziło systemy zamgławiania i minitunele z mgłą HOCl przy wejściach do budynków i środków transportu publicznego". Od tamtej pory zastosowanie HOCl w kuchniach, siłowniach, domach opieki i gabinetach lekarskich znacznie wzrosło.

Produkty z kwasem podchlorawym dla konsumentów zaczynają się upowszechniać dzięki nowym technologiom produkcyjnym, które – według producentów – umożliwiają wydłużenie jego okresu przydatności przy jednoczesnym utrzymaniu niskich kosztów. Najbardziej renomowane firmy zapewniają, że ich produkty pozostają skuteczne przez dwa lata od daty produkcji (przy prawidłowym przechowywaniu, najlepiej w temperaturze pokojowej, z dala od światła słonecznego). Najczęściej są to środki do dezynfekcji powierzchni sprzedawane w butelkach, reklamowane jako uniwersalne środki czyszczące do domu – choć czysty kwas podchlorawy nie jest typowym środkiem czystości: nie usuwa tłuszczu ani brudu. Jak każdy środek dezynfekujący, musi pozostać na powierzchni przez pewien czas. Jednak w przeciwieństwie do niektórych germicydów, które potrzebują nawet 10 min, kwas podchlorawy zabija drobnoustroje już w jedną minutę. Nie trzeba go wycierać, choć na twardych powierzchniach, takich jak blaty, łatwo to zrobić, ponieważ roztwór szybko nie wysycha.

Jednym z irytujących aspektów wrażliwości HOCl jest to, że nie da się go przelać z oryginalnej butelki do mniejszej bez ryzyka pogorszenia jakości i skrócenia trwałości. Gdy potrzebowałam HOCl w wersji odpowiedniej do podróży lotniczej, musiałam kupić 60-mililitrową butelkę produktu Magic Molecule, zatwierdzonego przez FDA i wprowadzonego na rynek w 2023 roku. Te butelki mają wygodny rozmiar, ale preparat szybko się kończy, a brak możliwości ich ponownego napełnienia oznacza znaczne zużycie plastiku.

Inne firmy podeszły do problemu trwałości inaczej. Na przykład marka Force of Nature sprzedaje domowe elektrolizery do produkcji HOCl. Idea polega na tym, że użytkownik może samodzielnie przygotować porcję środka dezynfekującego wystarczającą na tydzień lub dwa, kiedy tylko zechce, używając tabletek sprzedawanych przez firmę. Cały proces trwa około ośmiu minut. Force of Nature dodaje do swojego składu również ocet, dzięki czemu produkt ma właściwości czyszczące – rekomendowany jest do stosowania na twardych powierzchniach i dywanach. Inne firmy oferują urządzenia, do których można dodać własną sól. Na internetowych forach miłośników HOCl użytkownicy

eprasa.pl 59f6966759

Klientka spryskiwana roztworem kwasu podchlorawego przed wejściem do pubu w Tokio w maju 2020 podczas epidemii COVID-u. Odkażanie przedmiotów może być wskazane, ludzi prawdopodobnie nie.

Kyodo News via Getty Images

dzielą się swoimi doświadczeniami. Niektórzy używają pasków testowych do mierzenia pH, by upewnić się, że każda partia mieści się w bezpiecznym zakresie. Inni są sceptyczni, co do tego, że domowe urządzenia rzeczywiście wytwarzają czysty HOCl w sposób powtarzalny.

W grudniu zeszłego roku, zaniepokojona relacjami użytkowników Reddita opisujących objawy norowirusa, kupiłam kilka produktów firmy Briotech z Waszyngtonu, która działa od lat i współpracuje badawczo z University of Washington. Sprzedaje „czysty" kwas podchlorawy oraz produkty do pielęgnacji skóry. Twierdzi, że jej opatentowany proces produkcji pozwala wydłużyć trwałość HOCl nawet do dwóch lat, choć zaleca zużycie produktu w ciągu sześciu miesięcy od otwarcia butelki.

Briotech oferuje różne stężenia i formuły, w tym „serum odnawiające skórę" o stężeniu 0,018% (180 ppm) oraz mocniejszy żel przeznaczony do pielęgnacji piercingów. Magic Molecule określa swój produkt jako „antybakteryjny środek do oczyszczania skóry" w kategorii „pielęgnacja ran", promując go jako rozwiązanie m.in. na takie problemy, jak trądzik, egzema, wysypki i ukąszenia owadów. Obecnie można go kupić online, a od tego roku także w drogeriach Ulta [firma działająca tylko w USA – przyp. red.].

Kiedy poszłam do Ulty, żeby kupić Magic Molecule, pracowniczka, którą poprosiłam o pomoc, nie miała pojęcia, o czym mówię. „Co to w ogóle jest?" – zapytała, gdy w końcu znalazła buteleczki, opakowane w stylowe, ale niewiele mówiące etykiety. Na etykiecie widniał napis: „Rozwiązanie dla każdego typu skóry" i zachęta do stosowania tak często, jak to potrzebne. Gdybym wcześniej nie znała działania kwasu podchlorawego, byłabym nastawiona sceptycznie do tego produktu.

Ale zainteresowanie HOCl nie ogranicza się tylko do branży kosmetycznej. Badania nad medycznymi zastosowaniami kwasu podchlorawego również się rozwijają. Jeszcze przed pandemią wiadomo było, że niskie stężenia HOCl mogą łagodzić objawy infekcji wirusowych i bakteryjnych w nabłonku nosa, ale nie było jasne, jak dobrze ludzie tolerują bezpośrednie aplikacje – na przykład w postaci sprayu czy płukanki. COVID-19 zapoczątkował nowe kierunki badań.

Na przykład w jednym ze szpitali w Reading w Pensylwanii 74 pacjentów z potwierdzonym COVID-19, wszyscy niezaszczepieni, przeszło eksperymentalną kurację polegającą na płukaniu nosa roztworem HOCl przez 10 dni z użyciem naczynia typu „neti pot" (naczynie do płukania nosa). Używali preparatu Vashe Wound Solution, czyli bezpiecznego dla skóry, oczu i jamy ustnej środka opartego na kwasie podchlorawym. Chociaż autor badania przyznał, że miało ono swoje ograniczenia (np. niewielką próbę i brak wymazów kontrolnych), warto zauważyć, że żaden z uczestników – którzy rozpoczęli terapię w ciągu 72 godzin od uzyskania pozytywnego wyniku testu – nie wymagał podłączenia do respiratora. Zgłoszone działania niepożądane były łagodne – uczucie pieczenia w nosie, samoistne krwawienie z nosa – i badacz uznał, że ta metoda może być bezpieczna i skuteczna, choć wymaga dalszych badań.

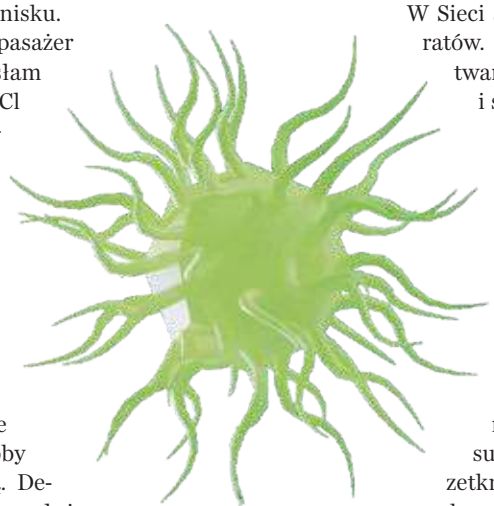
Inne badania również potwierdziły skuteczność kwasu podchlorawego w łagodzeniu objawów różnych infekcji górnych dróg oddechowych – i co najważniejsze, że nie powoduje on działań niepożądanych. W Europie dostępny jest już bez recepty aerozol do nosa o nazwie Sentinox, zawierający HOCl w niskim stężeniu (0,005%), który został certyfikowany jako wyrób medyczny. Ma on na celu ograniczenie ryzyka zakażenia wirusami i bakteriami – w tym SARS-CoV-2 – poprzez zmniejszenie liczby drobnoustrojów w jamie nosowej. W randomizowanym badaniu klinicznym z 2022 roku Sentinox był stosowany u pacjentów z COVID-19 i przyniósł dobre efekty, nie wykazując żadnych zagrożeń dla zdrowia. „Te obiecujące wyniki – pisali autorzy badania – wskazują na potrzebę przeprowadzenia szerszych badań klinicznych, by ocenić, czy spray [Sentinox] może również działać prewencyjnie wobec

eprasa.pl 59f6966759

objawowych i bezobjawowych zakażeń SARS-CoV-2, grypą, RSV oraz innymi ostrymi infekcjami dróg oddechowych u osób z grupy ryzyka." Wciąż jednak pozostaje do zbadania, czy HOCl może realnie zapobiegać transmisji wirusów między ludźmi.

ZIMĄ MOJE DOŚWIADCZENIA z kwasem podchlorawym przypominały scenę z filmu „Moje wielkie greckie wesele", w której dziadek spryskuje wszystko płynem do szyb, traktując go jak lek na całe zło. Dezynfekowałam nim etui telefonu, krany, szczoteczkę do zębów i kierownicę samochodu. Pryskając twarz, dłonie i bidon na siłowni, czułam się bezpieczniej. Po powrocie z zakupów traktowałam mgiełką HOCl banany, limonki, awokado i zioła. W restauracji, gdy kelner chwycił mój kieliszek za rant, sięgnęłam po butelkę. Powstrzymałam się tylko (z trudem) od spryskania dziecka mojej przyjaciółki, choć widziałam, jak czołga się po dywanie na lotnisku.

Kiedy w pociągu współpasażer kaszlał przez całą drogę, uniosłam maseczkę i psiknęłam sobie HOCl prosto do nosa; na wszelki wypadek przemyłam też oczy.



I co się stało? Zachorowałam na grypę typu A. Najpierw złapał ją mój mąż, a ja nie próbowałam uniknąć nieuniknionego. Ledwie wyzdrowiałam, a już złapałam COVID na rodzinnym spotkaniu. Ale mimo wszystko moje zaufanie do HOCl nie osłabło – to były przecież choroby przenoszone drogą powietrzną. Dezynfekowałam siebie i otoczenie z dużą starannością, ale nie uciekałam z kolacji, by prychać sobie sprayem do nosa. Jeśli nie chcesz żyć w stanie permanentnej czujności i izolacji, prędzej czy później twój czas nadejdzie. Nie zamierzam żyć we mgle HOCl, choć część mnie by chciała.

Dotychczas nie złapałam norowirusa – i chcę wierzyć, że to dzięki rozsądnemu stosowaniu HOCl. Gdyby więcej osób znało tę substancję, być może porzuciliby Purell i wybielacz Clorox na rzecz bezpieczniejszego i skuteczniejszego rozwiązania (istnieje nawet zestaw do „sprzątania po norowirusie", zawierający HOCl).

Lekcją, którą powinniśmy zapamiętać z początków pandemii COVID, jest to, że zatrzymanie rozprzestrzeniania się chorób zakaźnych wymaga wspólnego wysiłku. Kwas podchlorawy wykazał skuteczność wobec ptasiej grypy. Jeśli to ona stanie się kolejną pandemią, HOCl może okazać się łatwo dostępnym i tanim narzędziem walki z wirusem. Można by na przykład stosować urządzenia do rozpylania mgły HOCl w placówkach medycznych do dezynfekcji powierzchni i przedmiotów. (Rozpylanie kwasu podchlorawego bezpośrednio na ludzi – jak robiono to w Japonii w 2020 roku – nie wykazało skuteczności.)

A jednak coś mnie niepokoi, gdy widzę HOCl jako nowy hit w sklepach z kosmetykami. Mimo że część produktów oferowanych przez młode firmy została zatwierdzona przez FDA, wiele z nich nie podlega żadnej regulacji. Co ciekawe, niewiele z tych preparatów reklamuje się w USA jako środki do dezynfekcji rąk (choć firma z Wielkiej Brytanii wypuściła żel na bazie HOCl zatwierdzony przez europejskie agencje regulacyjne). Ale jeśli skuteczność zależy od trwałości roztworu, jak można ufać butelce, która przeleżała pół roku w rozgrzanym aucie?

Wiele z tego, co organizm wytwarza naturalnie, jest pakowane i sprzedawane jako serum, tabletki czy proszki.

W Sieci aż roi się od cudownych preparatów. Wiele z tego, co organizm wytwarza naturalnie, jest pakowane i sprzedawane jako serum, tabletki czy proszki. Teraz w moich mediach społecznościowych pojawiają się reklamy sprayów z kwasem podchlorawym, promowanych przez influencerów jako eliksiry młodości dla skóry. Niektóre z tych produktów wykorzystują specjalne sole (zupełnie zbędne) i kosztują fortunę, bo mają sprawiać wrażenie luksusu. Gdyby nie to, że pierwszy raz zetknęłam się z HOCl w literaturze naukowej, pewnie też uznałabym te reklamy za kolejną ściemę żerującą na ludzkim strachu.

Jeśli HOCl rzeczywiście miałby trafić do nosa jako środek przeciwwirusowy, czeka go jeszcze długa ścieżka regulacyjna. Do tego czasu, ilekroć psiknę sobie kwasem do nosa, robię to dyskretnie – nie dlatego, że się boję skutków ubocznych (największym ryzykiem jest to, że używam drogiej soli fizjologicznej), ale dlatego, że wciąż mam w pamięci niezręczną konferencję Donalda Trumpa z kwietnia 2020 roku. „Widziałem, że ten środek dezynfekujący zabija [wirusa SARS-CoV-2] w minutę, jedną minutę – powiedział wtedy Trump. – Może dałoby się coś z tym zrobić, wstrzyknąć go albo jakoś przeczyścić organizm, bo przecież wirus trafia do płuc i robi z nimi okropne rzeczy."

Trump słusznie został wtedy skrytykowany przez ekspertów (i nie tylko) za promowanie niebezpiecznych pomysłów. Oczywiście nikt nie powinien wstrzykiwać sobie wybielacza – to nie podlega dyskusji. Ale za jego niefortunną wypowiedzią kryło się pytanie: a jeśli istnieje środek dezynfekujący, który rzeczywiście potrafi „czyścić", eliminując wirusy w mniej niż minutę?

Przy wciąż krążącym norowirusie i widmie pandemii ptasiej grypy warto może przyjrzeć się bliżej potencjałowi kwasu podchlorawego. ■

Z ARCHIWUM

The Next Flu Pandemic Could Be Worse Than COVID If We Don't Heed History. Arijit Chakravarty, Lyne Filiatrault i T. Ryan Gregory; Scientific American.com, 13 marca 2025. Scientific american.com/archive

eprasa.pl 59f6966759

ZRÓWNOWAŻONY ROZWÓJ

MODA

Na chilijskiej pustyni Atakama wyrosła góra z ponad 59 tys. ton ubrań, którą można już dostrzec z kosmosu. To tzw. cmentarzysko odzieży – odpady fast fashion pochodzące z USA, Europy i Azji. W 2024 roku aktywiści, projektanci i organizacje pozarządowe zorganizowali Atacama Fashion Week – pokaz mody na szczycie tej góry ubrań – aby zwrócić uwagę na rosnący problem odpadów tekstylnych nadprodukcji odzieży.

eprasa.pl 66753

PRZYSZŁOŚCI

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

JESSICA HULLINGER

W DOLINIE RZEKI HUDSON W STANIE NOWY JORK LILLY MARSH, wykorzystując tradycyjne techniki, tka szale, chusty i inne elementy garderoby z włókien pochodzących z północno-wschodnich rejonów USA. Marsh w ramach doktoratu badała współczesne północnoamerykańskie techniki dziergania. Jej wyroby zachwycają, ale zainteresowania badaczki produkcją tkanin wykraczają daleko poza sam końcowy produkt. W 2017 roku Marsh zainicjowała Hudson Valley Textile Project (HVTP), czyli naturalny łańcuch dostaw tekstyliów; celem jest uniezależnienie się od globalnego przemysłu modowego.

Jednym z poważnych problemów, którym miał zaradzić program HVTP, była kwestia wełny. Wełna ze strzyżenia owiec jest pokryta tłuszczem i wymaga oczyszczenia – czyli prania – zanim będzie można ją dalej przetwarzać. Przez wiele lat najbliższa Nowemu Jorkowi oczyszczalnia wełny znajdowała się w Karolinie Północnej i przyjmowała jedynie partie o minimalnej wadze 1000 funtów (około 450 kg) – to ilość, której większość małych farm nie zbierze nawet przez rok. Dzięki dotacjom i prywatnym darowiznom HVTP otworzyło lokalną oczyszczalnię Clean Fleece, która przyjmuje małe partie wełny oraz innych włókien pochodzenia zwierzęcego. „Umożliwiło to wielu farmerom, którzy chcą działać na małą lub średnią skalę, wejście na rynek – mówi Marsh. – To ogromna zmiana dla całej naszej branży."

Dziś gospodarstwa z całego regionu sprzedają skarpety, czapki i rękawiczki – i to po cenach konkurencyjnych w stosunku do cen dużych marek.

HVTP zrzesza obecnie ponad 160 członków działających na różnych etapach łańcucha dostaw; jednym z ich członków jest Marsh. Praca nie jest łatwa, jak przyznaje, a po drodze pojawiło się wiele przeszkód, jak choćby niedawna powódź, która zalała jedną z ulubionych farbiarni. W dodatku wielu rzemieślników, którzy chcą zwiększyć skalę produkcji, ma trudności ze znalezieniem wykwalifikowanych pracowników. „Próbujemy odbudować przemysł, który wyniósł się ze Stanów Zjednoczonych ponad 40 lat temu – mówi Marsh. – Trudno dziś o ludzi z odpowiednimi umiejętnościami." Ale, jak podkreśla, korzyści z rozwijania lokalnego przemysłu włókienniczego są ogromne: większa przejrzystość łańcuchów dostaw, wsparcie dla lokalnych gospodarek i rolnictwa regeneracyjnego, mniej odpadów, mniejsza emisja CO_2 i głęboko odczuwalne poczucie wspólnoty. „Wszyscy się w jakiś sposób znamy – mówi Marsh o swoich współpracownikach. – To system wzajemnej odpowiedzialności, wzajemnej dbałości o dobrostan. I tego po prostu nie da się przecenić."

HVTP to część rosnącego ruchu, który próbuje złagodzić szkody wyrządzane przez globalny przemysł modowy. Miliony nisko opłacanych pracowników na całym świecie wytwarzają gigantyczne ilości odzieży i tekstyliów często w niebezpiecznych warunkach. Skala obciążenia środowiska jest olbrzymia: roczna produkcja tekstyliów pochłania tyle wody, ile pomieściłoby co najmniej 37 mln basenów olimpijskich. Sama

Jessica Hullinger jest niezależną dziennikarką z Londynu, wcześniej była redaktorem „The Week".

Mauricio Nahas/Artplan (*poprzednie strony*); Marcus Smith (*sąsiednia strona*)

eprasa.pl 59f6966759

Chłopczyk ma na sobie spodnie marki Petit Pli, która produkuje ubrania dopasowujące się do dziecka na kilku etapach jego wzrostu. Produkowana jest też odzież o elastycznych rozmiarach dla dorosłych, dzięki czemu nie trzeba kupować nowych rzeczy, gdy się przytyje lub schudnie.

eprasa.pl 59f6966759

uprawa bawełny zajmuje 2,1% wszystkich gruntów ornych świata. A ponieważ około 60% światowych tekstyliów zawiera dziś plastik pochodzący z paliw kopalnych, szacuje się, że ponad jedna trzecia mikroplastików w oceanach pochodzi z... ubrań.

Przemysł odzieżowy generuje 10% globalnych emisji gazów cieplarnianych – więcej niż lotnictwo i transport morski razem wzięte. Jeśli konsumpcja ubrań będzie rosnąć w obecnym tempie, do 2050 roku moda pochłonie ponad jedną czwartą światowego budżetu węglowego. A sytuację pogarsza fakt, że większość ubrań trafia szybko na wysypisko, gdzie emitują gazy cieplarniane, takie jak metan.

Te liczby odzwierciedlają rosnące uzależnienie od tzw. fast fashion, czyli mody błyskawicznej – modelu biznesowego, który dostarcza modne ubrania masowo, tanio i jak najszybciej. Wraz ze wzrostem konsumpcji ubrań coraz częściej winą jest obarczany klient. Ale to brak regulacji doprowadził do tej sytuacji.

Choć wartość globalnego przemysłu modowego szacowana jest na około 1,7 bln dolarów, przez lata działał on niemal nieprzejrzyście i bez nadzoru. „Nic nie powstrzymuje marek przed wypuszczaniem absurdalnie dużych ilości produktów – mówi Kate Hobson-Lloyd, menedżerka ds. oceny zrównoważonego rozwoju w serwisie Good On You, który monitoruje branżę. – Firmy nie mają żadnych zachęt, by odejść od modelu fast fashion. Jeśli jest z tego kasa – będą to robić."

Pojawiają się jednak pierwsze oznaki zmian. Unia Europejska zaczęła wymagać od firm odzieżowych i tekstylnych raportowania emisji gazów cieplarnianych i praktyk pracowniczych w łańcuchu dostaw; poprawy trwałości i możliwości recyklingu produktów oraz odpowiedzialności za zbieranie i recykling odzieży i obuwia – co wspiera ideę gospodarki obiegu zamkniętego. Wprowadzono również ograniczenia dotyczące mikroplastików oraz wymóg tzw. paszportu odzieżowego, który zawiera szczegółowy opis cyklu życia produktu: od pochodzenia surowców przez proces produkcji i ślad środowiskowy po sposoby bezpiecznego zutylizowania lub ponownego użycia.

Idea paszportu odpowiada na potrzeby coraz bardziej świadomych konsumentów – w międzynarodowym badaniu z 2025 roku aż 70% ankietowanych stwierdziło, że zrównoważony rozwój jest dla nich istotnym kryterium przy zakupie ubrań. Ale podejmowanie świadomych decyzji staje się coraz trudniejsze. Czy ubrania z roślinnych włókien – takich jak bawełna czy len – są zawsze lepsze od tych z poliestru i innych syntetyków? A co z materiałami z recyklingu? I skąd mieć pewność, że innowacyjny materiał przyjazny środowisku nie szkodzi ludziom, którzy go wytwarzają?

W przypadku niektórych T-ishirtów czytanie metki przypomina rozszyfrowywanie etykiety spożywczej – pełnej deklaracji, które często nie są ani ustandaryzowane, ani egzekwowane. Prawie 60% marek nie realizuje nawet własnych, dobrowolnie ustalonych celów zrównoważonego rozwoju. Greenwashing – czyli wprowadzające w błąd deklaracje marek dotyczące

Ciąg dalszy na stronie 52

Jak mądrze kupować ubrania?

Tekst LAILA PETRIE,
Grafika JEN CHRISTIANSEN i AMANDA HOBBS

DLACZEGO TAK TRUDNO PRZEBIĆ SIĘ przez greenwashing i szumne deklaracje w świecie mody zrównoważonej? Na początek warto zauważyć, że projektowanie, produkcja i dystrybucja większości ubrań to procesy niezwykle złożone, obejmujące globalną sieć powiązanych ze sobą rolników, fabryk i handlowców, którzy dostarczają elementy i usługi niezliczonym markom i klientom. W całym tym łańcuchu trzeba uwzględnić wiele rodzajów wpływu na ludzi i środowisko. Część z nich jest trudna do zmierzenia, a niektóre wręcz nawzajem się znoszą – na przykład recykling materiałów jest

OD NARODZIN DO ŚMIERCI

JAK ZAMKNĄĆ ŁAŃCUCH W ZRÓWNOWAŻONY CYKL
Łańcuch wartości w przemyśle tekstylnym można uczynić bardziej cyrkularnym na wiele sposobów. Nowe modele biznesowe mogą zwiększyć udział współdzielenia, wynajmu i odsprzedaży, co zmniejszy ilość odpadów. Naprawa produktów, by wydłużyć okres ich użytkowania, oraz recykling odzieży, tak aby ponownie otrzymać włókna mogą pomóc „zamykać obieg" w branży tekstylnej, ograniczając potrzebę sięgania po nowe zasoby. W obszarach, gdzie powstaje najwięcej odpadów – takich jak etap szycia czy koniec życia produktów – takie „pętle zwrotne" mogą poprawić ponowne wykorzystanie i recykling tekstyliów. Jednak cyrkularność powinna być celem tylko wtedy, gdy idzie w parze z poprawą wyników społecznych i środowiskowych.

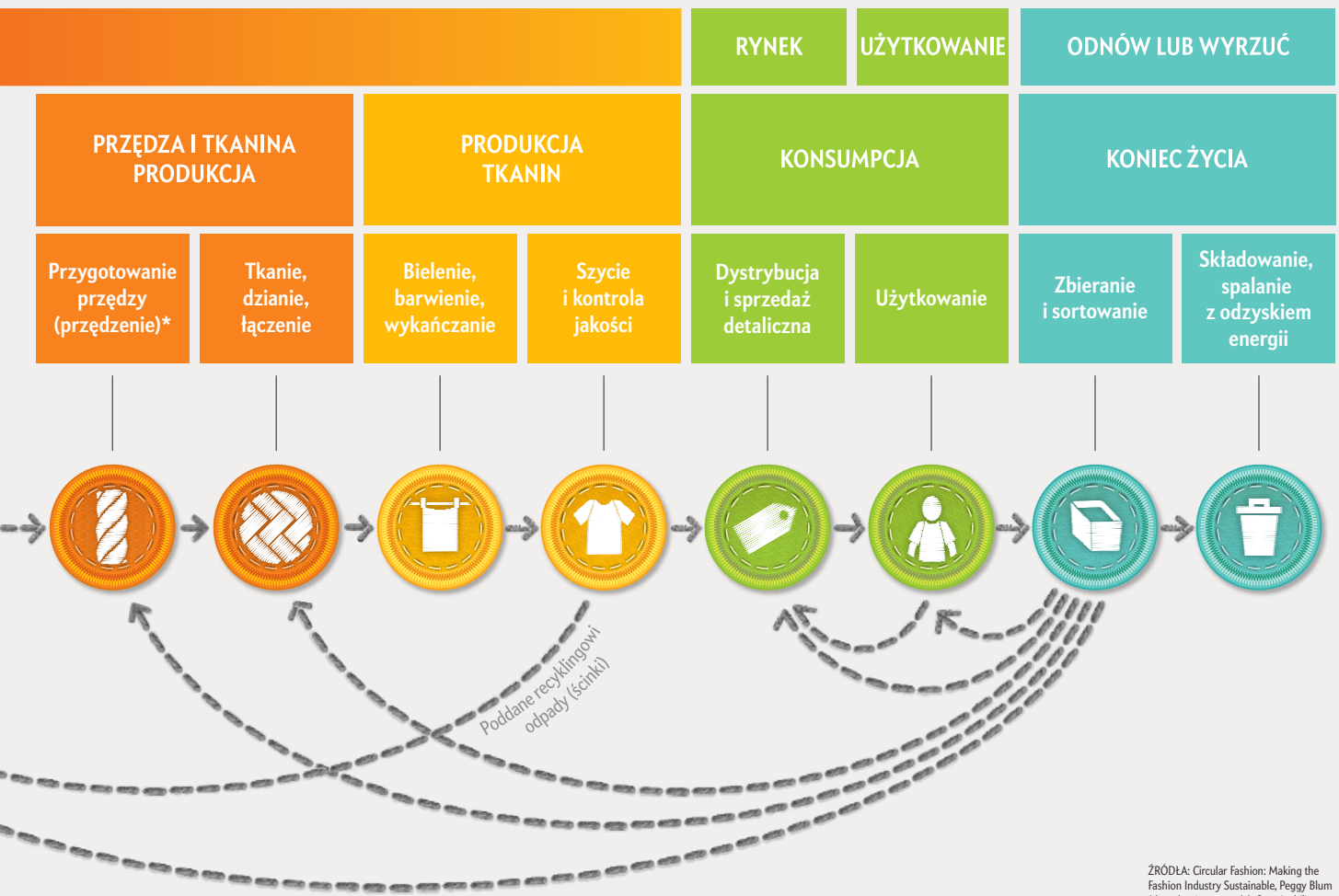
eprasa.pl 59f6966759

korzystny pod względem oszczędności zasobów, ale może zwiększać ryzyko uwalniania mikrowłókien. Powstało wiele standardów, innowacji produktowych i materiałów, które mają podobno mieć mniejszy wpływ na środowisko, a jeszcze więcej firm podaje zbyt mało informacji i swoich działaniach i produktach. Wszystko to sprawia, że konsumentom trudno jest podejmować świadome decyzje zakupowe.

Ten przewodnik pomoże zrozumieć etapy powstawania ubrań – w tym deklaracje dotyczące konkretnego produktu lub marki – sprawdzić, czy zrównoważony rozwój był priorytetem na różnych etapach cyklu życia odzieży, zarówno pod względem środowiska, jak i praw człowieka. Umożliwi zapoznanie się z terminami kluczowym i przy ocenie, czy deklaracje firm są poparte dowodami. Wskażemy również dodatkowe źródła, które pomogą odróżnić fakty od marketingowego szumu i dostarczą rzetelnych informacji – takie jak strony internetowe (np. Good On You) czy raporty (np. mapa drogowa Programu Środowiskowego ONZ).

Najważniejsze jednak są dwie najprostsze zasady ruchu mody zrównoważonej: kupuj mniej i pytaj. W krajach rozwiniętych wiele osób kupuje zdecydowanie zbyt dużo odzieży. Wraz z podwojeniem skali produkcji ubrań liczba użyć pojedynczego egzemplarza spadła o około 40%. Wykorzystywanie, naprawianie lub przerabianie tego, co już masz, pożyczanie, kupowanie rzeczy vintage lub z drugiej ręki czy korzystanie z usług wypożyczalni działających w modelu zrównoważonym – to wszystko stanowi rozwiązanie niskoemisyjne w porównaniu z kupowaniem nowych produktów. Jeśli jednak chcemy kupić coś nowego, zadawajmy właściwe pytania: szukajmy dowodów na poparcie deklaracji o ograniczonym wpływie na środowisko, nie dajmy się zwieść ogólnikom takim, jak „naturalne”, kontaktujmy się bezpośrednio z firmami, prosząc o więcej informacji oraz domagając się bardziej zrównoważonych procesów i produktów. Już same te działania, podejmowane na dużą skalę, mogłyby zmienić przemysł odzieżowy.

Laila Petrie to ekspertka ds. zrównoważonego rozwoju z 20-letnim doświadczeniem w tworzeniu globalnych programów i raportów dla marek, międzynarodowych organizacji pozarządowych oraz instytucji takich, jak ONZ. Obecnie pełni funkcję dyrektorki generalnej organizacji charytatywnej Future Earth Lab.



ŹRÓDŁA: Circular Fashion: Making the Fashion Industry Sustainable, Peggy Blum (*dane do górnego rzędu*); Sustainability and Circularity in the Textile Value Chain: Global Stocktaking. Opublikowane przez U.N. Environment Program, 2020 (*dane do środkowego i dolnego rzędu*)

** Przygotowanie przędzy może obejmować farbowanie.*

eprasa.pl 59f6966759

Co powinno się wiedzieć o produkcji ubrań

Tutaj rozkładamy na czynniki pierwsze dominującą linearną ścieżkę powstawania odzieży, wzbogaconą o te szczegóły dla każdego etapu, które mają wpływ na zrównoważony rozwój – zarówno z punktu widzenia praw człowieka, jak i środowiska. W większości przypadków to decydenci polityczni, korporacje i projektanci znajdują się w pozycji umożliwiającej wprowadzanie najistotniejszych zmian na poszczególnych etapach – w tym modyfikowanie procesów produkcyjnych tak, by stworzyć obieg zamknięty. Niemniej jednak konsumenci mogą wykorzystać tę wiedzę, aby podejmować świadome decyzje wspierające praktyki zrównoważone.

AKT TWÓRCZY	PRODUKCJA WŁÓKNA			PRZĘDZA I TKANINA
Koncepcja i projekt	Produkcja surowca	Przetwarzanie i pozyskiwanie	Przygotowanie włókien	Przygotowanie przędzy (przędzenie)

Wybory dotyczące materiałów i technik wpływają zarówno na oddziaływanie produkcji, jak i na długość życia odzieży. Jak pisze badaczka mody Peggy Blum: „Projektowanie jest kluczowe w przejściu do modelu mody cyrkularnej, który wymaga większej koncentracji na robieniu rzeczy dobrze już od samego początku."

Istnieją trzy główne kategorie włókien: włókna naturalne, naturalne polimery i polimery syntetyczne. W przypadku włókien naturalnych „produkcja" oznacza uprawę lub hodowlę. W przypadku polimerów odnosi się do pozyskiwania celulozy lub ropy naftowej [zob. grafika na s. 53].

Surowce muszą zostać przetworzone lub pozyskane, zanim będzie można nadać im formę włókien. Obejmuje to na przykład belowanie bawełny, strzyżenie owiec oraz transport materiałów. W przypadku włókien syntetycznych oznacza to chemiczną produkcję określonych polimerów, aby uzyskać na przykład granulki poliestru.

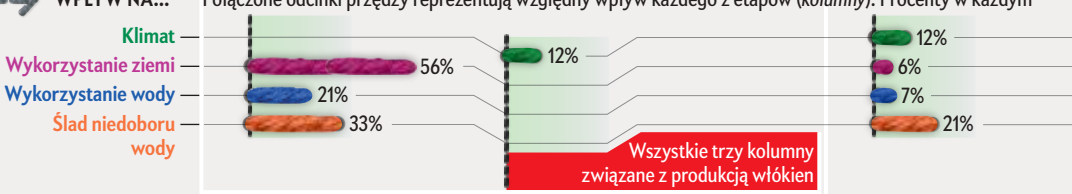
W przypadku bawełny specjalistyczne maszyny wyciągają włókna z bel, a następnie czyszczą je i prostują, tworząc długie, luźne, nieskręcone, proste pasma. Polimery syntetyczne są poddawane procesowi topnienia, a następnie przepuszcza się je przez dysze (spinning) i rozciąga lub tnie na włókna o pożądanej długości.

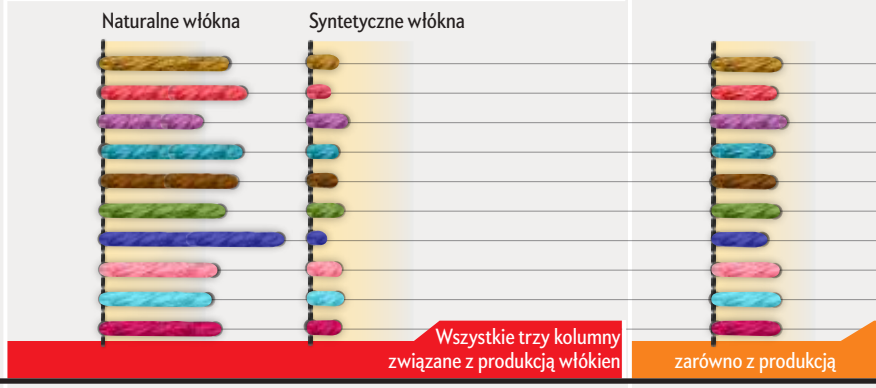
Przędzenie to proces skręcania włókien w przędzę. Krótkie włókna (np. bawełna i wełna) nazywane są włóknami odcinkowymi. Długie włókna (np. jedwab i wiele syntetyków) nazywane są filamentami; na tym etapie zazwyczaj wymagają mniej obróbki. Różne metody przędzenia nadają przędzy odmienne właściwości.

WPŁYW NA ŚRODOWISKO

Rozbicie wpływu na środowisko na poszczególne etapy pozwala na celowe działania redukcyjne. Zaprezentowane tutaj dane, opublikowane przez Program Środowiskowy ONZ, zostały obliczone na podstawie globalnego roku odniesienia 2016. Wówczas szacowano, że odzież składa się w 30% z włókien naturalnych i w 70% z włókien wytwarzanych przez człowieka. (Niektóre kategorie, w tym zużycie wody, różnią się znacząco w zależności od rodzaju włókna i regionu). Za najbardziej energochłonne etapy uznano m.in. farbowanie i wykańczanie, które wymagają dużych ilości wody oraz energii elektrycznej potrzebnej do ogrzewania, podobnie jak pranie i suszenie ubrań przez użytkowników. Różne zwyczaje w zakresie prania ubrań w poszczególnych regionach sugerują, że w tej kwestii konsumenci mogą mieć wpływ bezpośredni.

WPŁYW NA... Połączone odcinki przędzy reprezentują względny wpływ każdego z etapów (*kolumny*). Procenty w każdym





WSKAZÓWKI DLA KONSUMENTÓW

Najbardziej oczywistym sposobem opowiedzenia się za zrównoważonym rozwojem w modzie i wyrażeniem sprzeciwu wobec konsumpcjonizmu napędzanego przez przemysł fast fashion jest ograniczenie zakupów. To jednak nie oznacza, że należy zrezygnować z dodawania ubrań do garderoby. Niezależnie od tego, czy szukasz ciepłego płaszcza, uzupełniasz szufladę ze skarpetkami, czy kreacji vintage na specjalną okazję – zadaj sobie pytanie, czy ta rzecz naprawdę do ciebie pasuje, jest potrzebna i czy będzie trwała. Oceń jakość i poszukaj informacji o procesach produkcji oraz polityce dotyczącej zrównoważonego rozwoju. Marki są wrażliwe na oczekiwania klientów, więc domagaj się zmian.

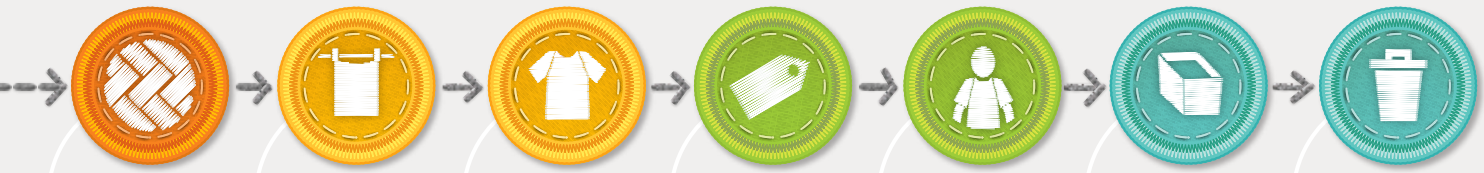
Szukaj na stronie internetowej firm odzieżowych informacji o ich podejściu do zrównoważonego projektowania, w tym szczegółów dotyczących tworzenia z myślą o trwałości i recyklingu ubrań, ograniczania ilości odpadów i wpływu produkcji na środowisko. Dodatkowe punkty należą się markom, które projektują w modelu cyrkularnym lub bezpośrednio oferują usługi napraw, zwrotów czy recyklingu.

W wielu przypadkach materiały organiczne lub pochodzące z recyklingu mają mniejszy wpływ na środowisko niż konwencjonalnie uprawiane rośliny czy nowo wytwarzane włókna syntetyczne. Produkty z recyklingu mogą jednak wiązać się z zagrożeniami społecznymi. Warto zapoznać się ze standardami takimi, jak Better Cotton, Organic czy Responsible Wool Standard. ITC i Textile Exchange oferują systemy oceny różnych schematów działania i materiałów. Często nie istnieje jedno idealne rozwiązanie. Jeśli koncentrujesz się na kwestiach społecznych – wybierz Fairtrade; jeśli cenisz weganizm – twoim priorytetem mogą być syntetyczne substytuty skóry, nawet jeśli mają duży wpływ na klimat czy środowisko. Staraj się znaleźć najlepszą dostępną wersję w danej kategorii włókien. Zamiast całkowicie rezygnować z bawełny, wybierz na przykład bawełnę organiczną lub z recyklingu zamiast konwencjonalnej. Czy istnieją dowody potwierdzające deklaracje dotyczące surowców, takie jak analiza cyklu życia (Life Cycle Assessment)? Terminy takie, jak „zielony" czy „naturalny", nie są precyzyjnie zdefiniowane. Staraj się sprawdzać określenia takie, jak „z recyklingu", szukając faktycznego procentowego udziału przetworzonego materiału.

Przędzenie jest jednym z wielu energochłonnych procesów w łańcuchu dostaw. Szukaj marek, które uwzględniają klimatyczny cel Scope 3 Science-Based Target. Jeśli firma publikuje listę swoich przędzarni, oznacza to także, że zainwestowała znaczące środki w systemy śledzenia i zbierania danych.

eprasa.pl 59f6966759

PRODUKCJA	PRODUKCJA TKANIN		KONSUMPCJA		KONIEC ŻYCIA	
Tkanie, dzianie, łączenie	Bielenie, barwienie, wykańczanie	Szycie i kontrola jakości	Dystrybucja i sprzedaż detaliczna	Użytkowanie	Zbieranie i sortowanie	Składowanie, spalanie z odzyskiem energii



Przędza jest następnie przetwarzana w tkaninę. Tkaniny tkane powstają z krzyżujących się stabilnych nitek. Dzianiny są tworzone przez elastyczne połączone ze sobą pętle włókien. Stosuje się także łączenie włókien i/lub tkanin za pomocą klejów, ciepła lub nacisku. Tego typu wiązanie wykorzystuje się w produkcji tkanin technicznych.

Tkaniny są prane i przygotowywane do barwienia w kąpielach wodnych z użyciem odpowiednich związków chemicznych.Następnie tkanina może zostać zadrukowana lub dodatkowo zabarwiona, a potem potraktowana stabilizatorami barwników, środkami zmniejszających palność, substancjami antybakteryjnymi itp.

Szycie obejmuje krojenie materiału, łączenie wykrojonych kawałków, przycinanie i prasowanie gotowego ubrania. Na tym etapie mogą być stosowane dodatkowe wykończenia, takie jak bielenie czy piaskowanie w celu uzyskania na przykład efektu sprzanego denimu.

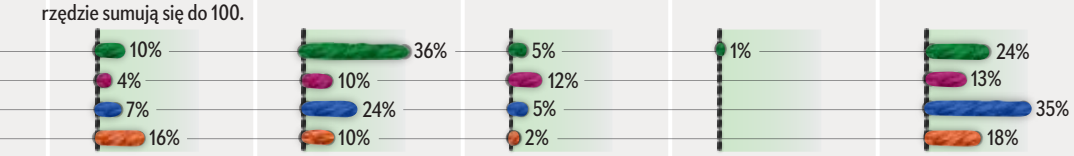
Ten etap obejmuje także logistykę, transport z miejsca szycia do magazynów detalicznych, pakowanie i marketing, prowadzenie sklepów i/lub bezpośrednią wysyłkę z magazynów do konsumentów. (Transport ze sklepów detalicznych do konsumentów – np. wysyłka bezpośrednia – nie jest uwzględniony w poniższych danych.)

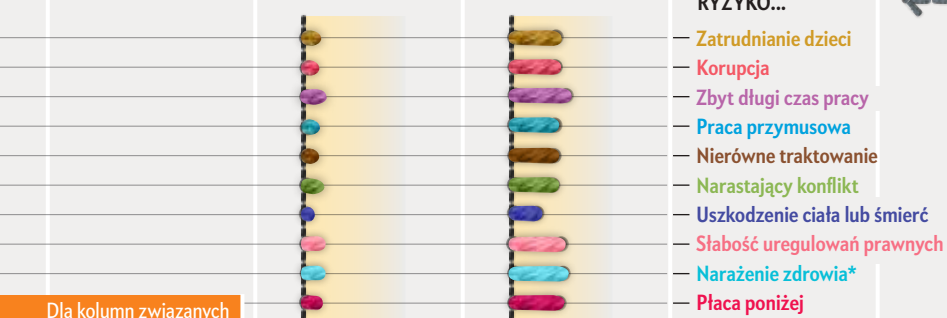
Użytkowanie obejmuje noszenie i pielęgnację odzieży przez konsumenta – pranie, suszenie, prasowanie i przechowywanie, a także naprawę. Ubranie może zostać przekazane do ponownego użytku poprzez bezpośrednią darowiznę, sprzedaż w sklepach z używaną odzieżą albo być wielokrotnie używane w modelu wypożyczania ubrań.

Według raportu ONZ z 2020 roku maksymalnie 1% tekstyliów jest ponownie przetwarzanych na odzież. Kolejne 12% znajduje zastosowanie w produktach takich, jak ścierki, materiały izolacyjne czy wypełnienie materaców. Duża część używanej odzieży przeznaczonej do recyklingu często trafia do miejsc, gdzie nie ma możliwości jej przetworzenia.

W dominującym liniowym modelu większość ubrań trafia po jednym lub kilku użyciach na wysypisko lub do spalarni. W obiegu cyrkularnym tekstylia byłyby użytkowane znacznie dłużej, przez większą liczbę konsumentów, przerabiane na nowe ubrania albo rozkładane z powrotem do poziomu włókien i ponownie przędzone.

rzędzie sumują się do 100.





WPŁYW NA LUDZI

Produkcja odzieży stanowi znaczące źródło zatrudnienia na całym świecie – szczególnie dla kobiet w krajach o niskich dochodach. To jednak branża, w której złe warunki pracy są powszechne. Przedstawione tutaj wartości względnego ryzyka, opublikowane przez ONZ w 2020 roku, obliczono dla hipotetycznego, taniego ubrania z mieszanki bawełny (30%) i poliestru (70%). Produkcja włókien okazała się etapem niosącym najwyższy poziom ryzyka społecznego. Co więcej, „wysokie ryzyko społeczne w produkcji włókien jest zawiązane w ogromnej mierze z produkcją włókien naturalnych".

** W tym substancje toksyczne*

Dla kolumn związanych włókien, jak i tkanin

Tkaniny klejone są mniej zrównoważone niż tkaniny tkane lub dziane, ale mogą mieć szczególnie przydatne cechy, takie jak wodoodporność. Często zawierają PFAS, a od 2025 roku sprzedaż odzieży zawierającej PFAS jest w stanie Nowy Jork i w Kalifornii zakazana. Woskowane płótno bawełniane i gotowana wełna są również nienasiąkliwe.

Certyfikaty, takie jak GOTS czy Oeko-Tex, świadczą, że stosowanie chemikaliów w procesach barwienia i wykańczania zostało skontrolowane. Szukajmy marek wdrażających plany gospodarowania wodą oraz stosujących rozwiązania w zakresie kontroli chemikaliów i ścieków, takie jak programy ZDHC, albo tworzących fundusze wspierające inwestycje w odnawialne źródła energii.

Spieranie lub specjalne podniszczanie denimu ma szczególnie negatywny wpływ na zdrowie pracowników i powinno się takich wyrobów unikać. Wybierajmy marki dbające o warunki pracy, zgodne z programami takimi, jak ILO, Sedex czy OECD. Jeśli takich informacji firma nie podaje, można ją o nie spytać w mediach społecznościowych, wywierając w ten sposób presję.

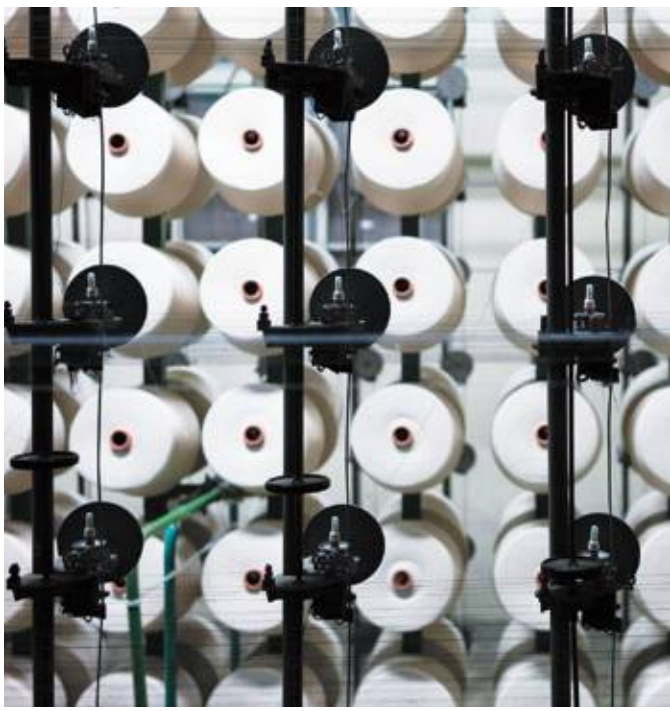
Jeśli kupujesz nowe produkty, nie generuj nadmiernych kosztów transportowych, zamawiając i zwracając duże ilości odzieży. Rozważ raczej takie rozwiązania, jak kupowanie ubrań z drugiej ręki i odzieży vintage lub wypożyczenie ubrań na określone okazje (upewniając się, że czyszczenie i transport wypożyczanej odzieży są prowadzone w sposób zrównoważony).

Aby zwiększyć żywotność ubrania, postępuj zgodnie z podanymi instrukcjami pielęgnacyjnymi i naprawiaj uszkodzone miejsca. Pierz odzież jak najrzadziej, w niższych temperaturach, susz na powietrzu. Unikaj czyszczenia chemicznego. W zmniejszeniu wpływu prania na środowisko mogą również pomóc urządzenia odfiltrowujące mikrowłókna.

Tekstylia w dobrym stanie powinny być sprzedane, wymienione lub przekazane w darze, aby w pełni wykorzystać ich potencjał. Jeśli rzecz nie nadaje się już do noszenia, możesz spróbować wykorzystać ją ponownie w domu, na przykład jako ścierkę. Jeśli ta opcja ci nie odpowiada, sprawdź, czy możesz oddać ją do recyklingu w sklepie, w którym została kupiona (np. H&M lub Patagonia). Możesz też skorzystać z usług firm zajmujących się recyklingiem odzieży, takich jak Retold, albo lokalnych punktów zbiórki. Wybieraj te, które jasno informują, jak sortują i przetwarzają tekstylia, i unikaj tych, które nie podają szczegółów dotyczących dalszego losu odpadów. Nie chcesz przecież, aby twoje ubrania stały się ciężarem dla krajów, które przyjmują ogromne ilości odpadów.

ŹRÓDŁO: Circular Fashion: Sustainability and Circularity in the Textile Value Chain: Global Stocktaking. Opublikowane przez U.N. Environment Program, 2020 (*dane*)

eprasa.pl 59f6966759



eprasa.pl 59f6966759

Na zdjęciach pokazano etapy procesu przetwarzania roślin banana abacá w tkaninę Bananatex, opracowaną przez szwajcarskiego poducenta toreb firmę QWSTION. Banany abacá rosną w swoim naturalnym środowisku na Filipinach (*u góry po lewej*). Włókna abacá są oddzielane w miejscu zbiorów (*górne środkowe*). Surowe trafiają do magazynu (*u góry po prawej*). Sprasowane bele włókna abacá (*środkowe zdjęcie z lewej*) wysyłane są do zakładu przetwórczego, gdzie włókna zamienia się w przędzę (*w centrum pośrodku*), a następnie przygotowuje do procesu tkania (*pośrodku z prawej*). Z przędzy tka się materiał Bananatex (*u dołu po lewej*). Włókna abacá można przetwarzać też na papier (*u dołu pośrodku*). Projektanci opracowują projekty wzorów bezodpadowych dla swoich produktów (*u dołu z prawej*).

© Lauschsicht

eprasa.pl 59f6966759

Prognozuje się, że do 2030 roku świat będzie produkować 134 mln ton odpadów tekstylnych rocznie.

Ciąg dalszy ze strony 46

ich działań proekologicznych – to, jak mówi Hobson-Lloyd, „ogromny problem" w branży modowej.

HVTP nie czeka, aż zmiany przyjdą z góry. I nie jest w tym osamotniony. Fibershed, inicjatywa zapoczątkowana w 2011 roku, to regionalne stowarzyszenie rolników, producentów tekstyliów i rzemieślników, którzy tworzą ubrania z materiałów regeneratywnych pozyskiwanych i przetwarzanych w promieniu 240 km. Ruch, który narodził się w Kalifornii, rozprzestrzenił się już na 18 krajów, w których dziś działa 79 lokalnych Fibershed. Dzięki takim inicjatywom coraz łatwiej jest zrezygnować z fast fashion – i przy okazji na nowo odkryć przyjemność z ubierania się.

PRAWDZIWA SKALA DZIAŁANIA współczesnej machiny modowej jest trudna do oszacowania. Marki nie mają obowiązku ujawniać, ile nowych ubrań produkują rocznie – i większość po prostu tego nie robi. Wskazówek dostarczają jednak nasze wysypiska śmieci. Tylko w USA każdego roku wyrzucanych jest co najmniej 17 mln ton tekstyliów, czyli około 45 kg ubrań na osobę. Prognozuje się, że do 2030 roku świat będzie produkować 134 mln ton odpadów tekstylnych rocznie.

Podczas gdy Unia Europejska „reguluje przemysł modowy na całego", jak mówi Rachel Van Metre Kibbe, założycielka i dyrektorka firmy doradczej Circular Services Group, w USA zmiany zachodzą znacznie wolniej. W 2024 roku Kalifornia jako pierwszy stan wprowadziła prawo o rozszerzonej odpowiedzialności producenta w sektorze odzieżowym i tekstylnym – co oznacza, że to marki będą odpowiedzialne za to, aby ich produkty nie kończyły na wysypiskach. Podobne ustawy czekają na zatwierdzenie w stanach Nowy Jork i Waszyngton.

Van Metre Kibbe przestrzega jednak, że sukces kalifornijskiego prawa nie jest przesądzony. „Zaraz zaczniemy zbierać największą ilość ubrań w historii USA" – mówi, podkreślając, że niemal nie istnieje infrastruktura, która mogłaby obsłużyć ten proces. Odpady mogą po prostu zostać przeniesione do innego magazynu w innym kraju – co nie będzie żadnym rozwiązaniem. Choć ustawy stanowe to krok naprzód, potrzebne są regulacje federalne. Aby to osiągnąć, według Van Metre Kibbe musimy pokazać, że ograniczanie odpadów tekstylnych to szansa, a nie ciężar. „Musimy przedstawić to jako opłacalny model biznesowy. To szansa na nowe miejsca pracy i odbudowę przemysłu. Ostatecznie powinno być taniej ponownie wykorzystywać materiały, niż produkować nowe".

Oddawanie niechcianych ubrań na cele charytatywne nie rozwiązuje problemu rosnącej ilości odpadów. Sklepy z używaną odzieżą są zalewane ogromną ilością tanich i słabej jakości ubrań, których większość trafia potem do utylizacji lub jest eksportowana. Według badania opublikowanego w „Nature Cities" sklepy charytatywne niechcący rozgrzeszają społeczeństwo z nadmiernej konsumpcji i produkowania olbrzymich ilości odpadów tekstylnych. Autorzy badania apelują o inwestycje w cyrkularne modele biznesowe, takie jak wynajem ubrań czy upcykling.

W Los Angeles Suay Sew Shop to innowacyjny przykład tego, jak taki model może działać na większą skalę. Sklep prowadzi program cyrkularnego recyklingu tekstyliów, przyjmując duże ilości niechcianych ubrań od lokalnej społeczności i marek odzieżowych. Z tych materiałów powstają oryginalne, patchworkowe ubrania i przedmioty codziennego użytku – stare dżinsy stają się kurtkami, spodnie z ortalionu zmieniają się w spódnice, a flanelowe koszule w rękawice kuchenne. „Potrafimy coś zrobić z każdą rzeczą – mówi współzałożycielka Suay, Lindsay Rose Medoff. – Umiemy wykorzystać nawet najtańsze rzeczy i naprawdę je przekształcić." Od 2017 roku firma zdołała uchronić ponad 4 mln funtów (około 1,8 mln kg) odpadów tekstylnych przed trafieniem na wysypiska.

Jednocześnie Medoff podkreśla, że prawa pracowników są dla niej priorytetem – tworzy bezpieczne środowisko pracy i dobrze płaci za umiejętności swoich pracowników. Jej celem jest model spółdzielni pracowniczej, w której załoga jest właścicielem biznesu.

Zasady Suay są nietypowe, bo „oddawanie ubrań nie jest darmowe". Klient płaci 20 dolarów za przekazanie 20 funtów tekstyliów, a w zamian otrzymuje 20 dolarów kredytu do wykorzystania w sklepie – na ubrania z upcyklingu, usługi naprawcze lub warsztaty Suay. Te środki wspierają sklep, który z kolei wspiera zmianę nawyków w kierunku większego zrównoważenia.

Suay to nie domowa manufaktura – to zespół około 50 pracowników, którzy przeszli intensywne szkolenie z upcyklingu na skalę przemysłową. Sortują, przygotowują, czyszczą, farbują i przetwarzają tekstylia z lokalnych źródeł i od firm. Po pożarach w Los Angeles w styczniu 2025 roku sklep przyjął ponad 100 tys. funtów (około 45 tys. kg) darowanych materiałów.

Medoff stara się o finansowanie, by rozwinąć działalność w najbardziej wpływowy sposób – być może przez stworzenie centrum szkoleniowego w dziedzinie upcyklingu. „Suay nie naprawi każdej pary dżinsów na świecie – mówi – ale mamy umiejętności, by uczyć ludzi, jak to robić na dużą skalę."

UBRANIA CZĘSTO TRAFIAJĄ DO KOSZA z powodu rozdarć, brakujących guzików, przetarć czy plam. Jeszcze w latach 60. łatanie ubrań było normą społeczną. „To była powszechna umiejętność" – tłumaczy Sara Idacavage, historyczka mody i edukatorka w zakresie zrównoważonej mody, obecnie doktorantka University of Georgia. Wraz z upowszechnieniem się taniej odzieży i rozwojem fast fashion kultura naprawy ubrań praktycznie zanikła.

Flora Collingwood-Norris, projektantka dzianin ze Szkocji, to jedna z osób, które próbują przywrócić

eprasa.pl 59f6966759

Taksonomia włókien tekstylnych

Naturalne włókna dominowały na rynku tekstylnym do połowy lat 90. Potem przewagę przejęły włókna sztuczne. Według raportu Materials Market Report 2024 organizacji Textile Exchange w 2023 roku włókna syntetyczne stanowiły około 67% globalnej produkcji włókien (przeznaczonych do produkcji tekstyliów odzieżowych, domowych i obuwia), z czego największy udział miał poliester (57%). Bawełna znalazła się na drugim miejscu (ok. 20% udziału w rynku).

Znajomość tego, jak poszczególne włókna wpisują się w szersze kategorie, może pomóc klientom podejmować bardziej świadome decyzje. Nie ma jednego prostego i jednoznacznego sposobu zmierzenia względnego wpływu włókna danego rodzaju na środowisko w przypadku konkretnego ubrania – zwłaszcza gdy mamy do czynienia z mieszankami włókien.

ŹRÓDŁA: Plastic in Textiles: Potentials for Circularity and Reduced Environmental and Climate Impacts, Saskia Manshoven, Anse Smeets, Mona Arnold i Lars Fogh Mortensen, opublikowane przez European Topic Center on Waste and Materials in a Green Economy, 2021; oraz Facilitating a Circular Economy for Textiles Workshop Report, Kelsea Schumacher i Amanda L. Forster, opublikowane przez National Institute of Standards and Technology, May 2022 (*dane*)

kulturę naprawy ubrań – ale z nowoczesnym podejściem. Zamiast ukrywać niedoskonałości, stosuje widoczne, kreatywne cerowanie, używając kontrastujących kolorów i wzorów do łat i haftów. Celem nie jest zakamuflowanie dziury, lecz nadanie swetrowi indywidualnego i celowo nieidealnego charakteru.

„Nie tylko masz poczucie, że zyskałeś coś nowego w swojej szafie, bo właśnie to zmieniłeś, ale też czerpiesz radość z procesu twórczego" – mówi Collingwood-Norris, autorka książki *Visible Creative Mending for Knitwear*. W wieku 39 lat nadal nosi większość swetrów, które miała jako nastolatka – z tą różnicą, że dziś są one pokryte jej kolorowymi haftami i misternie wyszywanymi kwiatami. Jej dżinsy, jak mówi, są „bardziej cerą niż oryginałem".

Badania pokazują, że główną przyczyną, dla której ludzie nie naprawiają swoich ubrań, jest brak umiejętności. Tymczasem widoczne cerowanie nie wymaga wielu lat praktyki. „Potrzebujesz tylko igły, nici i nożyczek" – tłumaczy Flora. Można też dobrać technikę do własnych preferencji – jeśli cerowanie igłą wydaje się zbyt trudne, można spróbować przyszywać łaty. „Obie metody są dobre i obie zakryją dziurę" – dodaje.

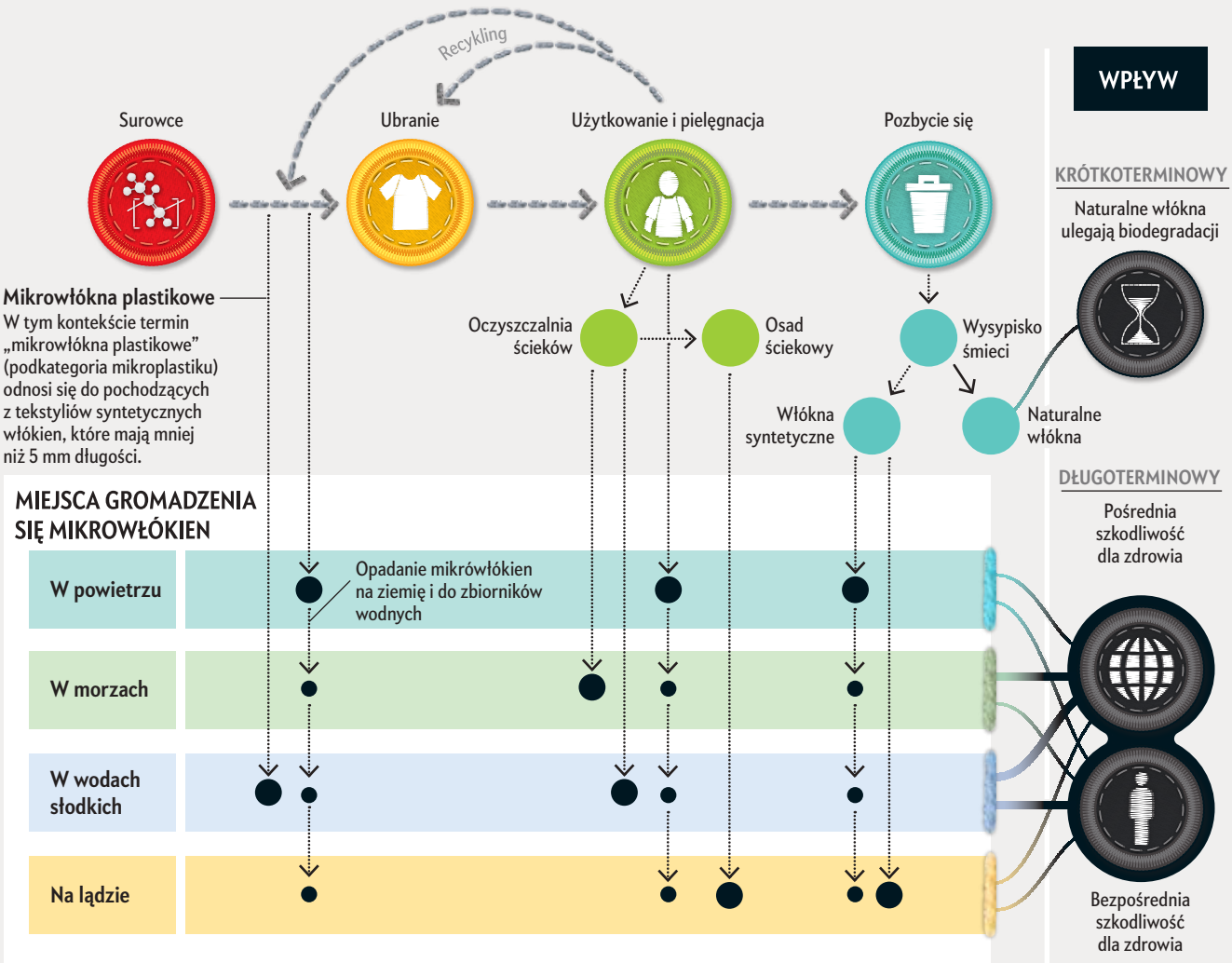
Collingwood-Norris zaczęła prowadzić warsztaty online z widocznego cerowania w 2019 roku. Dziś są one najbardziej dochodową częścią jej działalności. Zauważyła również, że coraz więcej marek oferuje usługi naprawy i warsztaty, szczególnie te związane z dzianinami. Na przykład marka odzieżowa TOAST

Grafika Jen Christiansen

eprasa.pl 59f6966759

Tekstylny mikroplastik

Zanieczyszczenie w postaci drobnych fragmentów plastiku dostaje się do powietrza, wody i gleby na całym świecie – i w większości nie jest widoczne gołym okiem. Mikroplastik może być połykany przez zwierzęta, uwalniać toksyczne substancje chemiczne, a także przenosić trwałe zanieczyszczenia organiczne i bakterie. Od dawna wiadomo, że częścią problemu są jednorazowe plastiki (np. sztućce czy butelki), ale w ostatnich latach stało się jasne, że mikrowłókna plastikowe z tekstyliów syntetycznych są równie poważnym źródłem zanieczyszczeń. Mikroplastik uwalnia się na kilku etapach cyklu życia odzieży. Jak konsumenci mogą ograniczyć swój „mikroplastikowy ślad"? Badaczka mody i zrównoważonego rozwoju Ingun Grimstad Klepp radzi: „Nie kupuj nowych ubrań syntetycznych, jeśli to możliwe, kupuj materiały naturalne." Podkreśla też, że oddawanie odzieży syntetycznej nie rozwiązuje problemu – jedynie przenosi bezpośrednie narażenie na mikroplastik na inne osoby i społeczności.



proponuje widoczne cerowanie w ramach bezpłatnej usługi naprawy.

Ubrania są również często wyrzucane z powodu niewłaściwego rozmiaru – szczególnie w przypadku dzieci, które potrafią wyrosnąć z siedmiu lub ośmiu rozmiarów w ciągu zaledwie dwóch pierwszych lat życia. Autorzy jednego z badań stwierdzili, że zły rozmiar był najczęstszym powodem pozbycia się dziecięcych ubrań, odpowiadając za 47% wyrzuconych rzeczy.

By rozwiązać ten problem, nowe marki zaczynają projektować ubrania, które „rosną razem z dzieckiem". Brytyjska firma Petit Pli tworzy odzież z misternie plisowanych materiałów, które pozwalają tkaninie rozszerzać się lub kurczyć, dostosowując się do zmieniającego się ciała dziecka.

Pomysłodawcą marki jest Ryan Mario Yasin, były inżynier lotniczy, który wpadł na tę ideę podczas projektowania instrumentów dla nanosatelitów, które muszą być składane i rozkładane w przestrzeni kosmicznej. „To wymagało sporo badań nad origami i składaniem małych paneli z włókna węglowego tak, aby się mogły zmieścić w dwumilimetrowych przestrzeniach" – opowiada Yasin.

Petit Pli oferuje trzy rozmiary odzieży dziecięcej, które obejmują pierwsze dziewięć lat życia dziecka. Ceny wahają się od około 75 do 130 dolarów za sztukę.

ŹRÓDŁO: "Microfibres from Apparel and Home Textiles: Prospects for Including Microplastics in Environmental Sustainability Assessment", Beverley Henry, Kirsi Laitala and Ingun Grimstad Klepp, „Science of the Total Environment", tom 652, 20 lutego 2019 *(główne dane)*; Samuel Crossley *(sąsiednia strona)*

Grafika Jen Christiansen

eprasa.pl 59f6966759

Aktywistka klimatyczna i artystka drag Pattie Gonia ma na sobie suknię wykonaną z przetworzonego materiału namiotowego, zaprojektowaną przez Bradleya Sharpe'a. Laminowane tkaniny techniczne używane do produkcji namiotów i odzieży wodoodpornej często są wytwarzane z surowców na bazie ropy naftowej. Upcykling – czyli ponowne wykorzystanie materiałów – to skuteczny sposób, by niechciane ubrania i tkaniny nie trafiały na wysypiska.

epr.asa.pl 5976966759

„Jedno pranie odzieży z poliestru może uwalniać od 640 tys. do 1,5 mln mikrocząsteczek plastiku.”

KATE HOBSON-LLOYD *GOOD ON YOU*

„Tak, początkowo to droższy zakup – przyznaje Yasin. – Ale w dłuższej perspektywie okazuje się tańszy.”

Obfitość tzw. elastycznej mody, która dopasowuje się do wahań wagi czy zmieniającej się sylwetki, stale rośnie. Istnieją ubrania w rozmiarze uniwersalnym, które potrafią się rozciągać i wracać do pierwotnego kształtu, a także specjalne linie odzieżowe stworzone z myślą o zmianach ciała w czasie ciąży, połogu i późniejszych etapach życia. Gdy marka Universal Standard wystartowała w 2024 roku, jej kierownictwo ogłosiło, że firma oferuje bezpłatną wymianę ubrań, które przestały dobrze leżeć.

ZRÓWNOWAŻONA MODA NIE MUSI oznaczać całkowitej rezygnacji z zakupów. Znajomość podstawowych informacji o różnych włóknach i ich właściwościach może pomóc w dokonywaniu lepszych wyborów – takich, które będą spełniały nasze oczekiwania, co z kolei sprawi, że będziemy je chętniej nosić, dbać o nie i zatrzymać na dłużej. W przemyśle tekstylnym stosuje się trzy główne typy włókien: naturalne włókna roślinne, jak bawełna i len; naturalne włókna zwierzęce, jak wełna; włókna syntetyczne i sztuczne, czyli odpowiednio tworzywa pochodzenia chemicznego – jak poliester, nylon oraz wiskoza, produkowana z masy drzewnej [patrz tabelka na s. 48].

Każdy z tych materiałów ma swoje zalety i wady. Włókna naturalne są odnawialne i – w zależności od sposobu przetwarzania – mogą być biodegradowalne. Jednak uprawa będących ich źródłem roślin pochłania ogromne ilości wody i ziemi, a często wiąże się z użyciem szkodliwych nawozów i pestycydów. Łańcuchy dostaw takich włókien mogą również wiązać się naruszeniami praw człowieka i nieodpowiednim traktowaniem zwierząt. Kupując ubrania z włókien naturalnych, warto szukać certyfikatów, na przykład Global Organic Textile Standard, które potwierdzają ich ekologiczne pochodzenie.

Włókna syntetyczne – takie jak poliester, nylon i akryl – są produkowane z tworzyw sztucznych pochodzących z ropy naftowej. Stanowią one około 60% światowej produkcji włókien. Są tanie i wszechstronne, ale jednocześnie znacząco przyczyniają się do zanieczyszczenia plastikiem. Jedno pranie odzieży z poliestru może uwalniać od 640 tys. do 1,5 mln mikrocząsteczek plastiku. Gdy takie ubrania trafiają na wysypisko, rozkładają się setki lat, emitując gazy cieplarniane (np. metan) oraz toksyczne substancje.

Włókna celulozowe pochodzenia roślinnego – takie jak wiskoza, modal, lyocell czy cupro – są technicznie odnawialne, ponieważ pochodzą głównie z drzew, a konkretnie z celulozy, która nadaje im strukturę. Jednak sam proces pozyskiwania tej celulozy i jej przetwarzania w przędzę wymaga użycia silnych chemikaliów i może przyczyniać się do wylesiania.

Wszystkie te materiały mają także swoje wersje z recyklingu, które – jak mówi ekspertka Hobson-Lloyd – są pod względem ekologicznym lepszym wyborem. Trzeba jednak pamiętać, że przetwarzanie surowców wtórnych również pochłania wodę i energię. Etykiety ubrań z ogólnikowymi stwierdzeniami o zawartości materiałów z recyklingu potrafią być mylące – ich faktyczna zawartość może wynosić poniżej 10%. Często marki mówią o „materiałach z recyklingu”, mając na myśli jedynie to, że w przyszłości konsument będzie mógł poddać je recyklingowi, co nie jest tym samym.

Niektóre znane marki inwestują w badania i rozwój, by oczyścić branżę: testują na przykład biodegradowalne materiały, które mogłyby zastąpić poliester, oraz enzymy umożliwiające nieskończony recykling włókien syntetycznych. Inne skupiają się na innowacyjnych tkaninach: na przykład Bananatex, naturalny materiał stworzony przez szwajcarską markę QWSTION, jest wytwarzany z włókien banana abacá, rosnącego na Filipinach bez użycia nawozów i pestycydów. Roślina ta nie nadaje się do uprawy monokulturowej, co czyni ją dobrym kandydatem do zalesiania. W przeciwieństwie do większości drzew [banan nie jest drzewem, lecz byliną – przyp. red.], banan odrasta, wypuszczając nowe pędy (tzw. odrosty) z podstawy rośliny. To właśnie one są zbierane na włókno, bez konieczności ścinania całej rośliny. Materiał Bananatex znalazł się już w projektach takich marek, jak Balenciaga, Stella McCartney czy H&M.

Nie wszystkie rozwiązania jednak muszą opierać się na innowacjach. Konopie włókniste to kolejna obiecująca opcja: rosną szybko, oszczędzają wodę, chronią glebę przed erozją, sprzyjają bioróżnorodności, pochłaniają duże ilości CO_2 i – podobnie jak banan abacá – nie wymagają używania pestycydów. Te cechy czynią je bardziej zrównoważonym wyborem niż bawełna. Produkty z konopi są dziś znacznie bardziej dostępne niż jeszcze kilka lat temu, a niektóre marki tworzą z nich całe kolekcje odzieży. Szacuje się, że światowy rynek włókien konopnych wzrośnie z 5,76 mld do 23,57 mld dolarów w latach 2022–2030.

PRZEMYSŁ MODOWY wciąż napędzany jest szybko zmieniającymi się, sezonowymi trendami. Jednak rosnąca świadomość szkodliwości fast fashion zainspirowała ruch „shop your closet”, czyli korzystanie z własnej szafy w kreatywny sposób zamiast kupowania nowej odzieży.

Ten pomysł zyskał dużą popularność w mediach społecznościowych w zeszłym roku dzięki #75hardstylechallenge, inicjatywie autorki i analityczki mody Mandy Lee. Wyzwanie polegało na dokumentowaniu codziennego noszenia ubrań już posiadanych przez 75 dni. Lee napisała, że wzięło w nim udział ponad 70 tys. osób. To znamienne, że właśnie Instagram i TikTok – platformy, które przyczyniły się do rozwoju fast fashion przez filmiki typu „zobaczcie, co ostatnio kupiłem” i „przymiarki” – dziś mogą być narzędziem wspierającym zrównoważone nawyki.

Collingwood

eprasa.pl 59f6966759

Ten kardigan został naprawiony przez Florę Collingwood-Norris, która do łatania dziur i rozdarć stosuje technikę „widocznej twórczej naprawy", przedłużając życie dzianinowych ubrań. Metoda ta dopuszcza niedoskonałości, co sprawia, że jest bardziej dostępna dla osób chcących samodzielnie reperować swoje ubrania.

eprasa.pl 59f6966759

„Ludzie wciąż interesują się trendami. Trudno się od nich całkowicie odciąć. Ale nie musimy im ulegać bezrefleksyjnie.”

ALYSSA BELTEMPO
STYLISTKA PROMUJĄCA ZRÓWNOWAŻONĄ MODĘ

„To kwestia zmiany sposobu myślenia – mówi Alyssa Beltempo, twórczyni treści o modzie slow i stylistka promująca zrównoważony styl życia. – Ludzie wciąż interesują się trendami. Trudno się od nich całkowicie odciąć. Ale nie musimy im ulegać bezrefleksyjnie”. Beltempo uczy techniki „zakupów z własnej szafy” na swoim kanale YouTube, który obserwuje niemal 300 tys. subskrybentów. Zaczyna od tego, co nazywa „elementami stylu” – czyli od podstawowych kategorii, na których opiera się każdy strój: sylwetki, proporcji, faktury i koloru.

Beltempo zachęca, by inspirować się tymi elementami zamiast kopiować konkretny strój wypatrzony u kogoś innego. „Czy naprawdę podoba ci się ten sweter, czy raczej klimat, jaki tworzy? – pyta. – Może podoba ci się, jak wygląda w połączeniu ze spodniami z szeroką nogawką? W takim razie może chodzi o proporcje. A może o kolory – i sweter nie ma z tym nic wspólnego”. Rozkładając na czynniki pierwsze to, co nam się podoba w danym zestawie z social mediów, można spróbować stworzyć coś podobnego z ubrań, które już mamy, zamiast impulsywnie kupować nowe. Taki poziom uważności „daje radość, angażuje, a do tego sprawia, że konsumenci czują się ze sobą lepiej”, mówi Beltempo. I nie tylko dla środowiska to lepiej, „ale i dla ciebie”.

Dlatego Beltempo daje swoim odbiorcom praktyczne wskazówki, jak unikać impulsywnych zakupów – na przykład zawsze kupować z listą i wprowadzić 24-godzinną pauzę przed kliknięciem „kup teraz”. „To daje przestrzeń do zastanowienia się, czy już nie ma się czegoś, spełniającego tę samą funkcję?” – tłumaczy.

Czasem jednak ubrania w naszej szafie wydają się mocno wyblakłe. Może kolory wypłowiały od słońca i prania. Jednym ze sposobów na tchnięcie w nie nowego życia jest farbowanie. Ale nie wszystkie metody są sobie równe.

Przemysł tekstylny zużywa co roku ponad 10 tys. ton syntetycznych barwników – wiele z nich zawiera toksyczne metale ciężkie, które przedostają się do środowiska przez nieoczyszczone ścieki z fabryk, niszcząc glebę i wodne ekosystemy. Według Parlamentu Europejskiego, farbowanie i wykańczanie tkanin odpowiada za około 20% globalnego zanieczyszczenia wód pitnych.

Te barwniki mogą być toksyczne także dla ludzi. Barwniki z największej grupy handlowej – tzw. barwniki azowe – mogą uwalniać rakotwórcze związki chemiczne w kontakcie z bakteriami obecnymi na ludzkiej skórze. Zarówno UE, jak i USA wprowadziły pewne ograniczenia dotyczące ich stosowania, ale regulacje są niespójne.

Jest jednak rozwiązanie: naturalne barwniki roślinne, znane ludzkości od tysięcy lat. Aby wydobyć kolor z rośliny, wystarczy gotować jej korzenie, nasiona, korę lub liście na małym ogniu, aż woda zmieni barwę. Aby barwnik trwale połączył się z tkaniną, stosuje się nietoksyczny środek pomocniczy, na przykład siarczan glinu dopuszczony do kontaktu z żywnością. Po zakończeniu procesu farbowania wodę można po prostu wylać do kanalizacji bez szkody dla środowiska, a pozostałości roślinne – skompostować.

Zanim wynaleziono barwniki syntetyczne, każda tkanina była barwiona właśnie w ten sposób. Firma Green Matters Natural Dye Company z hrabstwa Lancaster w Pensylwanii stara się przywrócić tę technikę do mainstreamu. Jej właścicielka, Winona Quigley, mówi, że często korzystają z lokalnych roślin i odpadów z restauracji. „W naszym magazynie stoi szopa, w której trzymamy setki tysięcy wysuszonych pestek awokado – opowiada. – Zbieramy je z lokalnych restauracji”. Pestki dają przygaszony, różowawy odcień.

Green Matters przyciąga komercyjnych klientów szukających zastępstwa dla syntetycznych barwników w produkcji tekstyliów i odzieży. To jedna z niewielu farbiarni w USA, która działa na skalę przemysłową, korzystając wyłącznie z barwników roślinnych. Jednak w ostatnim czasie największy wzrost firma odnotowała wśród klientów indywidualnych, którzy chcą odświeżyć własne ubrania. W odpowiedzi na ten popyt Quigley w 2022 roku uruchomiła usługę indywidualnego farbowania, w tym społecznościowy „dye lot of the month” – czyli wspólne farbowanie tkanin jednym kolorem, który zmienia się co miesiąc. Koszt to 35 dolarów. Klienci przesyłają swoje naturalne tkaniny pocztą. Wśród niedawnych kolorów znalazł się na przykład „bakłażan” – ciemna purpura uzyskana z korzenia marzanny barwierskiej (*Rubia tinctorum*).

Quigley mówi, że ten segment działalności wzrósł o 800% w 2024 roku. „Jestem naprawdę podekscytowana, że tyle osób chce ratować swoje ubrania przed wysypiskiem” – mówi. Ludzie przysyłają nie tylko odzież, ale też pościel i obrusy, które można farbować tradycyjną techniką tie-dye (polegającą na skręcaniu i zawiązywaniu tkaniny przed farbowaniem, tak by powstały na niej kleksy zakrywające plamy), a nawet suknie ślubne czy rodzinne pamiątki. „One są czymś więcej niż tylko ubraniem – dodaje. – To część historii rodziny. Patrzenie, jak ktoś nadaje im nowe życie, porusza”.

Wysłanie ukochanych ubrań do farbowania nie zajmuje więcej czasu niż odesłanie impulsywnego zakupu, który okazał się nietrafiony. Kosztuje mniej niż zakup nowej rzeczy, a daje tę samą radość z otwierania przesyłki. Zrównoważona moda nie musi być ani nudna, ani trudna, ani droga – może być przyjemna i mieć realny wpływ na przemysł fast fashion. „Ludzie naprawdę mogą poczuć sprawczość, podejmując decyzje, dzięki którym ubrania nie lądują na wysypisku – mówi Quigley. – To wybory, które mogą mieć wpływ na strategię wielkich marek”. ■

Winona Quigley

Z ARCHIWUM

Earth Has a Hidden Plastic Problem—Scientists Are Hunting It Down. Andrea Thompson; ScientificAmerican.com, 13 sierpnia 2018. ScientificAmerican. com/archive

eprasa.pl 59f6966759

Moth Snow z marki odzieżowej Touch Threads pracuje przy produkcji ubrań w zakładzie Green Matters Natural Dye Company w Pensylwanii. Green Matters barwi ubrania naturalnymi barwnikami roślinnymi – pozyskiwanymi m.in. z indygowca oraz odpadów z restauracji, takich jak pestki awokado.

eprasa.pl 59f6966759

Początki ptasiej

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

LAUREN N. WILSON I DANIEL T. KSEPKA
Ilustracja CHASE STONE

polarnej odysei

Para ptaków z grupy Ornithurae i ich pisklęta obserwują przybrzeżną równinę zalewową. Ptaki te przed 73 mln lat dzieliły tereny dzisiejszej północnej Alaski z dinozaurami, takimi jak pachyrinozaury, których stado widoczne jest w tle.

eprasa.pl 59f6966759

PROMIENIE ZŁOTEGO JESIENNEGO SŁOŃCA PRZEBIJAJĄ SIĘ przez pędy turzyc i zarośla tundry gdzieś w północnej Alasce. Zbliża się zima i wkrótce teren ten zostanie pokryty śniegiem i lodem. Przez ostatnie trzy miesiące kakofonia odgłosów dobiegających z kolonii rybitw popielatych stanowiła swoistą ścieżkę dźwiękową letniego sezonu lęgowego. Ale teraz, wraz z zanikaniem światła dziennego, rybitwy muszą wyruszyć na południe. W jednej chwili te zazwyczaj hałaśliwe ptaki zamilkną i nastanie głucha cisza. Moment później cała kolonia wzbije się w powietrze i rozpocznie liczącą sobie 40 tys. km podróż na Antarktydę – najdłuższą znaną migrację jakiegokolwiek zwierzęcia na Ziemi.

Lauren N. Wilson
jest doktorantką na Princeton Univeristy, gdzie bada ewolucję i paleobiologię ptaków i gadów. Prowadziła prace terenowe m.in. na pustkowiach Montany i polarnych bezkresach North Slope na Alasce.

Daniel T. Ksepka
jest paleontologiem i opiekunem naukowym zbiorów w Bruce Museum w Greenwich w stanie Connecticut. W badaniach koncentruje się na ewolucji ptaków i gadów.

Rybitwa popielata nie jest jedynym ptakiem, który spędza sezon lęgowy w Arktyce. Miliardy ptaków należących do prawie 200 gatunków – od małych poświerek po duże ptactwo wodne, takie jak gęś białoczelna – każdej wiosny kierują się na daleką północ, by wydać na świat młode, a potem odbyć lot powrotny na południe dla spędzenia zimy. To nie lada wyczyn. Migracja jest kosztowna. Nawet w idealnych warunkach tak długa podróż wymaga ogromnych nakładów energii i naraża podróżników na liczne niebezpieczeństwa. Ryzyko śmierci podczas lotu jest wysokie.

Podejmowanie takich wędrówek pozwala jednak ptakom wykorzystać zmieniające się sezonowo warunki panujące w tych środowiskach. Niekończące się letnie słońce sprzyja bujnemu wzrostowi roślin, rojom owadów i bogatym populacjom ryb korzystających z zakwitów zooplanktonu. Dzięki świecącemu przez całe dnie słońcu ptaki mogą bez trudu zdobywać pożywienie, czy to w postaci żyjących w morzu ryb, czy drobnych owadów na lądzie. Całodobowe światło dzienne oznacza również, że wiele zwierząt polujących na ptaki ma mniejsze szanse w niezauważony sposób zbliżyć się do gniazda.

Naukowcy od dawna zastanawiali się, kiedy ptaki zaczęły odbywać te niezwykłe podróże. Nowe skamieniałości, które odkryliśmy i przeanalizowaliśmy wraz z naszymi kolegami, w końcu zaczynają dostarczać pewnych wskazówek. Przez 10 ostatnich lat wyprawy do koła podbiegunowego na Alasce przyniosły przebogate zbiory ptasich skamieniałości, w tym również młodych osobników. Szczątki te, datowane na około 73 mln lat (późna kreda), stanowią najwcześniejszy znany przejaw rozrodu ptaków na obszarach polarnych. Świadczą one również, że wczesne ptaki mogły już podróżować na szczyt Ziemi, aby wydawać na świat kolejne pokolenia tych skrzydlatych cudów.

WĘDRÓWKI PTAKÓW na obszary podbiegunowe to jeden z najwspanialszych spektakli natury. Aby odbyć wyczerpującą podróż do Arktyki, ptaki muszą wykazać się nadzwyczajną wytrzymałością fizyczną. Zwykle wyposażone są już na starcie w odpowiednie anatomiczne i behawioralne przystosowania do dalekich podróży. Rybitwa popielata na przykład to prawdziwe arcydzieło wydajności. Jej szkielet jest lekki i częściowo wypełniony powietrzem, co pozwala jej szybować na duże odległości bez zużywania energii na machanie skrzydłami. Potrafi jeść w ruchu, chwytając w locie ryby z powierzchni oceanu. I potrafi też, jak wiele ptaków wędrownych, spać podczas szybowania.

Wędrujące ptaki muszą też świetnie orientować się w terenie, aby móc dotrzeć do swoich lęgowisk. W jaki sposób dokładnie ptaki osiągają ten cel, pozostaje tajemnicą, ale biolodzy generalnie zgadzają się,

eprasa.pl 59f6966759

Pat Druckenmiller

Naukowcy odkryli za kołem podbiegunowym na Alasce dziesiątki trójwymiarowo zachowanych zębów i kości piskląt ptaków, w tym widoczne na zdjęciu zakończenie dzioba. To dowód, że ptaki rozmnażały się na obszarach polarnych już 73 mln lat temu.

że wykorzystują one w swych migracjach kombinację takich wskazówek, jak wizualne punkty orientacyjne, położenie Słońca, Księżyca i gwiazd, oddziaływanie pola magnetycznego Ziemi, a także wskazówki oparte na zapachu. Wydaje się, że w grę wchodzi również pewien stopień uczenia się – u wielu gatunków młode migrujące po raz pierwszy ptaki zdają się lecieć we właściwym kierunku, podczas gdy bardziej doświadczone osobniki wykorzystują punkty orientacyjne, aby obrać optymalną trasę.

Choć już sama podróż jest wystarczająco imponująca, migracje arktyczne są częścią znacznie większego planu: ptaki dosłownie zmieniają ekosystemy w miejscu docelowym. Chociaż większość ptaków faktycznie przebywa w Arktyce tylko w okresie lęgowym, to wpływają na tamtejszą roślinność poprzez zapylanie kwiatów i rozsiewanie nasion. Pomagają również w kontrolowaniu populacji owadów i gryzoni, a co za tym idzie w ograniczaniu rozprzestrzeniania się chorób. W rzeczywistości ptaki są tak kluczowe dla swoich siedlisk, że przypuszczalnie na przestrzeni dziejów przyczyniły się do kształtowania odległych ekosystemów. Ptaki przenoszą małe organizmy, takie jak drobne rośliny i owady, na duże odległości, co pozwala kolonizować odległe regiony polarne. Gdyby nie migracje ptaków, dzisiejsza tundra byłaby o wiele bardziej jałowa.

Pomimo znaczenia migracji dla samych ptaków i dla szerszego krajobrazu, który zamieszkują, w rzeczywistości wiemy bardzo niewiele o początkach tego zjawiska. Aby odpowiedzieć na tak fundamentalne pytanie, musimy odnieść się do zapisu kopalnego z bardzo odległych czasów. Niestety, zapis paleontologiczny obszarów polarnych jest skąpy, a większość osadów zawierających skamieniałości jest pokryta lodem lub wodą. W miejscach, gdzie te osady są odsłonięte, badania terenowe są często trudne, niebezpieczne i kosztowne. Co więcej, kości ptaków należą do najrzadszych skamieniałości, ponieważ są małe i delikatne, co zmniejsza prawdopodobieństwo ich przetrwania wystarczająco długo, aby mogły ulec fosylizacji, a co dopiero zostać odkrytymi przez paleontologów.

W rzadkich przypadkach, gdy uda nam się znaleźć szczątki kopalnego ptaka w Arktyce, trudno jest ustalić, czy był to ptak wędrowny, czy stały rezydent. Załóżmy, że znajdziemy dokładnie ten sam gatunek w skałach z dokładnie tego samego okresu, zarówno na umiarkowanych, jak i polarnych szerokościach geograficznych. Nawet wtedy nie możemy być pewni, że wymarły gatunek należał do ptaków migrujących. Zawsze istnieje możliwość, że po prostu zasiedlał on duży obszar przez cały rok. Zasięg współczesnego kruka zwyczajnego na przykład obejmuje praktycznie całą półkulę północną.

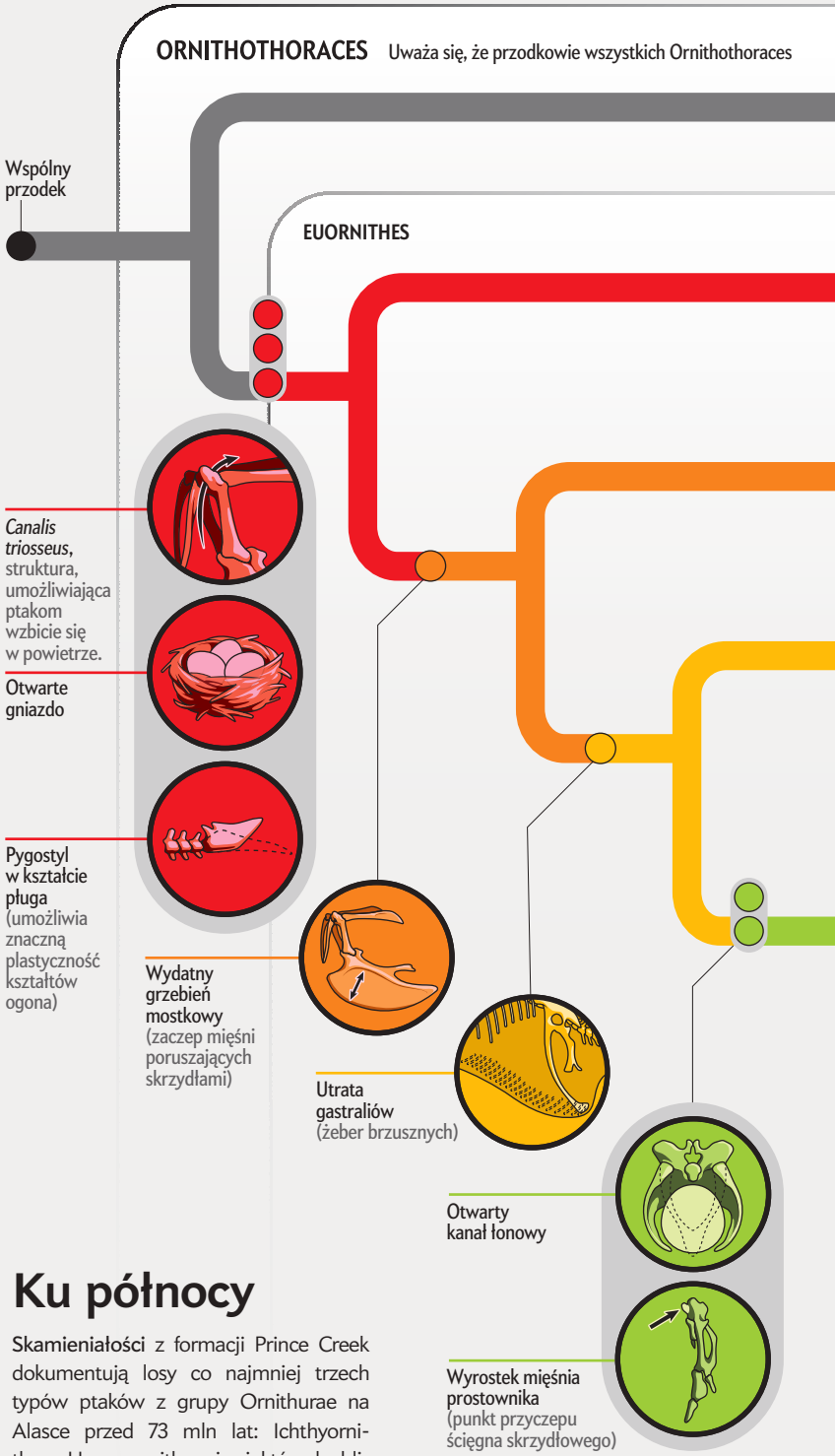
eprasa.pl 59f6966759

Istnieje jednak sprytny sposób na ustalenie, czy materiał kopalny zawiera szczątki ptaków wędrownych. Zdecydowana większość żyjących ptaków zamieszkujących regiony polarne migruje na niższe szerokości geograficzne po zakończeniu sezonu lęgowego. Jeśli więc znajdziemy kopalne dowody ptaków nie tylko obecnych, ale i zakładających lęgi na szerokościach polarnych, zmierzamy we właściwym kierunku. Tu właśnie nabiera znaczenia nasza praca nad skamieniałościami z późnokredowej formacji skalnej w północnej Alasce, zwanej Prince Creek.

NA POCZĄTKU FILMU *Park Jurajski* z 1993 roku zespół paleontologów delikatnie wymiata piasek, odsłaniając nienaruszony szkielet dinozaura na pustkowiach Montany. Chociaż paleontologiczne badania terenowe nigdy nie są tak proste, jak usunięcie luźnego osadu szczotką (Steven Spielberg, przepraszam), prace prowadzone w Arktyce to zupełnie inna liga. Zima przynosi temperatury sięgające –45°C, tony śniegu i bardzo ogranicza liczbę godzin światła dziennego. Lato również nie przypomina spacerku po parku: chmary ogromnych komarów, nieustająca plucha i zimno, a do tego wszędobylskie błoto. Istnieje też duże zagrożenie ze strony licznych w tym czasie i potencjalnie groźnych dużych ssaków.

W sierpniu 2022 roku jedna z nas (Wilson) była na swojej drugiej wyprawie w Arktyce. Obudziła się około piątej rano w namiocie nad rzeką Colville, w pobliżu wychodni skał formacji Prince Creek. Słońce było już na niebie od kilku godzin, ale zostało jej jeszcze trochę czasu, by się wyspać, a tu – co za pech – musiała wstawać i wyjść z ciepłego namiotu na dwór za potrzebą. Niechętnie założyła czapkę i kurtkę i, wciąż nie w pełni przytomna, rozpięła zamek w namiocie. Wyjrzała na zewnątrz i wtedy serce podeszło jej do gardła. W odległości nie więcej niż 20 m, tuż przy namiocie jednego z jej towarzyszy, stało coś ogromnego, puszystego i brązowego. Rozpaczliwie próbowała sobie przypomnieć szczegóły z kursu o postępowaniu w razie spotkania z niedźwiedziem: czy powinna krzyczeć i wszystkich obudzić? Sięgnąć po gaz pieprzowy? Spróbować wystraszyć intruza, aby uciekł z obozu? Dopiero gdy nieco się uspokoiła, zauważyła, że „niedźwiedź” ma na głowie parę pokaźnych rogów. Uff, tym nieproszonym gościem okazał się wół piżmowy (piżmowół).

Można się zastanawiać, po co zawracamy sobie głowę tak ekstremalnymi badaniami terenowymi. Wilson często zadawała sobie to pytanie, pracując w temperaturze –35°C. Ale z tego samego powodu, dla którego badania terenowe są tak wymagające, odkrycia skamieniałości w Arktyce należą do najbardziej ekscytujących na świecie. Formacja Prince Creek znajduje się dziś na 70 stopniach szerokości geograficznej północnej i zawiera skamieniałości zwierząt, które żyły około 72,8 mln lat temu. Od tego czasu aktywność płyt tektonicznych przesunęła Alaskę na południe. W późnej kredzie gatunki te żyły na jeszcze wyższej szerokości geograficznej (80–85° N), praktycznie na samym biegunie północnym. Lata przynosiły obfitość światła i ciepła, ale całoroczni mieszkańcy



Ku północy

Skamieniałości z formacji Prince Creek dokumentują losy co najmniej trzech typów ptaków z grupy Ornithurae na Alasce przed 73 mln lat: Ichthyornithes, Hesperornithes i niektórych bliskich krewnych żyjących dziś ptaków, prawdopodobnie z kladu Galloanserae (blaszkodziobe i grzebiące). W zespole tym nie ma przedstawicieli Enantiornithes – dominujących ptaków tego okresu na świecie. Sugeruje to, że ewolucja kluczowych cech związanych z rozmnażaniem i rozwojem ontogenetycznym wśród Ornithurae mogła umożliwić tym ptakom wykorzystanie owadów i słońca, a tego akurat w Arktyce w okresie letnim jest pod dostatkiem.

Grafika Brittany Cheung (ikony cech) i Rebecca Gelernter (ptaki)

eprasa.pl 59f6966759

byli od początku zdolni do dalekich lotów

Enantiornithes

Ptaki z grupy Enantiornithes należały do najliczniejszych przez niemal cały okres kredowy.

Longipteryx chaoyangensis

Archaeorhynchus

Archaeorhynchus spathula

Songlingornithidae

Yixianornis grabaui

Gansus

Gansus yumenensis

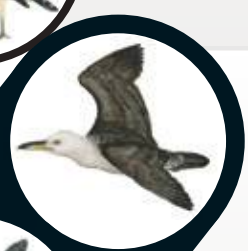
Apsaravis

Apsaravis ukhaana

ORNITHURAE

Ichthyornithes

Ichthyornis dispar



Skamieniałości ptaków z kladu Ornithurae: Ichthyornithes, Hesperornithes i być może Galloanserae (w zakreskowanym kółku, poniżej) to jedyne szczątki ptaków występujące w skałach formacji Prince Creek.

Hesperornithes

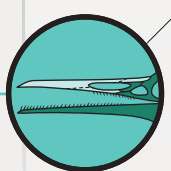
Hesperornis regalis

Szybszy wzrost

NEORNITHES

Palaeognathae

Lithornis celetius



Powiększona kość przedszczękowa (tworzy krańcową część górnej szczęki/dzioba)

NEOGNATHAE

Galloanserae

Asteriornis maastrichtensis

Utrata zębów

Opieka dwurodzicielska

Neoaves

Tsidiiyazhi abini

Gniazdowniki (wykluwające się pisklęta są słabo rozwinięte i wymagają opieki rodzicielskiej)

eprasa.pl 59f6966759

musieli znosić zimy z mroźnymi temperaturami, opadami śniegu i około czterema miesiącami nieustającej ciemności.

Paleontolodzy badają dinozaury z formacji Prince Creek od 1983 roku, ale dopiero w ciągu ostatnich kilku dekad prace prowadzone przez Patricka Druckenmillera z University of Alaska Museum of the North i Gregory'ego Ericksona z Florida State University przyniosły zmianę w naszym postrzeganiu życia w Arktyce w okresie kredowym. Odkrycie przez ich zespół skamieniałości młodych dinozaurów pozwoliło stwierdzić, że zwierzęta te były na tym terenie całorocznymi mieszkańcami, ponieważ młodociane osobniki nie były zdolne do odbywania dalekich migracji przed nadejściem zimy. A całkiem niedawno drobne kości znalezione wraz ze skamieniałościami dinozaurów doprowadziły do kolejnego ekscytującego odkrycia: najstarszego dowodu na rozmnażanie się ptaków w okolicach polarnych.

Na razie zidentyfikowaliśmy na tym stanowisku ponad 50 trójwymiarowo zachowanych kości ptaków wraz z dziesiątkami zębów. Skamieniałe szczątki są tak małe, że wszystkie zmieściłyby się w niewielkim słoju. A mimo to stanowią jedną z najcenniejszych kolekcji późnokredowych skamieniałości północnoamerykańskich ptaków i dokumentują obecność co najmniej trzech typów ptaków, które żyły obok nieptasich dinozaurów na terenie arktycznej Alaski. Co więcej, wiele skamieniałości należy do piskląt i reprezentuje najwcześniejsze znane stadia rozwojowe tych grup ptaków. Wszystko to dowodzi, że ptaki gniazdują w Arktyce od co najmniej 73 mln lat, czyli prawie połowy czasu, jaki ta grupa przeżyła na Ziemi.

Dokładne badanie tych delikatnych skamieniałości pozwoliło nam zrekonstruować ptaki formacji Prince Creek i ich rolę w ekosystemie. Wyobraźmy sobie Arktykę wczesnym latem przed 73 mln lat. Nadbrzeżna równina zalewowa, pozornie pozbawiona życia przez całą długą zimę, jest teraz bujnie porośnięta roślinnością i roi się na niej od owadów. To wymarzone miejsce do dorastania dla świeżo wyklutego pisklęcia. Z miskowatego gniazda wyłania się jego głowa. Należy ona do młodego osobnika z kladu Ornithurae (ptasioogonowe), bliskiego krewniaka współczesnych ptaków. Pisklę wciąż pokryte jest puchem i porusza się niezdarnie na chudych nogach, niezdolne jeszcze do lotu. Na razie uczy się orientacji w świecie, pilnie uważając, by trzymać się blisko rodziców. W przeciwieństwie do wielu innych ptaków późnej kredy należy do gatunków wyposażonych

Kevin May

eprasa.pl 59f6966759

Naukowcy poszukują skamieniałości w wychodniach wzdłuż rzeki Colville w północnej Alasce (*po lewej*). Aby znaleźć maleńkie kości i zęby, zespół przepłukuje osady ze skamieniałościami *(po prawej)* i to, co pozostaje na sitach, zabiera do laboratorium do dalszych badań pod mikroskopem.

Kevin May

w pozbawiony zębów dziób, służący im do precyzyjnego chwytania kręcących się wszędzie owadów. To pisklę wykluło się zaledwie miesiąc wcześniej, ale jest już dość samodzielne, gdyż pierwsze tygodnie życia spędziło w jaju o sporych rozmiarach, podobnie jak jego bliscy krewniacy z tej zaawansowanej grupy ptaków.

Nadbrzeżna równina zalewowa oferuje doskonałe warunki do gniazdowania. Najrozmaitsze dinozaury przygotowują się na przyjęcie potomstwa, a zeszłoroczne młode wciąż dochodzą do siebie po spędzeniu pierwszej arktycznej zimy. Nasze pisklę i jego rodzina to niejedyne gatunki ptaków, które mogłyby nazwać ten krajobraz domem. Nurkujące ptaki z kladu Hesperornithes polują na ryby w rzecznych wodach, a przypominające rybitwy ichtiornisy (klad Ichthyornithes) krążą nad ich głowami. Ale wszystkie przybyły tu z tego samego powodu, dla którego i dziś ptaki gniazdują w Arktyce: niezachodzącego całymi tygodniami słońca.

Ptaki z Prince Creek są niezbitym dowodem, że w okresie kredowym Arktyka stanowiła dla tych zwierząt ważny obszar lęgowy. Trudniej ustalić, czy migrowały tam z innych miejsc, czy stale tam bytowały. Na to pytanie można spojrzeć z różnych punktów widzenia. Zacznijmy od rozważenia, czy ptaki te w ogóle miały zdolność do odbywania dalekich podróży. Wiemy, że ptaki z poprzedniego okresu jurajskiego nie były z pewnością dobrymi lotnikami. Wczesne ptaki nie wykształciły jeszcze wielu cech, które umożliwiają ich dzisiejszym następcom sprawny i efektywny lot. Na przykład słynny archeopteryks był zdolny do lotu, ale – jak się zdaje – charakteryzował się stosunkowo niską wytrzymałością i nie potrafił wykonywać skomplikowanych manewrów. Potężny grzebień na mostku, który mocuje mięśnie klatki piersiowej u współczesnych ptaków, był albo u tego gatunku nieobecny, albo stanowił co najwyżej płaską, chrzęstną płytkę. Zaopatrzone w pazury palce zaburzały ciągłość przedniej krawędzi skrzydła, a w porównaniu z dzisiejszymi ptakami, jego pióra były zapewne mniej elastyczne, a tym samym były mniej odpowiednie do nadawania zwierzęciu aerodynamicznego kształtu. Nawet jego ogon wydaje się wspomnieniem po pradawnych, nielotnych jeszcze przodkach. Podczas gdy u współczesnych ptaków ogon skrócił się do specjalnego lemieszokształtnego narządu zwanego pygostylem, który pozwala im rozkładać pióra ogonowe (sterówki) w wachlarz, archeopteryks zachował

eprasa.pl 59f6966759

długi i aerodynamicznie niezbyt sprawny ogon, taki sam jak u jego teropodowych przodków – dinozaurów.

Z biegiem czasu ptaki wykształciły wiele modyfikacji szkieletu i tkanek miękkich, które usprawniły ich lotnicze umiejętności. Kostny ogon uległ skróceniu, a zakończenia palców zamiast potężnych pazurów stały się kostnymi rudymentami ukrytymi pod piórami. Ptaki z zaawansowanej kredowej grupy Ornithothoraces, do której należą okazy z Prince Creek, są pod wieloma względami pierwszymi ptakami z ewidentnie sprawnym aparatem lotnym. Przede wszystkim na mostku tych ptaków pojawił się grzebień, który zapewnia dodatkowe mocowanie mięśni napędzających poruszanie skrzydłami. Staw barkowy ukształtował się wyżej na grzbiecie, dzięki czemu skrzydła zajęły bardziej dogodne położenie. Na pierwszym palcu wyrosło skupisko drobnych piór (alula), które działa jak miniaturowy sterownik, ułatwiający precyzyjne manewry w locie. Dzięki tym innowacjom anatomicznym ptaki z Prince Creek (poza nielotnymi hesperornisami) nabyły zdolności do długotrwałego lotu, a więc i możliwości docierania do Arktyki w porze rozrodu.

Bliższe przyjrzenie się miejscu tych ptaków na drzewie rodowym pozwala wnioskować, jak udało im się obrać daleką północ za najlepsze miejsce do rozrodu. Klad Ornithothoraces dzieli się na dwie grupy: Enantiornithes i Ornithurae. Te uzębione i wszędobylskie ptaki osiągały rozmiary od wielkości wróbla do indyka i wykazywały dużą różnorodność form, od Longirostravis z jego smukłym dziobem, przez Bohaiornis o tępych zębach czy Falcatakely z dziobem przypominającym dziób tukana.

Ornithurae, do których zaliczają się współczesne ptaki i ich bliscy krewni, były rzadsze w ekosystemach kredowych. Enantiornithes, podobnie jak większość kredowych Ornithurae, nadal miały zęby, natomiast zaawansowani przedstawiciele Ornithurae różnili się od Enantiornithes mniejszą liczbą zębów, brakiem gastraliów, czyli żeber brzusznych oraz rozdzielonymi kośćmi łonowymi, co pozwalało im składać większe jaja. W przeciwieństwie do Enantiornithes, które najpewniej dobrze czuły się w środowiskach leśnych, kredowe Ornithurae najprawdopodobniej trzymały się głównie blisko basenów wodnych.

Ciekawe, że wszystkie skamieniałości ptaków z formacji Prince Creek należą do Ornithurae. Do tej pory zidentyfikowaliśmy kości i zęby trzech typów: rybitwopodobnych Ichthyornithes, wyspecjalizowanego kladu Hesperornithes, które to ptaki używały stóp w charakterze wioseł do poruszania się w wodzie, oraz bardzo zaawansowanych ptaków, blisko spokrewnionych z dzisiejszymi Aves. Tym, co rzuca się w oczy w tym zbiorze to całkowity brak enantiornitów. Skoro wszystkie ptaki z grupy Ornithothoraces były zdolne do dalekich lotów, dlaczego na Alasce brakuje akurat enantiornitów, skądinąd wszechobecnych w innych środowiskach?

PODEJRZEWAMY, że odpowiedzi na to pytanie należy szukać w jajku. Każdy, kto regularnie gotuje jajka, zauważył zapewne małą białe frędzelki, które wielu osobom psują apetyczny wygląd żółtka. Ta plamka to chalazy, powrózki białkowe, które łączą żółtko ze skorupką. Chalazy chronią zarodek, gdy ptaki obracają jaja w gnieździe, by zapewnić rozwijającym się embrionom równomierny dostęp do składników odżywczych podczas inkubacji. Gady, których jaja pozbawione są chalaz, nie praktykują ich obracania.

Dotychczas paleontolodzy nie znaleźli żadnych skamieniałych chalaz, które pozwoliłyby im prześledzić pochodzenie tej struktury. Mamy jednak przeczucie, że wyewoluowała ona u Ornithurae, ponieważ krokodyle, dinozaury nieptasie i enantiornity zakopywały swoje jaja przynajmniej częściowo w ziemi. Skamieniałe lęgi enantiornitów pokazują, że umieszczały one jaja pionowo w osadzie lub glebie, pozostawiając odsłonięte jedynie ich najwyższe partie. Taki układ stabilizował jaja, utrzymując zarodek w bezpiecznej pozycji względem żółtka, ale z pewnością nie ułatwiał wysiadywania. W najlepszym razie wysiadujące ptaki z grupy Enantiornithes mogły jedynie częściowo wejść w kontakt z jajami, co skutkowało słabszym przenoszeniem ciepła i wolniejszym rozwojem zarodka. Niektórzy paleontolodzy twierdzą zresztą, że ptaki te w ogóle nie mogły wysiadywać w pełnym tego słowa znaczeniu, ponieważ jaja były zbyt małe, aby utrzymać ciężar rodzica.

Być może pozbawienie zarodka możliwości zapinania tego maleńkiego „pasa bezpieczeństwa" wyjaśnia brak enantiornitów w Arktyce. Większość współczesnych ptaków gniazdujących w północnej Alasce zakłada lęgi od końca maja do czerwca. Dla ptaków, które mogą gniazdować wśród roślin, jest to idealna pora roku. Jednak nawet w początkach czerwca śnieg może nadal zalegać w niektórych miejscach, a gleba być zimna, a nawet zamarznięta. W okresie kredowym temperatury były z pewnością wyższe, ale zimy w Arktyce tak samo ciemne i chłodne, a wiosna nadchodziła później niż na terenach położonych bardziej na południe. Gniazdujących na ziemi enantiornitów zimna gleba nie zachęcała do zakładania na niej gniazd.

Dlaczego w takim razie nie poczekać z budową gniazda do późnego lata? Pomysł dobry, ale mogłoby wówczas po prostu zabraknąć czasu. Ponieważ enantiornity nie mogły efektywnie wysiadywać, ich zarodki prawdopodobnie rozwijały się znacznie dłużej niż u ptaków, które wysiadują je w gniazdach zbudowanych wśród roślinności. Nieubłagany upływ pór roku praktycznie nie pozostawiał czasu na opierzanie się ptakom wyklutym późnym latem.

Mimo to, chociaż enantiornity potrzebowały kilku lat, aby osobnik osiągnął pełną wielkość ciała, wydaje się, że ich młode szybko się usamodzielniały. Istnieją przesłanki wskazujące na to, że już dzień po wykluciu zdolne były do lotu. Mogłoby to kompensować dłuższy czas inkubacji w wyścigu, by zdążyć przed nadejściem zimy. Jest jednak jeszcze jeden aspekt biologii enantiornitów, który mógł stanowić trudną do pokonania przeszkodę w ich rozrodzie na obszarze Arktyki.

Niedawno odkryte skamieniałości zachowane w bursztynie ujawniają, że enantiornity zrzucały wszystkie pióra na ciele jednocześnie. Ten sposób pierzenia pozwalał im w odpowiednim czasie wymieniać szybko pióra osobników młodocianych na ostateczne.

eprasa.pl 59f6966759

Rybitwa popielata co roku pokonuje dziesiątki tysięcy kilometrów, migrując między obszarami lęgowymi w Arktyce a zimowiskami na Antarktydzie.

Mark Boulton/Science Source

W chłodnym klimacie nie byłoby to jednak wygodne rozwiązanie. Jeśli w okresie pierzenia nastąpiłby wczesny atak mrozów, półnagie małe ptaki, które musiały same generować ciepło, zamiast czerpać je ze źródeł zewnętrznych, narażone byłyby na śmiertelne niebezpieczeństwo ze strony drapieżników. Ten sposób pierzenia, uniemożliwiający rozród, mógł stanowić przeszkodę nie do pokonania dla ptaków zamieszkujących arktyczne środowiska przez cały rok.

Wydaje się, że długi czas, potrzebny enantiornitom na rozwój od wyklucia do momentu gotowości do migracji, uniemożliwiał im zapuszczenie korzeni w Arktyce. Nie dotyczyło to jednak orniturów, które dzięki ewolucyjnym innowacjom w dziedzinie reprodukcji i ontogenezy były w stanie zadomowić się w Arktyce przynajmniej sezonowo.

NASZA PRACA NAD PTAKAMI z Prince Creek jeszcze się nie zakończyła. Obecnie dysponujemy jedynie poszlakami wskazującymi, że migrowały one do Arktyki w okresie lęgowym, a nie przebywały tam przez cały rok. Możemy jednak uzasadnić to przekonanie z pomocą techniki zwanej analizą stabilnych izotopów, która pozwala porównywać proporcje różnych izotopów tego samego pierwiastka w zębach lub kościach zwierzęcia i na tej podstawie wnioskować o jego diecie, rekonstruować warunki środowiskowe, a nawet śledzić jego wędrówki w ciągu całego życia.

Wiemy, że dinozaury zimowały w Arktyce, ponieważ ich młode nie były gotowe do migracji w ciągu pierwszej zimy po wykluciu. Być może porównanie składu izotopowego zębów ptaków i dinozaurów mogłoby dostarczyć nam więcej informacji o zwyczajach ptaków z Prince Creek. Trzeba jednak pamiętać, że na skład izotopów wpływa wiele czynników biologicznych, takich jak dieta i metabolizm. Stąd też przed nami jeszcze wiele pracy, zanim będziemy mogli w pełni wiarygodnie zastosować technikę stabilnych izotopów do naszych ptaków kopalnych.

Przyjrzyjmy się jeszcze raz pisklętom. Późnokredowy świat był trudny dla młodocianych orniturów, które wciąż muszą uczyć się życia. Młode po miesiącu od wyklucia są wciąż bardzo bezbronne i polegają na rodzicach, którzy otaczają je opieką i zapewniają bezpieczeństwo. Jeśli zanadto się oddalą, ryzykują, że staną się kolacją dla jednego z wielu dromeozaurów, które również starają się zapewnić byt swojemu potomstwu. Z powodu tych drapieżników ogromna część ptasiej młodzieży nie dożyje końca lata, a niektóre mogą w dłuższej perspektywie stać się skamieniałościami. Te, którym uda się przetrwać kilka pierwszych miesięcy, być może polecą na zimę na południe wraz ze swoimi krewnymi i dołączą w ten sposób do grona szczęśliwców. Życie na skraju świata to niekończąca się walka o przetrwanie. Ale ptaki są wciąż wśród nas i zawdzięczają to swoim nadzwyczajnym adaptacjom i zachowaniom. ■

Z NASZEGO ARCHIWUM

Kwantowa natura ptasiej nawigacji. Peter J. Hore i Henrik Mouritsen; maj 2022.

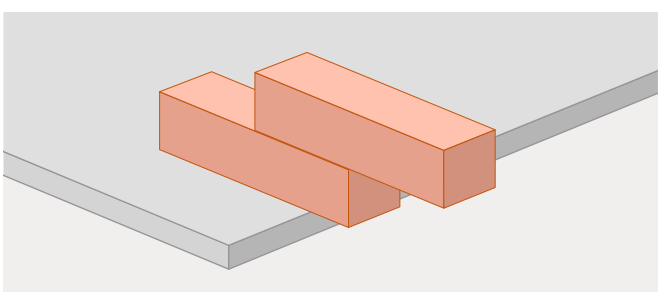
eprasa.pl 59f6966759

Problem układania klocków z zaskakującym rozwiązaniem

Matematyka wyjaśnia możliwość zbudowania z klocków niezwykłego mostu nad Wielkim Kanionem, a nawet sięgającego w nieskończoność

JACK MURTAGH

TO NIEBANALNY EKSPERYMENT, który można wykonać w domu, kładąc na stole kilka dziecięcych klocków w kształcie kamieni domina albo wziętych z gry Jenga. Bierzemy jeden klocek i powoli wysuwamy go prostopadle jak najdalej poza krawędź stołu, tak jednak, aby nie spadł. Cierpliwość i pewna ręka powinny umożliwić doprowadzenie klocka do stanu równowagi, gdy dokładnie jego połowa będzie wystawać poza krawędź. Po choćby najdelikatniejszym pchnięciu klocka wygra grawitacja. Następnie bierzemy dwa klocki, kładziemy jeden na drugim i zaczynamy zabawę od nowa, starając się, aby koniec górnego sięgał jak najdalej za krawędź stołu.



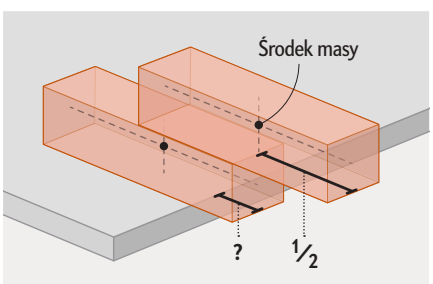
Kontynuujemy, każdorazowo dodając po jednym klocku. Jak daleko może sięgnąć górny klocek przy określonej ich liczbie, zanim cała konstrukcja się zawali? Czy taka wieża może wystawać o długość klocka za krawędź stołu? A o dwie długości? Odpowiedź jest zaskakująca: tak utworzony wieżowy most może sięgać dowolnie daleko, na przykład rozciągać się nad Wielkim Kanionem – i nie potrzeba do tego kleju.

Nie warto jednak się spieszyć z zamawianiem nieskończenie licznego zestawu klocków Jengi, aby to sprawdzić. Rzeczywiste przeszkody – niedoskonałości kształtów klocków, przepływ powietrza i olbrzymi ciężar nieskończonej budowli – mogą powstrzymać inżynierskie zapędy. Mimo to warto wiedzieć, dlaczego w matematycznie idealnym świecie zasięg klocków nie ma granicy. Wyjaśnieniem są dwa pozornie proste, ale bardzo istotne pojęcia – szereg harmoniczny i środek masy.

Intuicja może podpowiadać, że pojedynczy klocek może wystawać połową swojej masy poza krawędź stołu, zanim spadnie. Dlaczego tak się dzieje? Każde ciało ma środek masy – punkt, który możemy sobie wyobrazić jako skupiający całą masę ciała, gdy myślimy o jego równowadze. Dopóki środek masy znajduje się nad stołem, ciało pozostaje nieruchome. Gdy jednak przekroczy on krawędź, ciało runie w dół.

Na przykład łyżkę, której masa jest rozłożona nierównomiernie, możemy umieścić na brzegu stołu tak, że zanim spadnie, ponad połowa uchwytu będzie pozostawać na blacie, ponieważ środek masy znajduje się bliżej czerpaka, skupiającego większość masy. W naszym piętrowym moście wszystkie klocki są z założenia identyczne, a ich masa jest równomiernie rozłożona, więc środek masy każdego z nich znajduje się w jego środku geometrycznym.

Dodając kolejne klocki, musimy uwzględniać środek masy całego układu. Rozważmy układ dwóch klocków. Wiemy, że górny może sięgać połową swojej masy poza dolny. Ale jak daleko uda się wysunąć dolny?



Dla uproszczenia zakładamy, że każdy klocek ma długość 1 i masę 1. Zauważmy, że dolny klocek może teraz wystawać tylko jedną czwartą swojej długości (w porównaniu z połową, gdy był sam). W tym momencie środek masy górnego klocka i środek masy dolnego są równo oddalone od krawędzi stołu (środek masy dolnego znajduje się nad stołem ¼ od krawędzi, a środek masy górnego jest wysunięty o ¼ poza krawędź). Tak więc

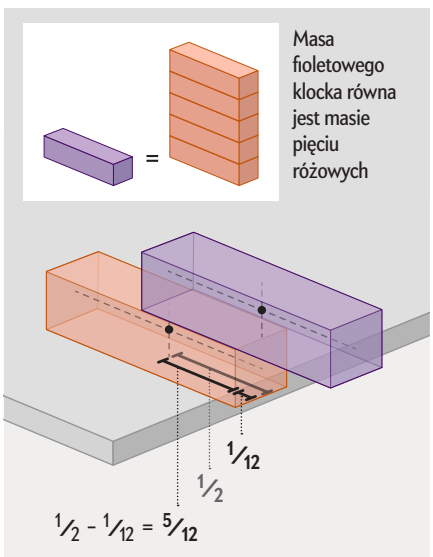
Jack Murtagh pisze o matematyce, w tym rekreacyjnej, m.in. w „Scientific American" i na portalu Gizmodo. Uzyskał doktorat z informatyki teoretycznej na Harvard University. Aktywny w serwisie X (@JackPMurtagh).

Grafika Amanda Montañez

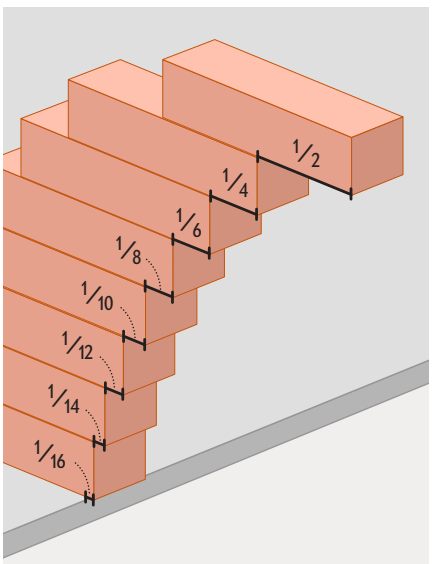
eprasa.pl 59f6966759

środek masy układu umieszczony jest idealnie nad krawędzią stołu, co zapewnia równowagę.

W miarę jak dodajemy klocki do konstrukcji, wyłania się pewien wzór. Górny (pierwszy) klocek wystaje 1/2 poza drugi (umieszczony pod nim), który z kolei wystaje 1/4 poza trzeci, ten zaś wysunięty jest o 1/6 za czwarty, czwarty o 1/8, a kolejne sięgają o 1/10, 1/12 itd. poza umieszczony bezpośrednio pod nimi. Aby zrozumieć dlaczego, posłużymy się innym przykładem. Załóżmy, że mamy stabilną wieżę złożoną z pięciu klocków i chcemy wsunąć pod nią szósty, a następnie wysunąć całą konstrukcję tak daleko, jak to możliwe. Pomocne będzie zastąpienie tego układu dwoma klockami: jednym o masie 5 i umieszczonym pod nim klockiem o masie 1. Najpierw przesuniemy ciężki klocek tak, aby jego środek masy znalazł się nad krawędzią dolnego. Teraz możemy przesunąć dolny klocek dokładnie o 1/12 poza krawędź stołu. Skąd taka wartość?



Odpowiedź ponownie sprowadza się do zrównoważenia środków masy dwóch klocków, ale tym razem górny klocek jest pięć razy cięższy, więc środek masy dolnego musi wypaść pięć razy dalej nad blatem, aby przeciwdziałać ciężarowi. To tzw. zasada dźwigni. Jej przejawem jest na przykład to, że trzymana w dłoni książka wydaje się tym cięższa, im dalej od siebie ją trzymamy. Odległość między środkiem masy górnego klocka a krawędzią stołu wynosi 1/12, a odległość dolnego klocka 1/2 – 1/12 = 5/12, czyli pięć razy więcej. Podobnie liczony jest nawis na każdym poziomie wieży.



Odpowiedź na nasze pytanie o zasięg wieżowego mostu sprowadza się więc do zsumowania wszystkich kolejnych nawisów. Gdy mamy 10 klocków, mogą one sięgać do 1/2 + 1/4 + 1/6 + 1/8 + 1/10 + 1/12 + 1/14 + 1/16 + 1/18 + 1/20, co odpowiada wystawaniu około 1,464 długości bloku poza krawędź. Aby ustalić, jak daleko można sięgnąć klockami, należy dodać nieskończenie wiele tych malejących składników. Otrzymane działanie jest uderzająco podobne do jednej z najbardziej znanych w matematyce sum nieskończonych – szeregu harmonicznego złożonego z odwrotności kolejnych liczb całkowitych: 1 + 1/2 + 1/4 + 1/4 + 1/5 +... – i tak w nieskończoność.

Łatwo zauważyć, że nawisy w problemie układania klocków stanowią dokładnie połowę każdego z powyższych składników: 1/2 + 1/4 + 1/6 + 1/8 + 1/10 + ...

Z analizy matematycznej wynika, że efektem dodawania nieskończenie wielu malejących składników może być jakaś skończona suma (szereg zbieżny) albo brak takiej sumy, gdy szereg jest rozbieżny do nieskończoności. Suma szeregu harmonicznego rośnie niezwykle wolno. Pierwsze 100 000 wyrazów sumuje się do około 12,1, a pierwszy milion daje niespełna 14,4. Mimo tak ślimaczego tempa suma wrazów szeregu harmonicznego rośnie bez ograniczeń – szereg jest rozbieżny*.

Każdy nawis w problemie układania klocków równa się połowie składnika w szeregu harmonicznym, a ponieważ pół nieskończoności to nadal nieskończoność, więc potencjalny nawis również nie ma granicy.

Oczywiście, zastosowanie czystej matematyki w praktyce zawsze wiąże się z problemami, więc problem układania klocków oferuje niełatwą zabawę zręcznościową: chodzi o takie ułożenie czterech klocków, aby górny sięgnął poza krawędź o więcej niż długość klocka (1/2 + 1/4 + 1/6 + 1/8 ≈ 1,042). Podjąłem się tego w domu, korzystając z kart do gry. Po kilku minutach cierpliwego manipulowania udało mi się doprowadzić „wieżę” do równowagi – z górną kartą całkowicie sięgającą poza blat i... poczułem się jak magik.

Sięgnięcie nawisem dwóch długości klocka wymagałoby 31 klocków, ale nawet 100 mln klocków nie dałoby nawisu o długości 10, ponieważ suma 100 mln początkowych wyrazów szeregu harmonicznego podzielona przez 2 równa jest około 9,5. Potrzeba więc sporo determinacji, żeby pokonać Wielki Kanion. Tu zaczyna dominować fizyka, kładąc kres matematycznej zabawie. Jednak w wyidealizowanych warunkach, gdy rządzi tylko środek masy i szereg harmoniczny, możliwości są nieograniczone. ■

* Rozbieżność szeregu harmonicznego jest dość nieintuicyjna (bo jego kolejne wyrazy są coraz mniejsze). Po raz pierwszy wykazał ją francuski duchowny i uczony Mikołaj z Oresme w XIV wieku i było to ważne osiągnięcie średniowiecznej matematyki. Jego elegancki dowód poszedł jednak w zapomnienie i po raz drugi rozbieżność szeregu harmonicznego udowodnił w XVII wieku Włoch Petro Mengoli, a 40 lat później Szwajcar Jacob Bernoulli, również sądząc, że jest pionierem (przyp. red.).

Ilustracja z pierwszej strony *Traité de l'espère* Mikołaja z Oresme przedstawiająca autora wraz ze sferą armilarną (sferycznym astrolabium).

WIKIPEDIA

eprasa.pl 59f6966759

Gramy Szekspira

czyli wstęp do problemistyki othello

MAREK PENSZKO

W LATACH 80. DO GRONA SPORTOWYCH GIER umysłowych (szachy, brydż, warcaby, go i kilka innych) doszlusowała nowość o szekspirowskiej nazwie othello (powszechnie przyjęła się angielska pisownia). Wymyślona, nazwana (nawiązanie do tytułu sztuki ma jakoby uzasadnienie w „czarno-białym dramatyzmie" rozgrywki i kolorze skóry protagonisty i antagonisty tragedii) i opatentowana w Japonii w 1971 roku stanowi niemal wierną kopię angielskiej gry reversi z końca XIX wieku. Bardzo proste reguły, skomplikowana, wielostopniowa, poniekąd przewrotna strategia oraz atrakcyjność wizualna związana z dynamiką i zmiennością sytuacji na planszy – wszystkie te cechy, wsparte intensywną popularyzacją i reklamą, zadecydowały o tym, że w krótkim czasie othello vel reversi podbiła świat. W wielu krajach organizowano turnieje, w których uczestniczyły tysiące graczy, a wkrótce zapoczątkowano mistrzostwa świata (w roku 1989 odbyły się w Warszawie) i powstała Światowa Federacja Othello (2005).

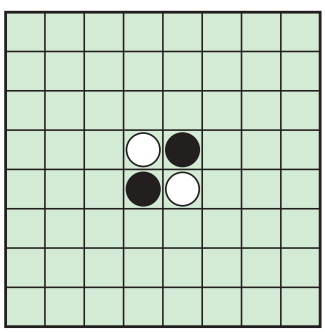
Marek Penszko, z wykształcenia inż. poligrafii, jest znawcą i popularyzatorem gier i rozrywek umysłowych, głównie matematyki rekreacyjnej. Współpracuje z wieloma czasopismami, m.in. pisze blog dla „Polityki".

Othello wciąż ma mocną pozycję wśród uznawanych za sportowe gier umysłowych (współcześnie wg ustawy „za sport uważa się również współzawodnictwo oparte na aktywności intelektualnej, którego celem jest osiągnięcie wyniku sportowego"), ale jednak jest to – podobnie jak inne nieklasyczne gry – pozycja niszowa. Wypada więc zacząć od przypomnienia reguł.

* * *

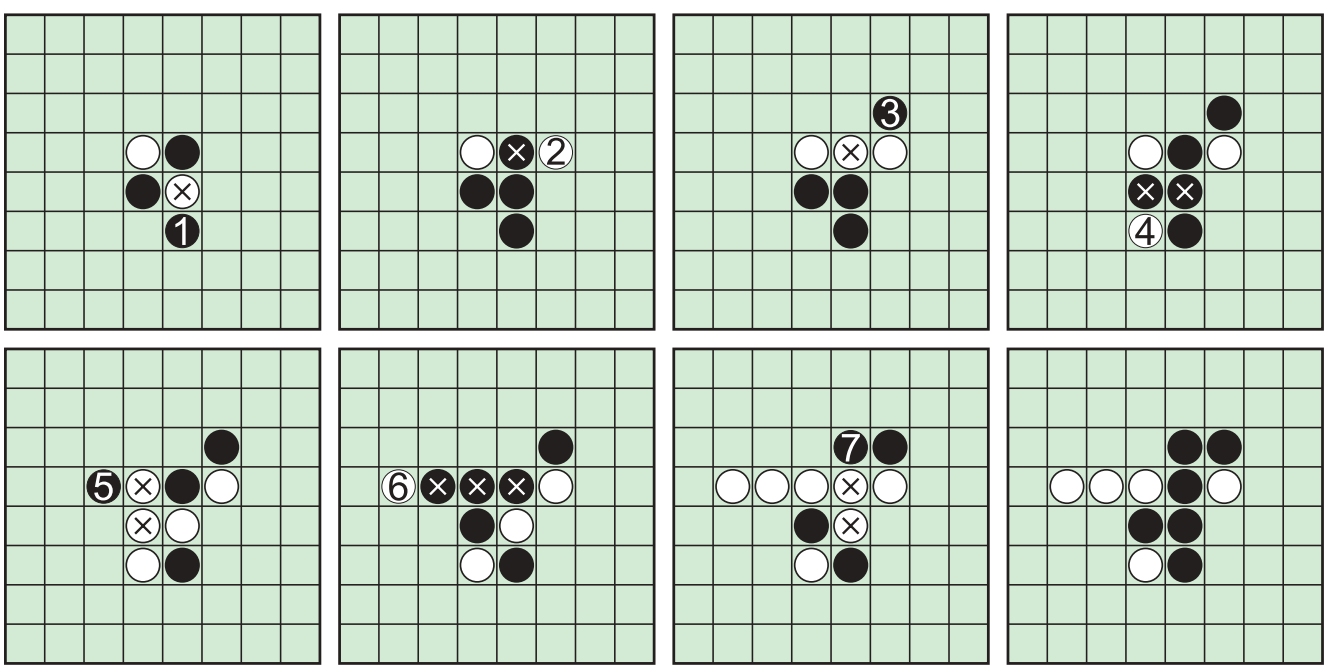
Rekwizytami są: plansza 8×8 i 64 okrągłe pionki-żetony – z jednej strony czarne, z drugiej białe. Na początku partii cztery żetony lokowane są na środku planszy – jak na rys. 1. Potem gracze na przemian umieszczają na planszy po jednym żetonie – jeden kładzie je czarną stroną do góry (czarne rozpoczynają), drugi białą. Następstwem każdego ruchu musi być wzięcie w kleszcze przynajmniej jednego żetonu przeciwnika (przeciwnego koloru). Wzięcie w kleszcze albo schwytanie powstaje, gdy wszystkie pola między dostawionym żetonem, a innym własnym – znajdującym się już na planszy w tym samym wierszu, kolumnie lub w tym samym ukośnym rzędzie – zajęte są przez żetony przeciwnika. Wszystkie tak „zakleszczone" w następstwie ruchu żetony są natychmiast odwracane, czyli jakby zmieniają właściciela. Jeśli chwytanie następuje w więcej niż jednym kierunku, to odwracane są żetony znajdujące się we wszystkich kleszczach.

Kto nie ma możliwości wykonania ruchu zakleszczającego – pauzuje. Gra kończy się, gdy żaden z graczy nie ma takiej możliwości. Wygrywa ten, czyich żetonów jest więcej na planszy. Gwoli jasności na rys. 2 oznaczonych jest 7 kolejnych początkowych ruchów przykładowej partii. Chwytane i odwracane w następstwie ruchu żetony oznaczone są krzyżykiem; w czwartym i piątym ruchu schwytanie i odwrócenie następuje w dwóch kierunkach.



Rys. 1

Podstawy strategii są proste, ale ogólnikowe; inaczej mówiąc, nie zawsze skuteczne. Można je ująć w dwóch zdaniach. Po pierwsze: staraj się dążyć do obsadzenia żetonami „mocnych" skrajnych pól planszy, bo odwrócenie żetonu stojącego przy brzegu jest niełatwe, a żetonu w rogu – niemożliwe. Po drugie: zachowaj umiar w trakcie

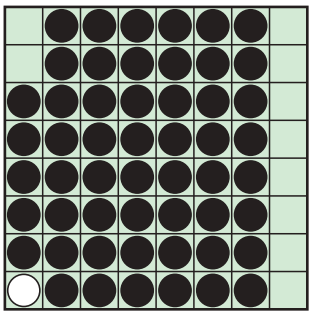


Rys. 2

Ilustracje Marek Penszko

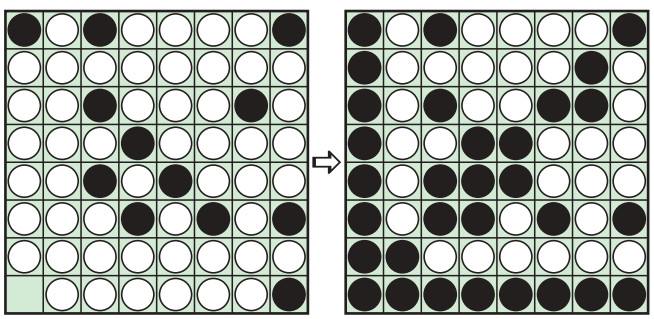
eprasa.pl 59f6966759

środkowej fazy gry (ruchy od 20 do 40), czyli nie staraj się za wszelką cenę odwracać jak największej liczby żetonów przeciwnika, aby w tej fazie „prowadzić”. Z tym drugim zaleceniem wiąże się znaczne skomplikowanie i przewrotność strategii.



Rys. 3

Przewaga liczebna w trakcie partii nie gwarantuje wygranej. Raczej przeciwnie, wiąże się z ryzykiem nagłych zmian prowadzących do wygranej przeciwnika. Na rys. 3 znajduje się typowy ekstremalny przykład takiej zmienności: czarne „prowadzą” 53:1, ale nie mają możliwości wykonania ruchu i nie będą jej miały do końca partii. Białe po serii 10 posunięć odwracają wszystkie czarne, doprowadzając do „pogromu” 64:0. Ten przykład ilustruje także moc pól narożnych. Nie zawsze jednak ta moc się ujawnia, o czym świadczy sytuacja na rys. 4 z lewej. Ostatni ruch czarnych – zajęcie czwartego rogu, gdy opanowane są przez nie trzy pozostałe – nie zapewni im wygranej, choć porażka będzie minimalna – 31:33 (*rys. 4 z prawej*).

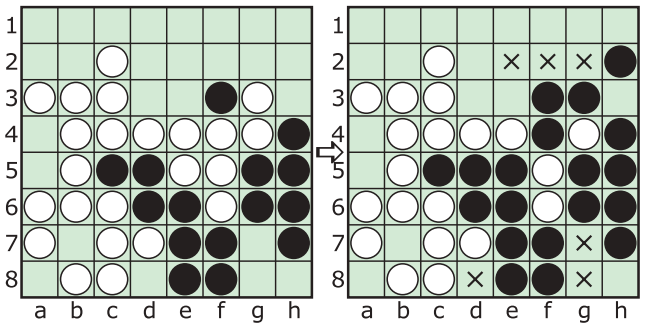


Rys. 4

* * *

Celem tego artykułu nie jest analizowanie praktycznej gry – jej aspektów strategicznych i sytuacji powstających w trakcie rozgrywki. To bardzo obszerny i wciąż w dużym stopniu niejasny temat. Skupimy się na związanych z grą zadaniach i łamigłówkach. Typowe zadania, polegające na szukaniu najlepszych ruchów, prowadzących do wygranej, wymagają na ogół, ze względu na zmienność sytuacji, korzystania z rekwizytów – rzeczywistych lub wirtualnych. Bardzo trudno „zobaczyć” zmianę układu żetonów nawet po dwóch–trzech ruchach. Niewiele osób dysponuje taką wyobraźnią. Zadanie jest prostsze wtedy, gdy przy dwóch–trzech ruchach wskazany jest konkretny cel – jak w szachowych dwu- i trzychodówkach. W typowych zadaniach celem jest znalezienie sposobu gry, gwarantującego zajęcie narożnego pola.

Na rys. 5 z lewej czarne powinny opanować któryś róg w trzech ruchach. Kluczowym startowym posunięciem w tej sytuacji jest ulokowanie czarnego żetonu na h2 i obrócenie trzech białych. Teraz białe dysponują sześcioma możliwościami ruchu – oznaczone krzyżykiem na rys. 5 z prawej. Cztery z nich (d8, g2, g7, g8) prowadzą do natychmiastowego zajęcia przez czarne któregoś rogu; natomiast po e2 lub f2 drugim ruchem czarnych jest h3, po którym białe nie są w stanie zapobiec zajęciu w trzecim ruchu rogu przez czarne.



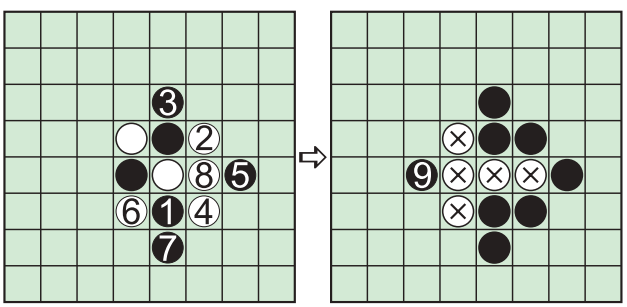
Rys. 5

* * *

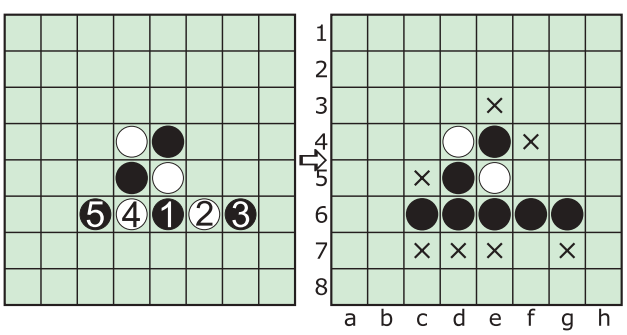
Z ilu ruchów składa się najkrótsza partia othello? To pytanie sprowadza dwuosobową grę do łamigłówki-wykładanki dla jednej osoby. Łamigłówka polega na umieszczaniu na planszy żetonów zgodnie z regułami gry (chwytanie w kleszcze i odwracanie) – zaczynając od pozycji startowej (*rys. 1*) – tak, aby ulokowanie żetonu jak najwcześniej okazało się niemożliwe.

Japońscy gracze jeszcze w połowie lat 70. ustalili, że minimum stanowi 9 ruchów, po których na planszy pojawia się 13 czarnych żetonów. Przebieg rozgrywki-wykładanki uznanej za najbardziej spektakularną i elegancką – ze względu na symetryczny, rombowy finalny układ kamieni – ilustruje rys. 6 z lewej strony; z prawej – ostatni ruch i efekt końcowy, który nastąpi po obróceniu białych żetonów z krzyżykiem.

Gdy do akcji wkroczyły komputery, okazało się, że różnych najkrótszych partii zakończonych 13 czarnymi żetonami jest aż 57. Mimo to znalezienie „na piechotę” choćby jednej nie jest łatwe. Znakomitym ćwiczeniem wyobraźni i logicznego myślenia może być natomiast zadanie polegające na dokończeniu takiej minipartii. Na przykład na rys. 7 z prawej pokazana jest sytuacja



Rys. 6

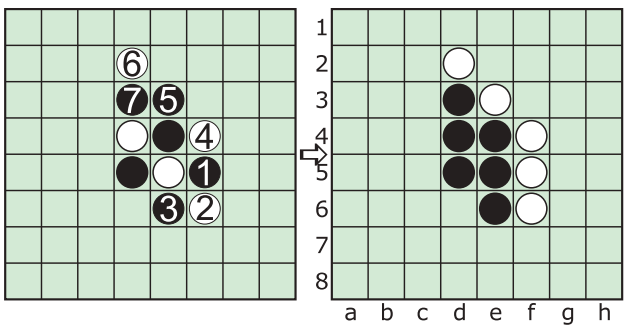


Rys. 7

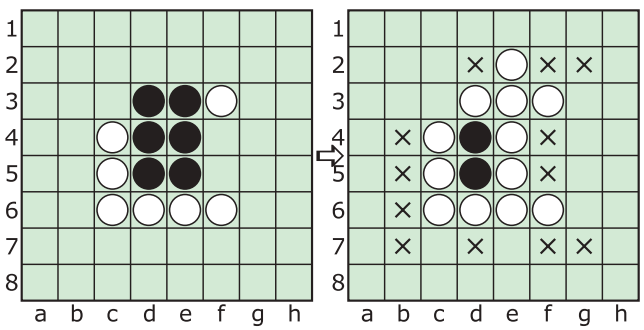
eprasa.pl 59f6966759

po pięciu ruchach oznaczonych z lewej strony. Jakie cztery ruchy (biały-czarny-biały-czarny) należy teraz wykonać, aby pozostało 13 czarnych żetonów? Pierwszy i drugi (szósty i siódmy) ruch są jednoznaczne; dalej białe mają cztery możliwości ósmego „samobójczego" posunięcia – po każdym tworzą rząd, który czarne mogą schwytać i odwrócić ostatnim dziewiątym ruchem. Zadanie nie jest łatwe dla początkujących, bo możliwych pierwszych ruchów białych jest siedem (krzyżyki), ale tylko jeden z nich jest tym „najgorszym". Który?

Skoro do odwrócenia wszystkich białych wystarcza dziewięć ruchów, to można przypuszczać, że łamigłówkę-wykładankę uda się zakończyć odwróceniem wszystkich czarnych w 10 ruchach. Istotnie – i taki jest cel zadania na rys. 8: po



Rys. 8



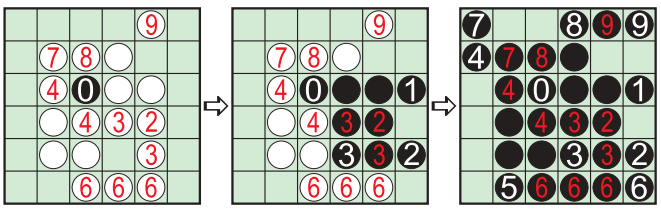
Rys. 9

siedmiu ruchach wskazanych z lewej strony powstała sytuacja jak na rysunku z prawej; jakie powinny być teraz trzy końcowe ruchy (biały-czarny-biały), po których na planszy pozostaną tylko białe żetony? Zadanie jest proste, choć ostatni „najgorszy" ruch czarnych, poprzedzający ostatni ruch białych, może być jednym z siedmiu możliwych.

Problemistyka othello obejmuje także zadania polegające na analizowaniu układu żetonów tworzonego niezależnie od gry, czyli nie powstającego w trakcie partii. Ciekawy przykład, łączący odwracanie wszystkich żetonów ze zdobywaniem rogu, znajduje się na rys. 9. Na lewej planszy jest 13 żetonów, zatem posunięcie przypada na białe. Gdzie powinny one umieścić żeton, aby albo zapewnić sobie szybką wygraną, albo zająć róg, co także stwarza dużą szansę na zwycięstwo? Rozwiązaniem jest ruch e2, po którym powstaje sytuacja widoczna na rys. 9 z prawej. Teraz czarne mają 12 możliwości ruchu (krzyżyki), ale nietrudno sprawdzić, że każdy z nich prowadzi albo do odwrócenia wszystkich czarnych albo do zajęcia rogu – natychmiast lub w kolejnym posunięciu.

* * *

Japońscy główkołamacze wymyślili kilka rodzajów zadań opartych na othello. Zapewne najciekawszym jest solothello – o dość oryginalnych, choć nieco zawiłych regułach.

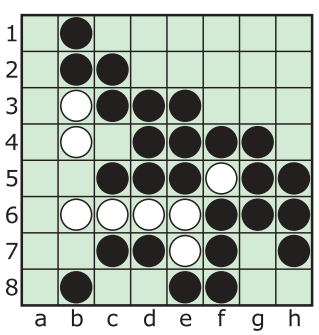


Rys. 10

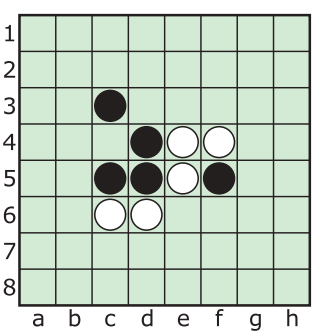
Na początku na diagramie znajduje się kilka lub kilkanaście białych żetonów i jeden czarny – zerowy. Zadanie polega na umieszczaniu w kolejnych ruchach po jednym czarnym żetonie na pustym polu zgodnie z regułą othello, a więc w każdym ruchu jakieś białe żetony muszą zostać schwytane i odwrócone, czyli zaczernione. Umieszczane czarne żetony są numerowane w kolejności ich kładzenia. Czerwona liczba na białym żetonie oznacza, po umieszczeniu którego czarnego żetonu ten biały powinien zostać schwytany i zaczerniony; na przykład żetony z czerwoną czwórką muszą zmienić się w czarne w następstwie umieszczenia czwartego czarnego żetonu – nie wcześniej i nie później. W których ruchach odwracać żetony bez cyfr (razem z numerowanymi lub oddzielnie) – to trzeba ustalić samemu. Po umieszczeniu n czarnych żetonów (n jest największą spośród czerwonych liczb) wszystkie białe powinny zmienić się w czarne. W przykładzie na rys. 10 przedstawione jest rozwiązanie w rozbiciu na dwa etapy – w pierwszym trzy początkowe ruchy, w drugim sześć kolejnych.

ZADANIA

1. Zadanie na rys. 11 jest dwuchodówką – zaczynają białe i opanowują któryś róg w drugim ruchu. W jaki sposób?



Rys. 11



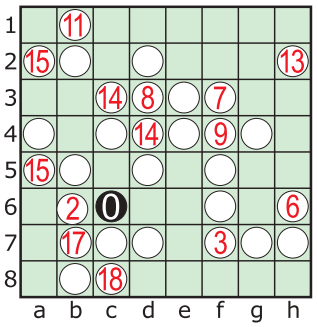
Rys. 12

2. Jakie trzy ruchy należy wykonać w sytuacji na rys. 12 – a właściwie, na których polach należy umieścić kolejno trzy żetony (czarny-biały-czarny) – aby po tych ruchach na planszy pozostały tylko czarne żetony?

3. Łamigłówka na rys. 13 to solothello. Jej reguły opisane są pod koniec artykułu. W rozwiązaniu wystarczy podać

eprasa.pl 59f6966759

współrzędne czterech środkowych ruchów w ciągu wykonywanych 18, czyli od ósmego do jedenastego. Trzy początkowe ruchy są łatwe do oznaczenia; dalej zaczyna się twardawy orzeszek.



Rys. 13

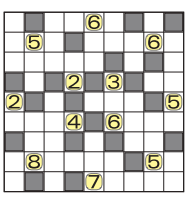
*Rozwiązania prosimy nadsyłać do 30 listopada 2025 roku pocztą elektroniczną (*redakcja@swiatnauki.pl*), wpisując w temacie e-maila hasło* ***UG 11/25****.*

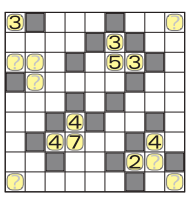
Spośród autorów poprawnych rozwiązań przynajmniej dwóch zadań wyłonimy pięciu zwycięzców i nagrodzimy ich książką Superkonwergencja. Jak rewolucje w genetyce, biotechnologii i AI mogą odmienić nasze życie *Jamiego Metzla ufundowaną przez Wydawnictwo Helion. Warunkiem udziału w konkursie jest zamieszczenie w e-mailu z odpowiedzią oświadczenia:*

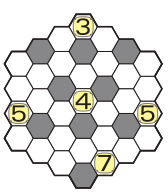
Zapoznałam/em się z regulaminem konkursu i akceptuję jego treść oraz wyrażam zgodę na przetwarzanie danych osobowych na potrzeby realizacji konkursu.

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

ROZWIĄZANIA ZADAŃ Z NUMERU WRZEŚNIOWEGO


Rys. 14


Rys. 15


Rys. 16

1. 21 ciemnych pól (*rys. 14*).
2. 19 ciemnych pól (*rys. 15*).
3. 9 ciemnych pól (*rys. 16*).

Za poprawne rozwiązanie przynajmniej dwóch zadań książkę Tao Tao Liu *Chiny. Przewodnik po herosach, smokach i świętych rzekach*, ufundowaną przez Wydawnictwo Poznańskie, otrzymują: Małgorzata Frankowska z Kielc, Elżbieta Jakubowska i Piotr Mesyjasz z Warszawy, Andrzej Pańka z Brześcia Kujawskiego oraz Mariusz Trzyna z Hyżnego.

Rozwiązanie zagadki matematycznej ze strony 12

Węzłami trywialnymi (niewęzłami) są: zielony w parze pierwszej i fioletowy w parze drugiej. Odpowiednikami są: fioletowy w parze pierwszej i drugi dolny oraz zielony w parze drugiej i czwarty dolny.

Co rodzice powinni wiedzieć o social mediach

Zawodowo zajmuję się badaniem platform społecznościowych i mogę dać rodzicom kilka porad, jak pomóc dzieciom bezpiecznie z nich korzystać LAURA EDELSON

FreshSplash/Getty Images

W PIĄTKOWE POPOŁUDNIA, tuż przed przyjazdem szkolnego autobusu, przychodzi do mnie moja mama. Idzie do kuchni, żeby zrobić sobie herbatę; po kilku minutach zjawia się mój nastoletni syn. Zamieniają z babcią kilka zdań, ale prędzej czy później syn pyta, czy może pooglądać filmy na YouTubie na jej tablecie. Siadają więc razem na kanapie i oglądają filmiki ludzie grających w Minecrafta czy Super Mario Odyssey – albo w jakieś połączenie obu – aż do momentu, gdy ja i mąż kończymy pracę, czyli przez mniej więcej godzinę.

Czasem zaglądam im przez ramię: na ekranie przewijają się filmiki z raptownymi cięciami i ekstremalnymi zbliżeniami, autorstwa ludzi, których nazwisk nigdy nie słyszałam (choć mają miliony subskrybentów). Zajmuję się badaniem mediów społecznościowych zawodowo, a jednak sama zadaję sobie pytanie: czy to w porządku, że mój syn to ogląda? Gdyby istniał odpowiednik fast foodu dla mózgu, to właśnie te filmiki mogłyby nim być.

Oczywiście, nie wprowadzam w domu całkowitego zakazu korzystania z Internetu i nie zalecam tego innym rodzicom. Ale wiem z pracy, jak mało przejrzystości oferują platformy społecznościowe – zarówno rodzicom, jak i dzieciom – w kwestii tego, jak działają ich systemy i jak wielkie szkody może wyrządzać ta nieprzejrzystość. W jednym z badań nad algorytmami, które sterują tymi platformami – tzw. algorytmami feedów – odkryliśmy, że tylko jedna z dużych platform, X (dawniej Twitter), publicznie

eprasa.pl 59f6966759

ujawnia szczegóły swojego działania. To zdecydowanie nie jest w porządku.

Są jednak i dobre wieści: niezależne badania, prowadzone poza kontrolą platform, coraz lepiej pokazują, gdzie leżą największe zagrożenia dla dzieci i nastolatków oraz co mogą zrobić rodzice, żeby je ograniczyć. Zrozumienie, jak zaprojektowane są te systemy, i rozmowa o tym z dzieckiem to jedne z najpotężniejszych narzędzi, jakie mamy, by zapewnić rodzinie bezpieczeństwo i wsparcie online.

Są trzy rzeczy, które każdy rodzic powinien wiedzieć o mediach społecznościowych i przedyskutować je z dzieckiem.

Po pierwsze: twój nastolatek nie jest klientem – jest produktem. Mówię „nastolatek", bo teoretycznie dzieci poniżej 13 roku życia nie powinny w ogóle korzystać z platform społecznościowych. Firmy zarabiają nie tylko na reklamach, lecz także na gromadzeniu niezwykle szczegółowych danych o tym, co twoje dziecko ogląda i jak reaguje, a następnie na sprzedaży tej wiedzy reklamodawcom, którzy liczą, że uda się zdobyć pieniądze dziecka dziś albo wychować w nim przyszłego lojalnego konsumenta. Po ukończeniu 18 lat firmy mogą dodatkowo sprzedawać dane młodych ludzi brokerom danych (tak samo jak twoje). Pamiętaj: w mediach społecznościowych prawdziwym klientem są reklamodawcy, nie ty ani twoje dziecko.

Co możesz zrobić:

- Po pierwsze, porozmawiaj z dzieckiem o tym, jak działa model biznesowy platform. Wytłumacz, że to jego uwaga i zaangażowanie są towarem na sprzedaż.
- Zapytaj nastolatka, czego właściwie szuka w mediach społecznościowych: kontaktu ze znajomymi, rozrywki, wiedzy o trendach, grach, sporcie? Ustalcie wspólnie, jak może świadomie korzystać z platform i jak możesz mu w tym pomóc.
- Razem przejrzyjcie ustawienia prywatności i preferencji reklamowych. Porozmawiajcie o tym, co one oznaczają i jakie ustawienia będą najlepsze dla dziecka – i całej rodziny.

Po drugie: algorytmiczne feedy mają jeden cel – maksymalizować czas spędzony na platformie, nie dobrostan użytkownika. Każda duża platforma używa algorytmów feedów, by jak najdłużej zatrzymać użytkownika: podsuwa treści, które mogą spodobać się najbardziej, i zachęca do dalszego przewijania, oglądania i klikania. Nie istnieje coś takiego jak „górny limit" korzystania, do którego platforma dąży algorytmy zawsze będą próbowały skłonić użytkownika do jeszcze większej aktywności. Platformy precyzyjnie dostrajają to, co pokazują, począwszy od tematów i długości filmów, a skończywszy na częstości powiadomień. Algorytmy uczą się błyskawicznie i dostosowują treści do tego, co przyciąga uwagę użytkownika.

Sądzę, że nawet najbardziej zakochany w mediach społecznościowych nastolatek zrozumie, że co za dużo, to niezdrowo.

Co możesz zrobić:

- Wytłumacz dzieciom, jak działają feedy i algorytmy. Możesz wykorzystać dostępne materiały edukacyjne, na przykład „feed cards", które stworzyliśmy, by pokazać mechanizmy platform takich, jak TikTok, YouTube czy Facebook.
- Poproś dzieci, by pokazały ci swój feed i razem go przewińcie. Spróbujcie „zhakować" algorytm: oglądajcie inne treści i obserwujcie, jak szybko system dostosuje rekomendacje.
- Ustal rozsądne limity korzystania z Internetu – nie musisz całkowicie zakazywać social mediów. Algorytmy zawsze będą kusić, by używać ich więcej, a nie każdy nastolatek potrafi sam się powstrzymać, nawet gdy treści wywołują negatywne emocje. Czy coś, co zobaczyłeś na X lub Facebooku, doprowadziło cię kiedyś do szewskiej pasji? Jeśli tak, to prawdopodobnie właśnie o to chodziło – treści wywołujące wściekłość działają. Ale jeśli masz powyżej 25 lat, twoja kora przedczołowa jest już w pełni rozwinięta; pomyśl więc, jak może zareagować nastolatek. Rozmawiaj ze swoimi dziećmi i ustal rozsądne granice: jak późno wieczorem mogą korzystać z mediów społecznościowych oraz ile czasu mogą na to poświęcać ogółem. Korzystaj z narzędzi wbudowanych w aplikacje, by ustawić limity, ale pamiętaj, że dzieci często potrafią je obejść – dlatego zwracaj też uwagę na to, gdzie znajduje się urządzenie dziecka.

Po trzecie: moderacja treści istnieje, ale nie można na niej polegać.

Naturalne jest założenie, że platformy usuwają szkodliwe materiały, zanim twoje dziecko zdąży je zobaczyć. Jednak badania i ankiety pokazują, że nawet młodsze nastolatki regularnie natrafiają na treści, które ich niepokoją. Dlaczego? Bo wprawdzie platformy usuwają dużo treści, ale, jak wynika z moich badań, często dopiero po tym, jak algorytmy feedów zdążyły już rozpowszechnić szkodliwe materiały wśród setek tysięcy użytkowników.

Co możesz zrobić:

- Nie zakładaj, że „system" wszystko odfiltruje. Tak nie jest.
- Zadawaj otwarte pytania o doświadczenia dziecka: „Co najfajniejszego zobaczyłeś w tym tygodniu na TikToku?", „Czy coś cię zaniepokoiło albo zdezorientowało?"
- Pamiętaj, że różne platformy mają różne zasady i różnie je egzekwują. Jeśli twoje dziecko stale trafia na niepokojące treści, może warto rozważyć zmianę platformy albo przerwę w korzystaniu.

Nie będę udawać, że cokolwiek z tego jest proste. Moje badania wskazują, że narzędzia „przejrzystości" oferowane przez platformy są trudne do użycia i zrozumienia. Ale rodzice mogą dać dzieciom szansę na zdrową relację z mediami społecznościowymi, jeśli będą zaangażowani, zainteresowani i konsekwentni. Na koniec kilka żelaznych, nienegocjowalnych zasad, które warto wprowadzić, aby uchronić dzieci przed potencjalnymi zagrożeniami:

- Żadnych telefonów ani dostępu do social mediów w sypialni dziecka w nocy. Sen jest ważniejszy niż nocne maratony na Snapchacie.
- Bezwzględny zakaz zawyżania wieku przez dziecko przy zakładaniu kont ani wybierania profilu „dla dorosłych", jeśli nie mają jeszcze 18 lat. Między kontami dla nastolatków a dla dorosłych są istotne różnice w ustawieniach prywatności i w działaniu algorytmów.

Jestem badaczką i jednocześnie rodzicem. Stale się uczę. Ale wiem jedno: są sposoby, żeby pomóc nastolatkom korzystać z Internetu bezpieczniej i mądrzej. Żeby to się jednak udało, potrzebują jednak zaangażowanych rodziców i jasnych zasad. ■

Laura Edelson jest naukowcem informatykiem na Northeastern University, gdzie bada przejrzystość mediów społecznościowych oraz systemy rekomendacji treści. Można ją śledzić na X @LauraEdelson2 lub na Bluesky @whiskeyocelot.bsky.social

eprasa.pl 59f6966759

POSZERZAMY HORYZONTY

Już w sprzedaży w punktach z prasą

Numer 11/2025
KUP TERAZ

Bieżące wydanie możecie kupić także we wszystkich sklepach sieci Lidl.

Prenumerata cyfrowa:
projektpulsar.pl

Prenumerata papierowa:
sklep.polityka.pl/wiz

eprasa.pl 59f6966759

Marzenia o fuzji

Naukowcy udoskonalają trzy główne modele reaktorów termojądrowych

Tekst CLARA MOSKOWITZ
Grafika MATTHEW TWOMBLY

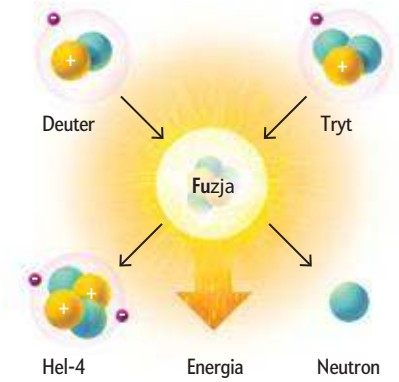
SYNTEZA JĄDROWA to obietnica ekologicznej energii w praktycznie nieograniczonej ilości – jeśli tylko uda nam się ją poskromić. W jądrze Słońca synteza jądrowa zachodzi cały czas. Aby jednak odtworzyć ten proces na Ziemi, musimy nauczyć się kontrolować niezwykle gorącą, chaotyczną materię o wyjątkowo dużej gęstości.

Na świecie testuje się prototypy kilku różnych reaktorów termojądrowych. Przykładowo, w National Ignition Facility (NIF) w Lawrence Livermore National Laboratory w Kalifornii do wywołania syntezy jądrowej w małej kulce paliwa wykorzystuje się lasery. W tokamakach, takich jak International Thermonuclear Experimental Reactor (ITER) we Francji, do skupienia i podgrzania plazmy do gęstości i temperatury niezbędnych do zapoczątkowania fuzji używa się pól elektromagnetycznych. Z kolei w stellaratorach, takich jak eksperymentalny reaktor Wendelstein 7-X w Niemczech, stosuje się komory przypominające kilkakrotnie skręconą wstęgę Möbiusa.

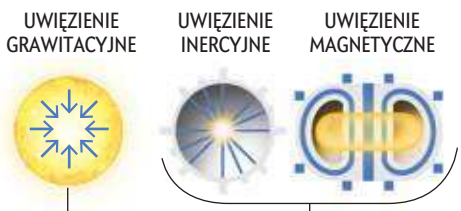
Jest jeszcze zbyt wcześnie, aby stwierdzić, czy w którejkolwiek z tych metod uda się przezwyciężyć problemy i uzyskać niezawodne źródło energii, jednakże motywacja do osiągnięcia tego celu jest oczywista. „Potrzeba jest matką wynalazków – mówi Laura Berzak Hopkins, pełniąca funkcję zastępcy dyrektora laboratorium w należącym do Departamentu Energii Princeton Plasma Physics Laboratory (PPPL). – Rośnie zapotrzebowanie na energię i zmienia się klimat, a synteza jądrowa jest sposobem, dzięki któremu możemy rozwiązać oba te problemy”. ■

CZYM JEST FUZJA?

Fuzja jądrowa to proces, w którym dwa jądra atomów łączą się, tworząc większe jądro (o nieco mniejszej masie) oraz uwalniając energię.



Aby dało się podtrzymać fuzję, materia musi osiągnąć określoną temperaturę i gęstość i trwać się w tym stanie przez dłuższy czas. Istnieją trzy sposoby spełnienia tych warunków.



W gwiazdach grawitacja jest wystarczająco silna, aby utrzymywać materię w odpowiedniej temperaturze i gęstości przez czas wystarczająco długi dla podtrzymania fuzji.

Na Ziemi istnieją dwie strategie odtworzenia warunków panujących w gwiazdach: uwięzienie inercyjne i magnetyczne. Niestety, w przypadku obu tych metod nadal występują trudności z uzyskaniem większej ilości energii z fuzji, niż potrzeba do podtrzymania reakcji.

Celem jest uzyskanie większej ilości energii z układu, niż się do niego wkłada.

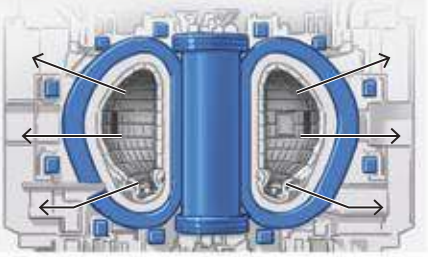
Eksperymenty przeprowadzone w 2022 roku w NIF – ośrodku stosującym **uwięzienie inercyjne** – dostarczyły dowodów na słuszność koncepcji. Udało się uzyskać więcej energii z syntezy jądrowej, niż dostarczyły wiązki laserów, inicjując reakcję, jednak wytworzenie wiązek wymagało sto razy więcej energii, więc bilans nie był dodatni.

W ostatnich eksperymentach z wykorzystaniem **uwięzienia magnetycznego** również nastąpił postęp. Dwa różne urządzenia — stellarator i tokamak — utrzymały rozgrzaną plazmę w odpowiedniej temperaturze i gęstości przez prawie minutę, bijąc nowe rekordy. Dlaczego jest to ważne? Utrzymanie paliwa we właściwych warunkach przez dłuższy czas stanowi ogromne wyzwanie. Aby to zrozumieć, przyjrzyjmy się konkretnemu przykładowi.

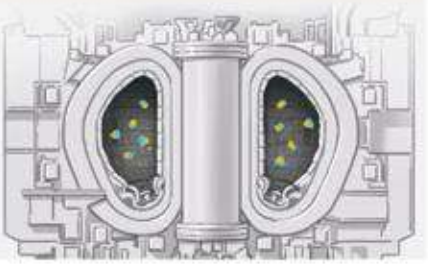
UWIĘZIENIE MAGNETYCZNE

W reaktorach typu tokamak – takich, jak ogromny ITER, który wciąż jest w budowie – wykorzystuje się komory w kształcie torusa. W uproszczeniu działają one następująco:

1 Z komory usuwa się gaz i wytwarza wysoką próżnię, a następnie uruchamia elektromagnesy nadprzewodzące wokół zbiornika.



2 Do próżni wstrzykuje się niewielką ilość deuteru i trytu.



W CZYM TKWI PROBLEM?

Proces wydaje się prosty. Dlaczego więc jest tak trudny?

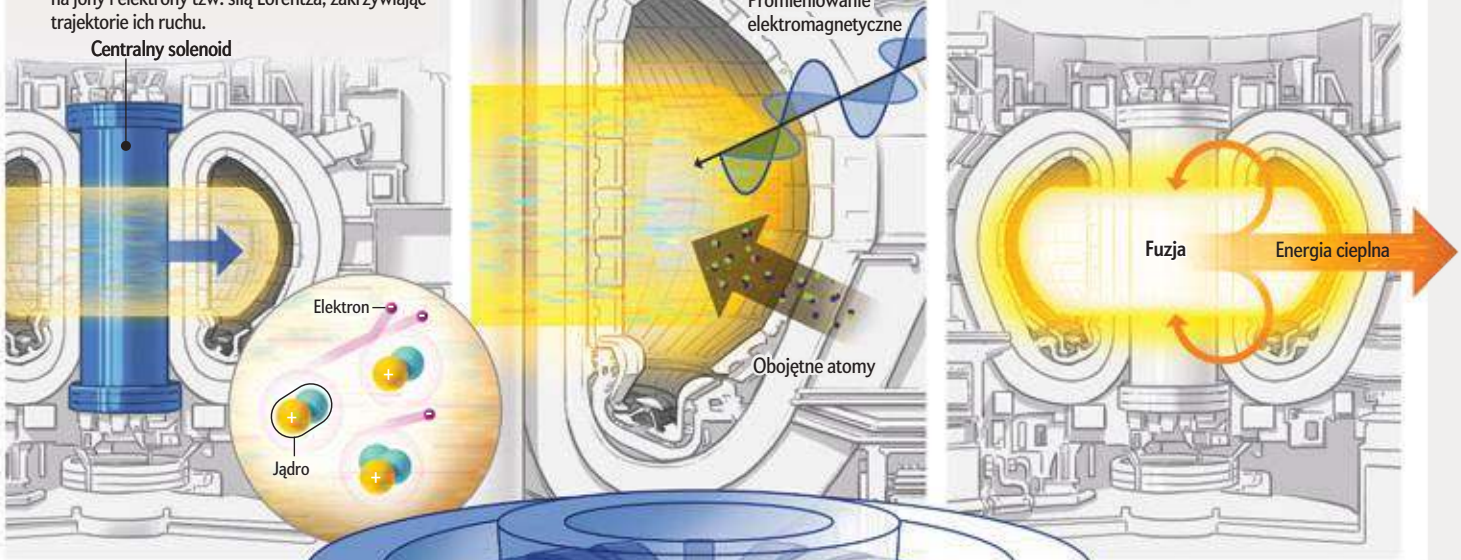
Pozostawiona sama sobie plazma jest turbulentna i niejednorodna z obszarami o różnej temperaturze, przez co powstają prądy konwekcyjne. Takie turbulencje przenoszą ciepło z centrum plazmy na jej obrzeża, co osłabia reakcje syntezy jądrowej.

eprasa.pl 59f6966759

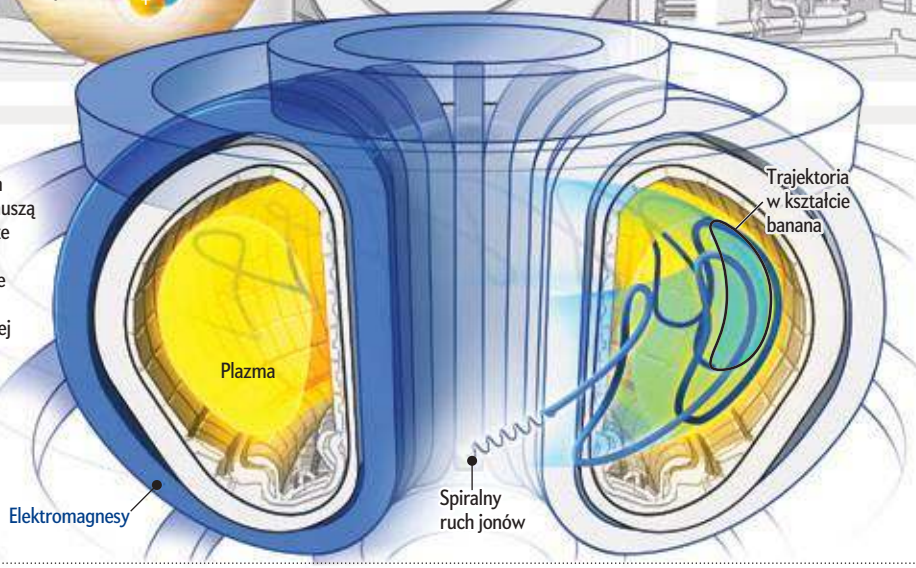
3 Za pomocą pola magnetycznego wytworzonego przez nadprzewodzące elektromagnesy ściska się gaz, a następnie silnie podgrzewa, aż od atomów odrywają się elektrony – powstają naładowane dodatnio jony i swobodne elektrony, czyli zjonizowany gaz, inaczej plazma. Przewodząca prąd plazma stanowi z centralnym solenoidem rodzaj transformatora. Prąd przepuszczany przez solenoid indukuje przepływ prądu w plazmie (tzw. grzanie omowe). Pole elektromagnetyczne oddziałuje na jony i elektrony tzw. siłą Lorentza, zakrzywiając trajektorie ich ruchu.

4 Plazmę podgrzewa się do temperatury termojądrowej (150 mln °C), dodatkowo wstrzykując do niej wiązki wysokoenergetycznych obojętnych cząstek na przykład atomów wodorowych, które przekazują energię cząstkom plazmy.

5 Wraz ze wzrostem temperatury wzrasta gęstość i energia plazmy, co prowadzi do zderzeń cząstek i rozpoczęcia procesu syntezy jądrowej. Część energii uwolnionej w każdej reakcji jest wykorzystywana do podgrzania świeżego paliwa, co pozwala na kontynuowanie procesu syntezy. Celem jest odprowadzenie większości ciepła z reaktora i wykorzystanie go do wytworzenia energii elektrycznej, na przykład za pośrednictwem turbin parowych.



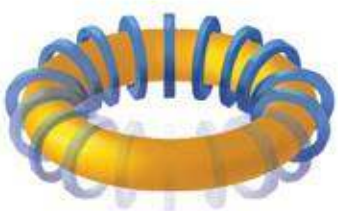
Naukowcy starają się zwiększyć liczbę zderzeń cząstek w plazmie, ale muszą unikać zderzeń cząstek ze ścianami reaktora. Silne pole elektromagnetyczne utrzymuje ruch plazmy wewnątrz torusa na mniej więcej kolistym torze.



Jednak po bliższym zbadaniu okazuje się, że trajektorie cząstek są nieco bardziej skomplikowane. Różne kształty plazmy mają swoje zalety i wady pod względem maksymalizacji temperatury i gęstości. W plazmie wewnątrz tokamaka cząstki poruszają się zasadniczo na dwa sposoby: ruchem spiralnym (helical move) oraz po torze w kształcie banana.

Różne kształty i rozmiary reaktorów skutkują odmiennymi trajektoriami plazmy i mają różne wady i zalety.

We wszystkich tokamakach istotną rolę w kontrolowaniu plazmy i podwyższaniu jej temperatury odgrywa centralny solenoid. **W tradycyjnych tokamakach w kształcie torusa** jest sporo miejsca pośrodku, co pozwala, aby był on duży i izolowany od gorącej plazmy.



W tokamakach sferycznych, takich jak znajdujący się w PPPL National Spherical Torus Experiment-Upgrade (NSTEU), obszar centralny jest mniejszy niż w tradycyjnych. Są one bardziej kompaktowe, mogą skuteczniej więzić plazmę i są tańsze w budowie, jednakże mniejszy obszar pośrodku ogranicza rozmiary solenoidu, co może utrudniać generowanie prądu w plazmie.

W stellaratorach nie ma centralnego solenoidu. Zadanie kontrolowania trajektorii plazmy wykonują magnesy umieszczone na ścianie komory. Osiągnięcie odpowiedniej temperatury może być jednak trudne.

Ponieważ zapotrzebowanie ludzkości na energię jest wysokie i stale rośnie, prawdopodobnie zastosowanie znajdzie wiele modeli. „Jestem przekonana, że fuzja jest nam potrzebna – mówi Berzak Hopkins z PPPL – i dlatego jestem pewna, że uda nam się rozwiązać problem syntezy jądrowej".

eprasa.pl 59f6966759

50, 100 i 150 lat temu

1975 SILNIKI NA LATA OSIEMDZIESIĄTE

„Autorzy obszernego badania przeprowadzonego przez Jet Propulsion Laboratory stanowczo zalecają uruchomienie programu o wartości miliarda dolarów, mającego na celu opracowanie nowego silnika samochodowego do wprowadzenia na rynek do 1985 roku. Po stwierdzeniu, że samochód zachowa swoją dominującą rolę w transporcie osobistym w dającej się przewidzieć przyszłości, badacze doszli do wniosku, że dwa silniki – turbina gazowa i silnik Stirlinga – obiecują znacznie większą oszczędność paliwa niż tak szeroko dyskutowane silniki alternatywne, jak silnik wysokoprężny, silnik Rankine'a (parowy), napęd całkowicie elektryczny, hybrydowy czy jakkolwiek zmodernizowany obecnie powszechnie stosowany silnik czterosuwowy Nicoalusa Otto. W pełni rozwinięty silnik turbinowy powinien zapewnić około 22% więcej mil na galon niż równoważny maksymalnie ulepszony silnik Otto, a silnik Stirlinga jeszcze więcej – o około 35%."

1925 JAK ZMIENIĆ RTĘĆ W ZŁOTO

„W 1924 roku profesor Adolf Miethe z Charlottenburskiej Wyższej Szkoły Technicznej w Niemczech ogłosił, że rozwiązał odwieczny problem przeobrażania jednego z metali nieszlachetnych w złoto. Jeśli odpowiednia ilość czystej rtęci była przez kilka godzin wystawiana na działanie silnego łuku elektrycznego wewnątrz kwarcowego naczynia, niewielka część tej rtęci miała się przekształcać w złoto. Jeśli to prawda, eksperyment stanowiłby naukową rewolucję. Czując się zobowiązaną do poznania prawdy, redakcja „Scientific American" zorganizowała wszechstronny i dokładny test w laboratoriach New York University. Prace rozpoczęto w grudniu 1924 roku i kontynuowano, a „Scientific American" dostarczył część niezbędnych funduszy. Można już ogłosić: całkowite fiasko – nie udało się potwierdzić transmutacji rtęci w złoto."

ZAKRĘCONA PIŁKA

„Dajemy czytelnikom najlepsze odpowiedzi, jakie zna nauka, a potem – 50 lat później – duch naszych słów czasem powraca, by nas dręczyć. Niedawno w „New York Telegram" zacytowano wiceprezesa firmy A.G. Spalding and Brothers, Johna Doyle'a: »W wydaniu ‚Scientific American' z 28 lipca 1877 roku pojawiło się pytanie, czy naukowo jest możliwe rzucenie piłki baseballowej tak, aby zakreśliła poziomą krzywiznę w powietrzu. Odpowiedź redakcji brzmiała: Nigdy tego nie widzieliśmy.« To doprowadziło do długiej publicznej dyskusji, która ostatecznie zakończyła się praktycznym pokazem podkręconego rzutu na boisku baseballowym w Cincinnati 20 października 1877 roku. Od tamtego dnia zanotowaliśmy inne podkręcone rzuty, które wydawały się nam zarówno nauką, jak i doprowadzoną do perfekcji sztuką."

1975, percepcja źrenic: „Fotografie dwóch kobiet zostały poddane retuszowi tak, aby każda z nich miała na jednym zdjęciu duże źrenice, a na drugim małe. Mężczyznom pokazano osiem różnych par zdjęć i poproszono, by wskazali, na którym kobieta wydaje się sympatyczna, egoistyczna, szczęśliwa, gniewna itd. Kiedy pytanie dotyczyło pozytywnej cechy, badani zwykle wybierali kobietę z dużymi źrenicami; przy cechach negatywnych – tę z małymi."

STEROWIEC ZŁAMANY NA PÓŁ

„Sterowiec Shenandoah został zniszczony nad Ohio podczas gwałtownej burzy z piorunami, która wyrzuciła go w górę na wysokość 4000 stóp. Nagle powstało silne naprężenie zginające. Dowódca Lansdowne upuszczał gaz, kierując dziób w dół przy pracujących silnikach. Statek spadał tak szybko, że trzeba było wyrzucić balast wodny i zarządzić zrzut gazowych zbiorników. Lot został wyrównany na wysokości około 3000 stóp, ale nagle statek złamał się na pół. Integralność tej delikatnej konstrukcji zależy od stałego podparcia przez ciśnienie gazu w workach. Opróżni się dwa lub trzy worki i sterowiec zwiotczeje i się przełamie. Złamał się również w pobliżu gondoli sterowej, która została oderwana i spadła, zabijając wszystkich znajdujących się w środku. Sekcja o długości 75 stóp, z opróżnionymi workami gazowymi, runęła w dół, wyrzucając pasażerów. Odciążony dziób uniósł się, a załoga, regulując zawory, sprowadziła go na ziemię, ratując osoby w tej części."

1875 TRUJĄCA TAPETA

„Często odnotowywano przypadki zatrucia arszenikiem spowodowanego przebywaniem w pomieszczeniach, których ściany pokryto papierem barwionym na zielono arseninem miedzi. Ostatni przypadek – pisze profesor Cameron – został spowodowany wdychaniem pyłu z papieru, który nie był zielony. Rodzina pana Jonesa z New Ross w Irlandii miała tak poważnie objawy typowe dla zatrucia arszenikiem, że skłoniło go to do oddania tapet z domu do zbadania. Spośród siedmiu rodzajów papieru sześć zawierało arsen."

Scientific American, tom 233, nr 5, listopad 1975

eprasa.pl 59f6966759

ŚWIAT NAUKI

POLSKA EDYCJA

SCIENTIFIC AMERICAN

W NUMERZE GRUDNIOWYM

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

a ponadto:

Neurologia moralności
Przeciwzapalne suplementy
Zaginiony somalijski meteoryt

Prócz tego:

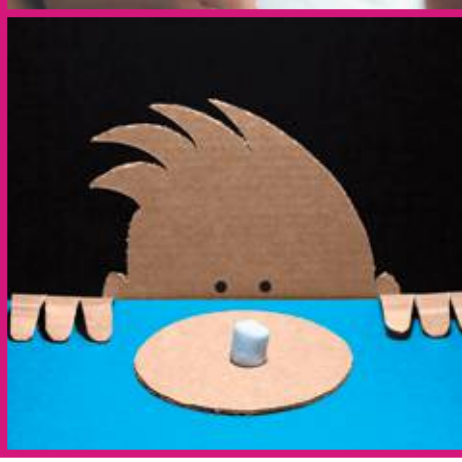
RAPORT SPECJALNY

Iskierka nadziei dla chorych na alzheimera

Oraz:

Dlaczego nie pamiętamy wczesnego dzieciństwa
Świetlne kosmiczne echa
Ziemia się miejscami wybrzusza – z naszej przyczyny
Czy sztuczna inteligencja zastąpi matematyków?
Ćwiczenia fizyczne a rak

**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 grudniowy dostępny od 19 listopada

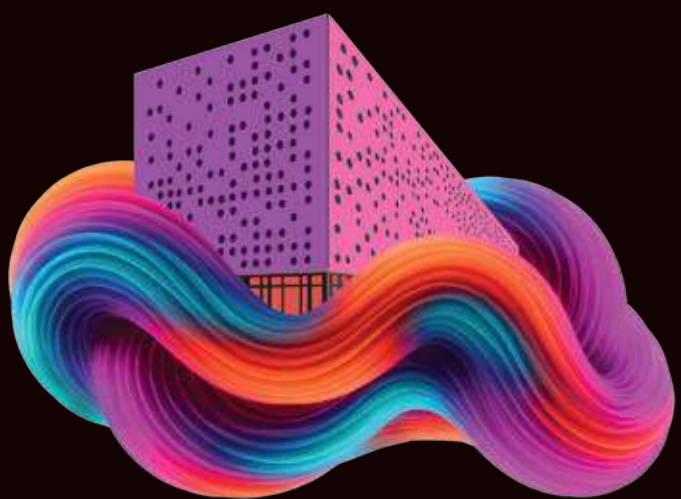
eprasa.pl 59f6966759

Politechnika Wrocławska

80 lecie
POLITECHNIKA WROCŁAWSKA
1945-2025

AI

TEŻ U NAS STUDIUJE



Więcej na:

REKRUTACJA.PWR.EDU.PL

Znajdziesz nas też na: