TWOJE pismo o nauce

POMÓC OPALONEJ SKÓRZE

CENNA KORA

RATUJMY SWIFTA

WIEDZA I ŻYCIE

WRZESIEŃ 2026 nr 9 (1101)
CENA 18,00 ZŁ (w tym 8% VAT)
projektpulsar.pl
ukazuje się od 100 lat

EGZOSZKIELET zamiast wózka

ŻYCIE do góry nogami

POWRÓT z zaświatów

F-35 dla Polski

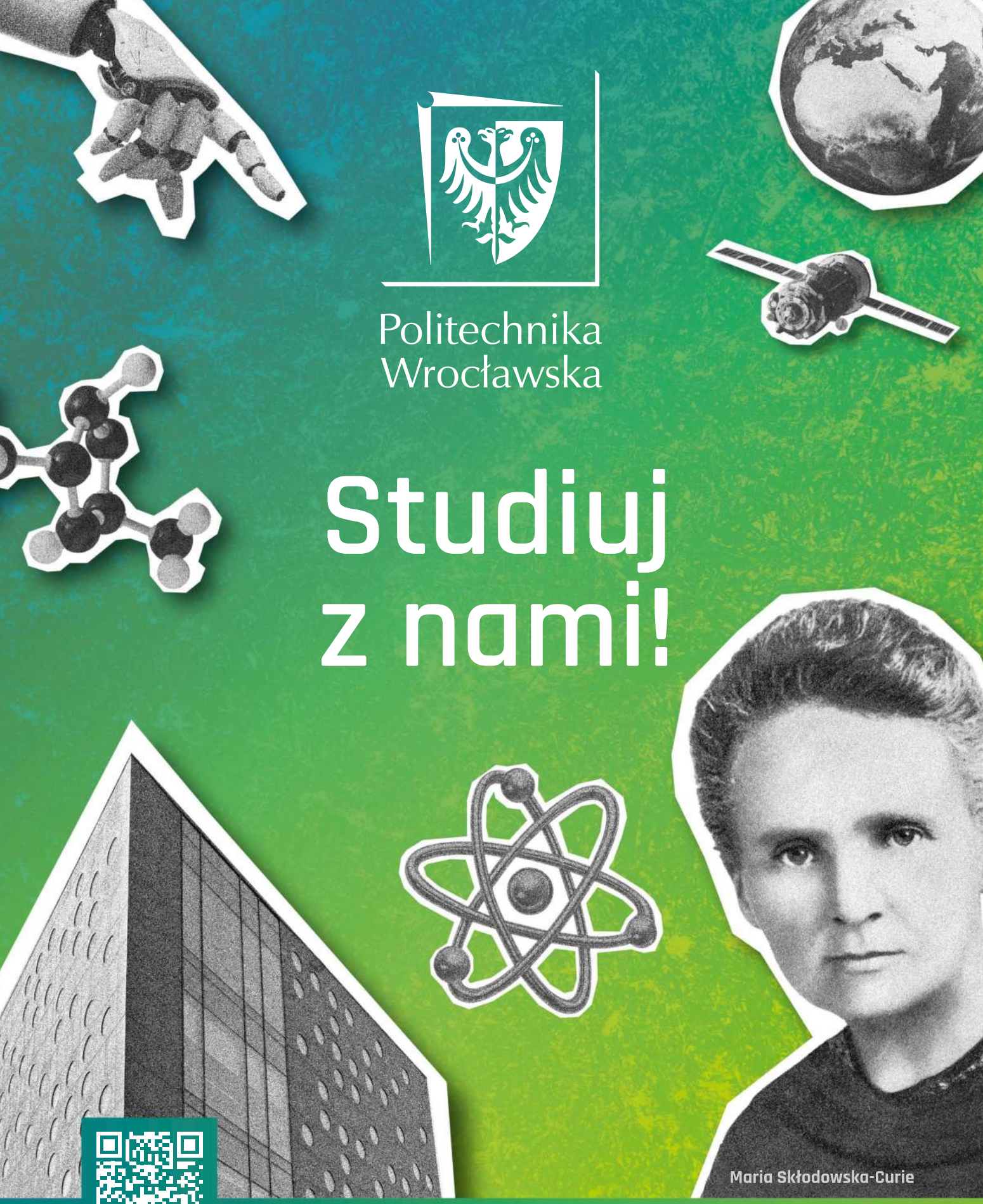
PRZEPIS NA PRZETRWANIE ZUBRA

PRZYDATNE W SZKOLE

ZAGŁADA DINOZAURÓW

INDEKS 38142X
ISSN 0137-8929
09>
9 770137 892601
Wydanie w sprzedaży do 29.09.2026

eprasa.pl 58d11eda9a



eprasa.pl 58d11eda9a

WRZESIEŃ 2026

w numerze

12
ZDROWIE

ZEMSTA HEBANU
Paweł Walewski

Czy opalona skóra po lecie to powód do dumy? Oto jak mądrze pomóc zmęczonej słońcem cerze, opierając się na faktach, a nie marketingowych obietnicach.

28
TECHNIKA

EGZOSZKIELET
Marcin Bieńkowski

Pojawił się w szpitalach, fabrykach i centrach logistycznych. Choć część najbardziej spektakularnych pomysłów wciąż tkwi w laboratoriach, te skromniejsze już zmieniają rzeczywistość tysięcy ludzi.

60
EKOLOGIA

PRZEPIS NA ŻUBRA
Ewa Nieckuła

Niewiele brakowało, by żubr dołączył do listy gatunków wymarłych. Jego przetrwanie zawdzięczamy dosłownie kilku osobnikom i dużej dozie szczęścia.

Obalamy mity
CZY AKTYWNOŚĆ FIZYCZNA PRZYNOSI OBU PŁCIOM TAKIE SAME KORZYŚCI?
Paweł Walewski 2

Rozmyślania za Wielką Wodą
WOJNY ZWIERZĄT
Krzysztof Szymborski 3

Sygnały 4

temat miesiąca

Zdrowie
ZEMSTA HEBANU
Paweł Walewski 12

Prehistoria
OSTATNIE CHWILE DINOZAURÓW
Andrzej Hołdys 18

Technika
EGZOSZKIELET
Marcin Bieńkowski 28

Wojskowość
F-35 DLA POLSKI
Robert Czulda 34

Botanika
PORA NA KORĘ
Mariola Rabska 38

Historia
POWRÓT Z ZAŚWIATÓW
Kamil Nadolski 44

Biologia
ŻYCIE DO GÓRY NOGAMI
Radosław Kożuszek 50

Kosmos
RATUJMY SWIFTA
Przemek Berg 56

Ekologia
PRZEPIS NA ŻUBRA
Ewa Nieckuła 60

Chemia
OD BŁYSKAWICY DO NAWOZU
Justyna Jońca 66

Nowinki techniczne 72

Laboratorium
GRZYBOBRANIE
Paweł Jedynak 74

Głowa do góry
ODNALEZIONA KOMPANKA
Weronika Śliwa 76

Na końcu języka
BŁYSKAWICA
Jerzy Bralczyk 78

Trening umysłu
PUZELAND
Marek Penszko 79

Listy czytelników 80

Fot. SPL/Indigo, Getty, Shutterstock
Okładka: Fot. Shutterstock (2), SPL/Indigo, NASA's Goddard Space Flight Center/Chris Smith (KBRwyle)

eprasa.pl 58d11eda9a

Drodzy Czytelnicy!

PRZYGOTOWUJEMY materiały do numeru ze znacznym wyprzedzeniem ze względu na długi proces produkcyjny. Czasami nie mamy pewności, czy zaplanowane doświadczenia lub misje kosmiczne się odbędą albo zakończą sukcesem. Tak też było z misją ratunkową sondy LINK, która 3 lipca wyruszyła na ratunek teleskopowi Swift, gdyż obniżał on swoją orbitę wokół Ziemi i groziło mu spłonięcie w atmosferze. Niestety, 25 lipca sonda zaczęła wirować w kosmosie, co spowodowało tymczasową utratę łączności. Ostatecznie naukowcom udało się zmniejszyć prędkość obrotową LINK-a za pomocą serii uruchomień silników. Wciąż jest nadzieja, że uda się pokonać wszystkie problemy, ale sonda dotrze do obserwatorium raczej miesiąc później.

Z pewnością sporo się Państwo opalali podczas wakacji. W numerze piszemy m.in., jak ucierpiała na tym skóra i co z tym można zrobić (s. 12). Odpowiadamy na pytanie, dzięki czemu zwierzęta mogą żyć do góry nogami (s. 50), jak uratować żubry przed wymarciem (s. 60) i kiedy próbowano ożywić zwłoki prądem (s. 44). Jest o egzoszkieletach, które pojawiają się w szpitalach i fabrykach, zmieniając rzeczywistość tysięcy ludzi (s. 28), oraz o F-35, mających za kilka lat stać się jednym z filarów naszych Sił Powietrznych (s. 34).

Redaktor naczelna dr n. biol. Olga Orzyłowska-Śliwińska

Szanowni Czytelnicy, Szanowne Czytelniczki,

od bieżącego numeru cena egzemplarzowa „Wiedzy i Życia" wynosi 18 zł. Zmiana ta jest konsekwencją wzrostu kosztów wydawania pisma. W związku z rosnącymi kosztami działalności od 1 września zmienią się również ceny prenumeraty. Roczna prenumerata „Wiedzy i Życia" będzie kosztować 180 zł, a półroczna – 100 zł. Ofertę prenumeraty papierowej znajdą Państwo pod adresem **www.sklep.polityka.pl**. Jednocześnie namawiamy do subskrypcji wydania cyfrowego „Wiedzy i Życia". Można to zrobić, wykupując dostęp do portalu popularnonaukowego Pulsar pod adresem **www.projektpulsar.pl**. Portal oprócz bieżących i archiwalnych numerów „Wiedzy i Życia" w plikach .pdf oferuje także dostęp do wszystkich artykułów z miesięcznika „Świat Nauki".

Wydawca „Wiedzy i Życia"

Obalamy **mity**

Czy aktywność fizyczna przynosi obu płciom takie same korzyści?

JESZCZE do niedawna pytanie, czy kobiety i mężczyźni reagują na aktywność fizyczną w taki sam sposób, wielu ekspertów uznałoby za próbę wyważania otwartych drzwi. Przecież serce to serce, a ruch jest zdrowy dla wszystkich. Nauka coraz wyraźniej pokazuje jednak, że diabeł – jak zwykle – tkwi w szczegółach. A dokładniej: w biologii płci. Przez lata to na mężczyznach prowadzono większość badań, a ich wyniki rozciągano na kobiety niczym uniwersalny szablon. Tymczasem budowa układu mięśniowego i krwionośnego trochę się u nas różni. Odmienności te są widoczne w gęstości naczyń włosowatych, masie mięśniowej i przepływie krwi, co sprawia, że każdy skurcz mięśnia i uderzenie serca kobiety przynosi jej znacznie wyższą stopę zwrotu z inwestycji w ruch. Mając mniejszą bazową masę mięśniową, przy wysiłku kobiecy układ krążenia musi dokonywać gwałtowniejszej, bardziej intensywnej adaptacji.

Autorzy badania, którego wyniki opublikowano w 2024 r. w „Journal of the American College of Cardiology", przeanalizowali dane ponad 412 tys. dorosłych Amerykanów i odkryli, że kobiety osiągały większe korzyści z tej samej dawki aktywności fizycznej. Regularny wysiłek zmniejszał ryzyko zgonu z przyczyn sercowo-naczyniowych u obu płci, ale efekt był wyraźniejszy u kobiet. Maksymalne korzyści uzyskiwały już przy 140 min umiarkowanego lub intensywnego wysiłku tygodniowo, podczas gdy mężczyźni potrzebowali na to 300 min. Przewagę kobiet obserwowano także w treningu siłowym.

Podobny obraz wyłania się z analizy danych z UK Biobank, tym razem opartych nie na deklaracjach uczestników, lecz na pomiarach z opasek monitorujących aktywność. Kobiety po 50. roku życia osiągały 30-procentową redukcję ryzyka choroby wieńcowej po 250 min umiarkowanego lub intensywnego wysiłku tygodniowo, podczas gdy mężczyźni w tym samym wieku potrzebowali do tego ponaddwukrotnie więcej czasu – 530 min. To kolejny argument, by stereotyp o słabszej płci odłożyć do lamusa – panie wcale nie muszą ciężej pracować na efekty ćwiczeń, bo jest akurat odwrotnie!

Łatwo byłoby wyciągnąć sensacyjny wniosek, że kobiety mogą ćwiczyć dwa razy mniej. Badania nie dowodzą jednak, że mężczyźni ćwiczą za mało ani że kobietom wystarczy spacer z psem. Ich organizm zdaje się po prostu skuteczniej przekładać każdą minutę wysiłku na ochronę układu krążenia. Dlaczego? Otóż wpływ mają różnice hormonalne, budowa mięśni, metabolizm i sposób, w jaki serce oraz naczynia adaptują się do wysiłku. Najważniejszy wniosek jest inny. Obowiązujące zalecenia – co najmniej 150 min umiarkowanej aktywności tygodniowo – pozostają aktualne dla obu płci. Ten limit przysłuży się wszystkim i nie ma od niego żadnej wymówki.

Paweł Walewski

Fot. Adrianna Śliwińska

eprasa.pl 58d11eda9a

KRZYSZTOF SZYMBORSKI

Wojny zwierząt

MOŻNA zapewne się zgodzić, że jesteśmy najbardziej inteligentnym i dociekliwym gatunkiem zamieszkującym Ziemię i słusznie jesteśmy z tego dumni. Nasze poczucie wyższości wobec innych żywych stworzeń sprawia jednak, że wyobrażenia o nich przez długi czas nie opierały się na rzetelnej wiedzy, lecz na pozbawionych rzeczowych podstaw przekonaniach, prowadzących do lekceważącej pogardy lub romantycznej naiwności. Nauka o zachowaniu zwierząt zaczęła czynić realne postępy stosunkowo niedawno i w dość powolnym tempie. Przykładem może być pytanie, czy poza człowiekiem żyją na naszej planecie stworzenia, które prowadzą pomiędzy sobą wewnątrzgatunkowe wojny. Przypomnijmy, że sami bynajmniej się tej skłonności nie wstydzimy, czcząc naszych wybitnych wojowników i uważając ich za bohaterów, natomiast zwierzęta uważaliśmy za zbyt głupie, by mogły angażować się w prawdziwe, dobrze zorganizowane wojny. Tak zwane prawa dżungli polegały w naszym przekonaniu na chaotycznej i przypadkowej przemocy.

Odkrycia, że wśród niektórych gatunków międzygrupowa wrogość przerodzić się może w systematycznie kontynuowany konflikt o wszelkich znamionach regularnej wojny, dokonała w latach 70. ub.w. słynna badaczka szympansów Jane Goodall, która swe obserwacje prowadziła w narodowym parku nad strumieniem Gomba w Tanzanii. W wyniku trwającej 4 lata (1974–1978) „wojny" pomiędzy klanami Kasakela i Kahama ten ostatni został całkowicie wymordowany. Dla wielu zainteresowanych odkrycie to było szokiem. Niebawem jednak naukowcy, badający zachowanie innych zwierząt prowadzących społeczny tryb życia, zaczęli do listy „wojowniczych" gatunków dodawać kolejne. Nie jest ich wiele, a należą do nich poza szympansami goryle, wilki, hieny, mangusty pręgowane, surykatki szare, mrówki i termity oraz lwy. Te ostatnie toczą „wojny" głównie z hienami i dzikimi psami, lecz w jednym przypadku koalicja lwów żyjących w Parku Krugera w Południowej Afryce, nazwana Mapogo, w ciągu kilku lat rozszerzyła swe terytorium o ponad 690 km^2, zabijając ok. 40 „obcych" samców.

Na temat tego, czy konflikty te zasługują na nazwę „wojen", trwa nadal żywa debata, bo wielu badaczy ciągle uparcie twierdzi, że przypisywanie zwierzętom zachowań o „ludzkim" charakterze jest nieuzasadnionym antropomorfizmem. Być może jednak ocena zwierząt ludzką miarą jest w dużej mierze usprawiedliwiona. W tym roku dwóch badaczy z brytyjskiego University of Bristol, Josh Arbon i Andrew Redford, opublikowało w czasopiśmie „Trends in Ecology & Evolution" wyniki swych dociekań, z których wynika, że obserwowane u zwierząt zachowania społeczne towarzyszące przygotowaniom do podjęcia wojny są tak podobne do ludzkich w zbliżonej sytuacji, że jak stwierdził Redford, „doświadczalne badanie innych gatunków w naturalnych warunkach może nie tylko zwiększyć nasze zrozumienie rozmaitych aspektów życia społecznego, lecz także rzucić światło na pochodzenie naszej skłonności do konfliktów". Szykujące się do wojny grupy zmieniają swe zachowanie na długo przed „ruszeniem na pole bitwy". Szympansy wspinają się na wzgórza, by obserwować okolicę, a także częściej iskają się wzajemnie, by zwiększyć poczucie solidarności. Inne zwierzęta wystawiają wartowników lub „zwierają szeregi", wysyłają „zwiadowców", by wykryć położenie „wrogiej armii".

Hieny cętkowane

Fot. Nature/BE&W

Nie są to decyzje spontaniczne, lecz najwyraźniej celowe. Podobnie zachowują się ludzie. Nie ma sensu przypominać, że same wojny pomiędzy ludźmi i zwierzętami mają bardzo odmienny charakter. Ofiary wojen zwierząt liczyć można w dziesiątkach, ludzi – dzięki ciągłemu postępowi techniki – w milionach. Trudno nie zgodzić się z Johnem Steinbeckiem, który stwierdził kiedyś: „Wszystkie wojny są symptomami klęski człowieka jako myślącego zwierzęcia". A co przyniesie nam sztuczna inteligencja? Czy odziedziczy po nas wojenne skłonności? A może pójdzie w ślady naszych bardziej pacyfistycznie nastawionych ewolucyjnych przodków takich jak bonobo? Oby. Może wtedy ludzkość będzie mogła poddać się jej władzy bez ryzyka zagłady.

eprasa.pl 58d11eda9a

Trzmiele reagują na smak ruchami aparatu gębowego.

ENTOMOLOGIA

TRZMIELE I EMOCJE

Czy potrafią odczuwać przyjemność i niechęć?

Twarz owadów kojarzy się nam z nieruchomą maską, przez co dosyć trudno wyobrazić sobie, by miały one jakąkolwiek mimikę. Ta jest reprezentacją złożonych stanów emocjonalnych, a na razie nie udowodniono nawet, że owady takowe przejawiają (mogą odczuwać proste stany podobne do emocji, takie jak ból, stres czy strach). Sztywny egzoszkielet w przeciwieństwie do elastycznej muskulatury typowej dla ssaków uniemożliwia dokonanie jakichkolwiek odczytów behawioralnych. Przynajmniej tak myślano do tej pory.

Najnowsze badania przeprowadzone przez naukowców z Southern Medical University w Kantonie (Chiny) i Macquarie University (Australia) ujawniły, że po prostu szukaliśmy nie tam, gdzie trzeba. Tym razem uwagę skupiono wyłącznie na subtelnych ruchach aparatu gębowego. O szczegółach czytamy w „PNAS". Eksperymenty prowadzono na trzmielach ziemnych, którym do skosztowania podawano kroplę wody zawierającą różne substancje. Za pomocą kamer o wysokiej rozdzielczości, rejestrujących obraz w zwolnionym tempie, obserwowano, co dzieje się z „twarzą" owada po wypróbowaniu różnych smaków – słodkiego (cukier), słonego (sól), gorzkiego (chinina) oraz czystej wody. Wyniki okazały się zaskakujące.

Po spożyciu słodkiego roztworu trzmiele wysuwały i chowały tzw. glossę, czyli odpowiednik języka. Robiły to nawet po zabraniu smakołyku, niejako w efekcie zadowolenia – niczym ssaki oblizujące usta po zjedzeniu czegoś smacznego. Zupełnie inaczej zachowywały się po skosztowaniu gorzkiego i słonego płynu – wycierały aparat gębowy i potrząsały głową, co przypominało nieco ludzki odruch niesmaku. Po ekspozycji na podwyższoną temperaturę i w stanie odwodnienia owady wysuwały języczki nawet po wypiciu słonych kropli, co potwierdza, że reakcja na napój nie jest sztywnym automatycznym odruchem zależnym od konkretnego związku chemicznego, ale wynikiem i ekspresją stanu wewnętrznego (przyjemności i niezadowolenia). W ostatnim etapie eksperymentu owadom podano endokannabinoidy – związki, które u ssaków potęgują przyjemność płynącą z jedzenia, co również doprowadziło do częstszego wysuwania języczków i potwierdziło wcześniejsze wnioski. Co ważne, autorzy badania zamiast antropomorfizacji zalecają ostrożność i powstrzymują przed wyciąganiem zbyt pochopnych wniosków. Owa „mimika" nie jest jednoznacznym dowodem emocji, a trzmiele mogą mieć własne, zupełnie inne niż ssaki formy życia wewnętrznego. **(KKG)**

Fot. Shutterstock, Gabriel Ugueto

eprasa.pl 58d11eda9a

PREHISTORIA

Żołądek sprzed 245 mln lat

Po raz pierwszy zajrzano do wnętrza morskiego gada żyjącego na początku ery dinozaurów. W wyjątkowym okazie zachował się nie tylko szkielet, ale także żołądek, wątroba i jelita.

Skamieniałość niewielkiego, ok. 60-centymetrowego gada morskiego *Austronaga minuta* odkryto w prowincji Junnan w Chinach. Zwierzę żyło 245 mln lat temu, zaledwie kilka milionów lat po największym wymieraniu w dziejach Ziemi, które zakończyło erę paleozoiczną. Mimo że miało lądowych przodków, było znakomicie przystosowane do życia w wodzie – napęd zapewniał mu długi ogon, a przednie kończyny przekształciły się w płetwy.

Prawdziwą sensacją okazały się jednak nie kości, lecz skamieniałości tkanek miękkich. Dzięki zastosowaniu fotografii UV oraz spektrometrii mas badacze rozpoznali duży workowaty żołądek, wątrobę z pozostałościami hemoglobiny oraz prosty przewód pokarmowy. To najstarszy znany przypadek zachowania niemal kompletnego układu trawiennego u gada. Odkrycie pokazuje, że przodkowie krokodyli i dinozaurów mieli początkowo prostszy żołądek niż ich współcześni potomkowie.

Znalezisko – omówione w „Science Advances" – wpisuje się w serię spektakularnych odkryć skamieniałości tkanek miękkich. Również w lipcu br. paleontolodzy poinformowali o natrafieniu na najstarsze zachowane tkanki miękkie – liczące ponad 450 mln lat pozostałości odnóży liliowca, dalekiego krewnego rozgwiazd i jeżowców. Takie okazy należą do absolutnych rzadkości, ponieważ po śmierci organizmu miękkie części ciała zwykle rozkładają się w ciągu kilku dni. Ich zachowanie wymaga wyjątkowego zbiegu okoliczności – błyskawicznego pogrzebania w osadach i niemal całkowitego odcięcia dostępu tlenu.

Nowe odkrycie z Chin ma jeszcze jeden wymiar. W 2024 r. okazało się, że słynny *Tridentinosaurus* – znaleziony w 1931 r. i przez ponad 90 lat uważany za jednego z najstarszych gadów z zachowanymi tkankami miękkimi – w rzeczywistości został częściowo „upiększony" przez preparatorów czarną farbą. Tym większą wartość ma bezspornie autentyczny okaz *Austronaga*, który wyznacza nowy punkt odniesienia w badaniach nad ewolucją wczesnych gadów. **(HOLD)**

Uganiający się za morską drobnicą gad *Austronaga minuta* żył na Ziemi w środkowym triasie (wizja artysty).

EKOLOGIA

Rtęć wokół Antarktydy

W morzach wokół Półwyspu Antarktycznego zgromadziło się już tyle rtęci, że wody te stają się wtórnym źródłem tej toksyny, łatwo przenikającej do żywych organizmów.

Antarktyda jest tak odległa od wielkich ośrodków przemysłowych, że można by ją uznać za wolną od ich wpływu. To jednak złudzenie. Grupa badaczy z Yale University i Peking University wykazała, że na dnie płytkich mórz wokół Półwyspu Antarktycznego rtęć gromadzi się mniej więcej 2 razy szybciej niż na pozostałych szelfach kontynentalnych świata. Tempo jej akumulacji od początku epoki przemysłowej wzrosło aż o 160%, a badacze uznają ten region za jeden z globalnych gorących punktów wzbogacania osadów w ten toksyczny pierwiastek. Do takich wniosków doprowadziła analiza 16 rdzeni (publikacja w „PNAS") pobranych z dna akwenów sąsiadujących z północną częścią Półwyspu Antarktycznego, który jest najszybciej ocieplającym się fragmentem Białego Lądu. Zachowane w warstwach osadów ślady chemiczne i izotopowe pozwoliły odtworzyć historię obiegu rtęci w regionie w ostatnich 200 latach.

Skąd bierze się ten niepokojący wzrost? Po pierwsze, do atmosfery od dziesięcioleci trafia rtęć emitowana podczas spalania paliw kopalnych i działalności przemysłowej. Dociera ona nawet nad Antarktydę i opada do oceanu. Po drugie, ocieplający się klimat przyspiesza topnienie lodowców i erozję odsłanianych skał, uwalniając rtęć, która długo była uwięziona w lodzie i na lądzie. W efekcie antarktyczne wybrzeża stają się wtórnym źródłem tego zanieczyszczenia, zagrażającego ekosystemom polarnym. Rtęć jest szczególnie niebezpieczna, ponieważ nie znika z ekosystemu. Jej najbardziej toksyczne związki ulegają bioakumulacji – gromadzą się w organizmach żywych i z każdym kolejnym ogniwem łańcucha pokarmowego osiągają coraz wyższe stężenia. Najbardziej narażone są drapieżniki stojące na jego szczycie, ale ostatecznie toksyna może trafić również na ludzki talerz. **(HOLD)**

eprasa.pl 58d11eda9a

Donosy

Ze Skidmore College w USA donosi Krzysztof Szymborski

GŁOS ZZA GROBU

Brytyjskim badaczom udało się kilka lat temu odtworzyć brzmienie głosu zmarłego przed 3 tys. lat egipskiego kapłana Nesyamuna, który służył na dworze faraona Ramzesa XI. Dokonali tego dzięki tomografii komputerowej mumii i wykonaniu repliki dróg oddechowych, podłączonej do sztucznej krtani.

UDANY EKSPERYMENT EKOLOGICZNY

Jesteśmy przyzwyczajeni do tego, że działalność człowieka wpływa destrukcyjnie na środowisko naturalne. Warto więc wspomnieć o wyjątkowo korzystnych skutkach takiej interwencji. Kiedy w 1815 r. Imperium Brytyjskie otworzyło swoją bazę wojskową na Wyspie Wniebowstąpienia (Ascension Island) na południowym Atlantyku, była ona gołą skałą, powstałą w wyniku erupcji wulkanicznej, która pozostawiła stożek o wysokości 800 m. W latach 40. XIX w. brytyjski biolog Joseph Hooker zaproponował, by te nagie skały obsadzić roślinnością sprowadzoną z różnych stron świata, i dziś od 660 m n.p.m. wzwyż Ascension pokrywa „sztuczna dżungla", a nawet niżej coś z jej ziemi wyrasta.

JĘZYK ZWIERZĄT

Im dłużej badamy zwierzęta, tym bardziej skomplikowany okazuje się język, jakim przekazują sobie informacje. Dr Con Slobodchikoff i jego współpracownicy z North Arizona University ogłosili właśnie wyniki analiz sygnałów alarmowych u nieświszczuków płowych (pot. pieski preriowe). Ostrzegają one o pojawieniu się ludzkiego intruza, zakłócającego spokój na zamieszkanej przez nich prerii, innych członków stada, opisując jego wzrost, rozmiary, a nawet kolor koszuli.

PSZCZOŁY ROZPOZNAJĄ STRONY ŚWIATA

Badający pszczoły biolodzy odkryli w organizmach przedstawicieli większości ich gatunków mikroskopijne magnetyczne cząstki, co może być ważnym potwierdzeniem hipotezy, że pszczoły „odczytują" kierunek ziemskiego pola magnetycznego w celach nawigacyjnych.

Odcisk stopy parantropa, który blisko 1,5 mln lat temu mieszkał w pobliżu jeziora Turkana we wschodniej Afryce. Obok – linijka o długości 15 cm.

ANTROPOGENEZA

Parantropy – chłopy na schwał

W północnej Kenii odnaleziono liczące 1,43 mln lat odciski stóp 8 homininów z gatunku *Paranthropus boisei*. Byli znacznie więksi, niż sądziliśmy.

Do niedawna o masywnych parantropach wiedziano głównie tyle, że miały potężne czaszki i uzębienie. Kości kończyn odkrywano niezwykle rzadko, dlatego budowę całego ciała można było jedynie rekonstruować. Odciski pozostawione na błotnistym brzegu jeziora Turkana wypełniają tę lukę. Wynika z nich, że niektórzy przedstawiciele tego gatunku mogli osiągać ok. 180 cm wzrostu i ważyć nawet 75 kg, a więc byli znacznie okazalsi, niż sugerowały wcześniejsze rekonstrukcje.

Tropy niosły jednak nie tylko informacje o anatomii. Naukowcy sądzą, że homininy (głównie samce) poruszały się razem wzdłuż brzegu jeziora. Sugeruje to bardziej złożoną organizację społeczną, niż dotąd przypuszczano. „Mogły żyć w dużych grupach, w których samce rywalizowały o względy samic, ale też łączyły siły, gdy kluczowe stawało się przetrwanie w stawiającym wyzwania środowisku naturalnym" – mówi kierująca badaniami Anna Behrensmeyer ze Smithsonian Institution.

Brzegi jeziora Turkana były wyjątkowo ważnym środowiskiem dla naszych wymarłych krewniaków. Przez setki tysięcy lat powracały tu kolejne gatunki homininów, by korzystać z zasobów wody i pożywienia dostępnych na obrzeżach akwenu. Ok. 1,5 mln lat temu w pobliżu wielkiego zbiornika, położonego na pograniczu dzisiejszej Kenii i Etiopii, żyli równocześnie przedstawiciele co najmniej czterech gatunków człowiekowatych: *Homo habilis*, *Homo rudolfensis*, *Homo erectus* i właśnie *Paranthropus boisei*. Ten ostatni był również bohaterem zeszłorocznego odkrycia, kiedy to nad jeziorem Turkana odnaleziono kości jego ręki, liczące 1,52 mln lat. Anatomia wskazuje na niezwykle silny chwyt, przypominający dłoń goryla, przy zachowaniu znacznej zręczności. Jeśli zeszłoroczne odkrycie pokazało, jak żelaznym uściskiem dysponował parantrop, to nowe badania – których wyniki opublikowano w „PNAS" – po raz pierwszy pozwalają lepiej wyobrazić sobie jego imponującą sylwetkę. **(HOLD)**

Fot. Kay Behrensmeyer, SPL/Indigo

eprasa.pl 58d11eda9a

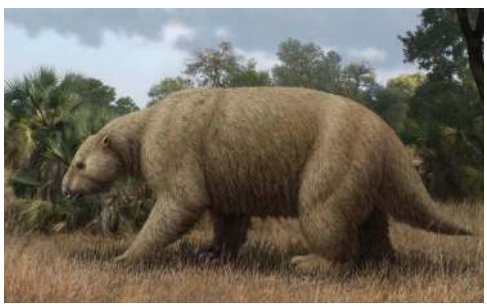
EWOLUCJA

Jak Ameryka Północna podbiła Południową

Pierwsze ssaki z północy ruszyły na południe, gdy oba kontynenty były wciąż oddzielone od siebie barierą morską. Najpierw jednak przez miliony lat gromadziły się w Meksyku.

Analiza bogatego zbioru skamieniałości z Meksyku wykazała, że już ok. 10 mln lat temu ssaki z Ameryki Północnej zaczęły licznie napływać na południe kontynentu. Tam zatrzymała je bariera morska. Pierwsza okazja do dalszej ekspansji pojawiła się przed ok. 7 mln lat, gdy z oceanu rozdzielającego kontynenty wyłonił się łańcuch wysp. Zwierzęta skorzystały z tej okazji. Wśród pionierów były niewielkie drapieżniki spokrewnione z szopami oraz drobne gryzonie. W przeciwnym kierunku powędrowała właściwie tylko jedna większa grupa południowoamerykańska – leniwce.

Dopiero po powstaniu Przesmyku Panamskiego ok. 2,8 mln lat temu droga między kontynentami stanęła otworem dla wszystkich ssaków. Zdaniem Jacka Tsenga z University of California w Berkeley i jego współpracowników (publikacja w „Science") właśnie wcześniejsze gromadzenie się północnoamerykańskiej fauny w Meksyku okazało się kluczem do późniejszego sukcesu. Zwierzęta z północy miały czas, by zwiększyć liczebność, różnicować się i przystosować do warunków strefy tropikalnej. Gdy doszło do połączenia kontynentów, były gotowe do błyskawicznej ekspansji na południe. To dlatego tak skutecznie wyparły wielu dawnych mieszkańców Ameryki Południowej, na trwałe zmieniając skład tamtejszej fauny. **(HOLD)**



Wielki naziemny leniwiec *Megatherium americanum* ważył 4 t. Do początku holocenu żył w Ameryce Południowej.

REKLAMA

PULSAR – SERWIS POPULARNONAUKOWY POLITYKI ZAPRASZA

Anatomia brainrotu. Jak portale społecznościowe wpływają na jednostki i społeczności?

Eksperci: **dr Dominika Czerniawska-Szejda**, socjolożka z UW,
oraz **prof. Wojciech Kulesza**, psycholog społeczny z USWPS.
Prowadzenie: **Katarzyna Czarnecka**, redaktorka naczelna pulsara

20 września 2026 (niedziela), godz. 17
Wydział Fizyki UW
ul. Pasteura 5, aula 0.03
Wstęp wolny.

Patroni medialni: POLITYKA, ŚWIAT NAUKI SCIENTIFIC AMERICAN, pulsar, wiedza i życie

eprasa.pl 58d11eda9a

Donosy

PUSTYNIA UŻYŹNIA DŻUNGLĘ

Każdego roku ok. 28 mln t pustynnego pyłu przenoszonego przez wiatry znad Sahary poprzez Atlantyk opada na ziemię w basenie Amazonki. Jak wykazały badania, w owym pyle znajduje się dostateczna ilość fosforu i jego związków, by systematycznie uzupełniać ubytek tego pierwiastka niezbędnego dla tropikalnego lasu. Paradoksalnie, największa na świecie gorąca pustynia zapewnia bujność życia w największej dżungli.

REKORDOWY PAJĄK

Prowadzone przez kilka grup badaczy analizy sieci konstruowanej przez pająki z odkrytego w 2009 r. na Madagaskarze gatunku *Caerostris darwini* wykazały, że tworzące ją włókna są najbardziej mechanicznie wytrzymałą znaną substancją biologicznego pochodzenia. Są dziesięciokrotnie silniejsze niż kevlar – syntetyczny materiał stosowany do produkcji kamizelek kuloodpornych.

SAMOTNE DRZEWO

Dendroseris neriifolia to łacińska nazwa kwitnącego drzewa należącego do rzędu astrowatych, którego ojczyzną jest (czy raczej było) Chile. Dziś żyje dziko prawdopodobnie jeden osobnik tego gatunku, 150-letni, rosnący na trudno dostępnym urwisku na chilijskiej Wyspie Robinsona Crusoe na Pacyfiku. Wiszący nad przepaścią pień dendroserii chroni przed upadkiem system lin i podpór. W maju została podjęta, zakrojona na międzynarodową skalę, próba uratowania tego ginącego gatunku przed ostateczną zagładą. Badacze zebrali 400 jego nasion i – jak donoszą – 8 z nich zdaje się kiełkować w laboratorium.

PRZESUNIĘTA JAPONIA

W czasie trzęsienia ziemi, które nawiedziło Japonię w 2011 r., wytworzona fala sejsmiczna odbiła się od jądra naszej planety i powróciła po 10 min do skorupy ziemskiej w pobliżu miejsca jej narodzin. Jak wykazały po latach precyzyjne pomiary, jej powtórne zderzenie z archipelagiem wysp japońskich spowodowało ich trwałe przemieszczenie o jakieś 6 mm w kierunku wschodnim. Nie wiadomo, czy jest to zmiana wymagająca wprowadzenia poprawek do map świata.

KULTURA

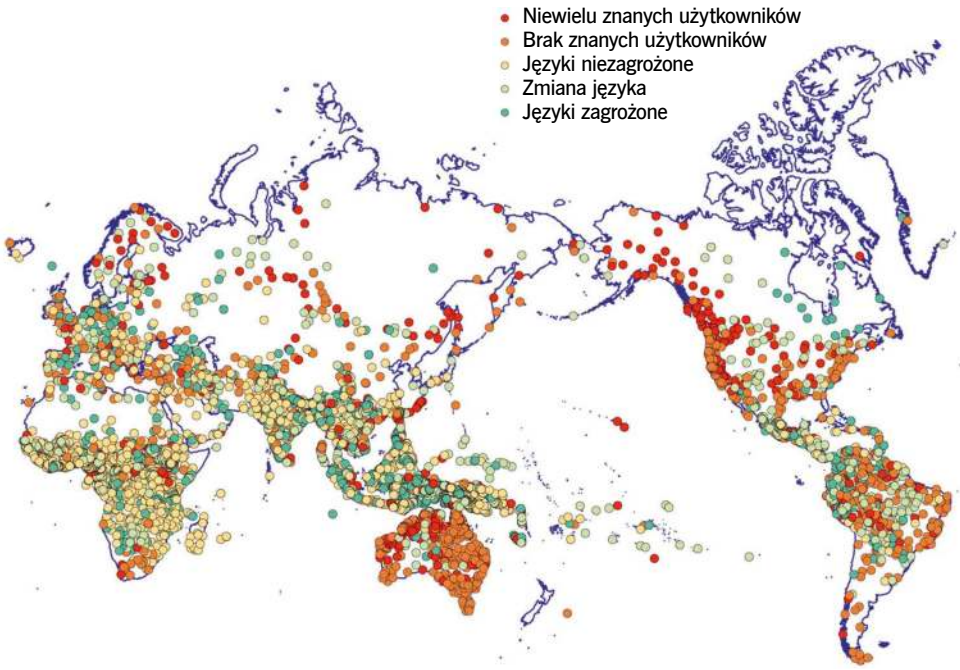
Holoceńska Wieża Babel

W czasach starożytnych na świecie istniały dziesiątki tysięcy języków. To był najbardziej wielojęzyczny świat w historii *Homo sapiens*.

Do takich wniosków doszli naukowcy z Harvard University i innych ośrodków, którzy postanowili odtworzyć dzieje ludzkich języków mimo niemal całkowitego braku bezpośrednich świadectw z odległej przeszłości. Zamiast analizować nieliczne zachowane zapisy, opracowali model łączący dane etnograficzne, paleodemografię i metody statystyczne. Punktem wyjścia były informacje o 171 współczesnych społecznościach zbieracko-łowieckich. Badacze założyli, że niewielkie grupy ludzi prowadzące podobny tryb życia u schyłku epoki lodowej również posługiwały się zazwyczaj jednym językiem. Znając szacunkową liczebność ówczesnej populacji świata, obliczono, ile języków mogło wtedy istnieć.

Wyniki okazały się zaskakujące. Ok. 12 tys. lat temu, na początku holocenu, na świecie używano prawdopodobnie 4,5–6 tys. języków, czyli mniej niż obecnie. Później, wraz z rozwojem rolnictwa, wzrostem liczby ludności i zasiedlaniem nowych obszarów, rosła również różnorodność językowa. Wyodrębniały się nowe społeczności, które z czasem wykształcały własne języki lub ich odmiany. Szczyt tego procesu nastąpił 3–1 tys. lat temu, kiedy na Ziemi mogło istnieć nawet kilkadziesiąt tysięcy języków. Autorzy nazywają ten okres złotym wiekiem różnorodności językowej.

Ten niezwykły rozkwit nie trwał jednak długo. Rozrastające się imperia, niosąc ze sobą własne języki, kulturę i choroby, zaczęły stopniowo wypierać mniejsze społeczności. Badacze przekonują, że właśnie wtedy rozpoczął się długotrwały proces zanikania różnorodności językowej, znacznie wcześniejszy niż epoka europejskiego kolonializmu. Dzisiejszy kryzys nie jest więc wyłącznie skutkiem ekspansji mocarstw z ostatnich kilku stuleci, lecz finałem procesu trwającego od ok. 2 tys. lat. Obecnie na świecie istnieje mniej więcej 7500 języków, lecz blisko połowie z nich grozi wymarcie, a średnio cztery zanikają każdego roku. Wraz z nimi bezpowrotnie giną także wiedza i kultura ich użytkowników. **(HOLD)**



Mapa współczesnych języków na podstawie danych z bazy Glottolog 5.3

Fot. Claire Bowern using QGIS from data in Glottolog.org 5.3

eprasa.pl 58d11eda9a

Szybka diagnoza skutków promieniowania

Jak szybko ustalić przyjętą przez organizm dawkę szkodliwego promieniowania? Odpowiedzi dostarcza międzywydziałowy zespół badawczy z Uniwersytetu Warszawskiego.

Chromosomy dicentryczne.

Fot. peterschreiber.media /AdobeStock

Większość komórek naszego ciała zawiera chromosomy. Każdy ma zwykle jedno przewężenie w środku, zwane centromerem. Czasami jednak fragmenty chromosomów mogą się połączyć, tworząc strukturę o dwóch centromerach, czyli tzw. chromosom dicentryczny.

Takie zmiany pojawiają się m.in. pod wpływem wysokoenergetycznego promieniowania. Im więcej takich chromosomów widać w badanych komórkach, tym większą dawkę promieniowania najprawdopodobniej otrzymał organizm.

Zawsze na posterunku

Ustalenie liczby chromosomów dicentrycznych odbywa się zwykle ręcznie, pod mikroskopem. Sytuację zmienia program MaksChroms zespołu badaczy z Wydziału Fizyki i Wydziału Medycznego UW – współpracującego z naukowcami z Niemiec i Japonii – pod kierownictwem prof. Beaty Brzozowskiej*.

– *Prawie każda komórka ludzkiego organizmu ma 46 chromosomów, którym powinniśmy się przyjrzeć. Niektóre mogą jednak wypłynąć czy „uciec" z obrazu mikroskopowego. Są też sytuacje, w których dicentryki pojawiają się z przyczyn innych niż wpływ promieniowania. Dlatego uważa się, że adekwatna ocena jednego przypadku wymaga minimum 50 próbek, ale zaleca się, żeby było ich znacznie więcej* – mówi Maksymilian Głowacki, główny autor programu. Analiza jednego obrazu mikroskopowego zajmuje co najmniej minutę. W warunkach kryzysu to niewystarczające tempo.

Dozymetria biologiczna, a tym samym MaksChroms, pozwala szybko wyłonić tych, którzy potrzebują hospitalizacji w wyniku napromienienia – stwierdza prof. Beata Brzozowska.

Trening czyni mistrza

Badacze uczyli program, czego ma szukać, dostarczając mu przede wszystkim zdjęć mikroskopowych pokazujących chromosomy komórek poddanych działaniu promieniowania gamma.

Algorytm uczył się na ponad 2 tys. takich zdjęć, pochodzących z sześciu laboratoriów, różniących się jakością obrazów. Komórki krwi pobranej od 10 dawców zostały napromienione z użyciem różnych dawek, maksymalnie do 5 grejów (Gy, jednostka dawki pochłoniętej). Do ich interpretacji zaangażowano naukowców. Ci poszukiwali chromosomów dicentrycznych metodą tradycyjną, dostarczając jednocześnie dane do trenowania algorytmu.

Sieć na chromosomy

MaksChroms bazuje na typie tzw. sieci neuronowych – sieciach konwolucyjnych (*Convolutional Neural Network*). „Przesuwają" one specjalne filtry po obrazie, ucząc się rozpoznawać wzorce.

To złożony model obliczeniowy z wieloma parametrami, wzorowany na działaniu ludzkiego mózgu. Przy użyciu określonych filtrów przekształca dane w wynik. Pojedynczy „neuron" (jednostka obliczeniowa) przetwarza kilka pikseli obrazu. Miliony takich neuronów umożliwiają uzyskanie złożonych rezultatów. Na MaksChroms składają się trzy takie sieci.

– *Pierwsza sieć poszukuje chromosomów dicentrycznych na podstawie obecności centromerów. Przez nagromadzenie określonych danych w pewnej lokalizacji, program ustala, że w tym właśnie miejscu znajduje się centromer* – tłumaczy Maksymilian Głowacki.

Druga sieć zamiast szukać centromerów, znajduje plamy przypominające chromosomy. Trzecia pomaga je posegregować. Wreszcie program wybiera tylko te obiekty, które procedury uznały za dicentryki i zlicza je.

Program, który się uczy

Sieci konwolucyjne mają zdolność do samodoskonalenia.

– *Takie programy nie są czymś zupełnie nowym. Jednak bardzo ważne jest to, że nasz jest darmowy i otwarty. Wychodzimy do środowiska naukowego z wiadomością, że można z niego korzystać. I jest już kilka laboratoriów, które testują pracę z jego pomocą* – precyzuje prof. Beata Brzozowska.

Zespół prof. Brzozowskiej współpracuje z europejską siecią laboratoriów RENEB (Running the European Network of Biological and Retrospective Physical Dosimetry), planując kolejne badania. Oprogramowanie w stylu MaksChroms nie służy wyłącznie do wykrywania chromosomów dicentrycznych, ale również, co ważniejsze, do oszacowania dawki w ciele potencjalnie narażonej osoby. Uczenie maszynowe może być używane także do identyfikacji innych istotnych elementów w badaniach dawki promieniowania (dozymetrii biologicznej), takich jak małe dodatkowe jądra komórkowe (*micronuclei*).

* Maksymilian Głowacki, Martin Bucher, David Endesfelder, Maria Szoła, Adrianna Tartas, Yohei Fujishima, Ursula Oestreicher, Maria Kowalska, Paweł Kotowski, Jan Borkowski, Beata Pszczółkowska-Kępa, Józef Ginter, Andrzej Wojcik, Beata Brzozowska. (2025). MaksChroms: An open-source CNN-based tool for dose prediction based on dicentric chromosome assay. Radiation Physics and Chemistry, 113329, https://doi.org/10.1016/j.radphyschem.2025.113329

UNIWERSYTET WARSZAWSKI | SERWIS NAUKOWY

Artykuł jest częścią cyklu poświęconego badaniom realizowanym na Uniwersytecie Warszawskim.

eprasa.pl 58d11eda9a

Orka. Postępowanie z samogłowami można obejrzeć po zeskanowaniu powyższego kodu QR.

ZOOLOGIA

Brutalne zwyczaje orek

Taranują ofiarę, by rozerwać ją na strzępy.

Chociaż te morskie drapieżniki od lat słyną z pomysłowości i wyrafinowanych technik łowieckich, to ich niedawne wyczyny wprawiły biologów w osłupienie. Orki polują m.in. na zaliczane do największych ryb świata samogłowy z gatunku *Masturus lanceolatus*, których długość ciała sięga 3 m, a masa – 2 t. Już wcześniej obserwowano, jak orki oceaniczne wyrywają fragmenty ich ciał, a następnie przerzucają między sobą w formie nietypowej rozrywki. Tym razem w trakcie dwóch niezależnych obserwacji poczynionych w Zatoce Kalifornijskiej zarejestrowano wyjątkowo drastyczne, wymagające ścisłej współpracy zachowanie. O szczegółach czytamy we „Frontiers in Ethology". Zaobserwowano, jak samica orki unieruchomiła martwego samogłowa, czyniąc z niego tarczę, w którą uderzył drugi rozpędzony osobnik. Co ciekawe, tuż przed zderzeniem ofiara została wypuszczona z uścisku, co pozwoliło staranować ją z pełnym impetem, czemu towarzyszył huk. W efekcie ciało samogłowa dosłownie eksplodowało na tysiące drobnych fragmentów, którymi zajadały się młode osobniki. Większe pozostałości zostały skonsumowane przez dorosłe orki.

Spektakularnemu rozpadowi ciała samogłowa sprzyja jego budowa – ryby te są bocznie spłaszczone, a ich tkanki zawierają dużo galaretowatego kolagenu. Już wcześniej obserwowano, jak orki ogłuszają swoje ofiary, m.in. rekiny wielorybie, poprzez uderzenie, ale nigdy w formie tak skoordynowanej współpracy. Motywacja tego zachowania pozostaje zagadką. Może być nią głód, potrzeba wykarmienia potomstwa bądź jedynie chęć zabawy. Okazało się bowiem, że narządy wewnętrzne ofiary (najbogatsze w substancje odżywcze) zostały skonsumowane jeszcze przed uderzeniem. Dodatkowo ten nietypowy spektakl dostarcza młodym nie tylko pożywienia, ale i cennej okazji do nauki polowania. Może też wzmacniać więzi społeczne między osobnikami w stadzie. **(KKG)**

ARCHEOLOGIA

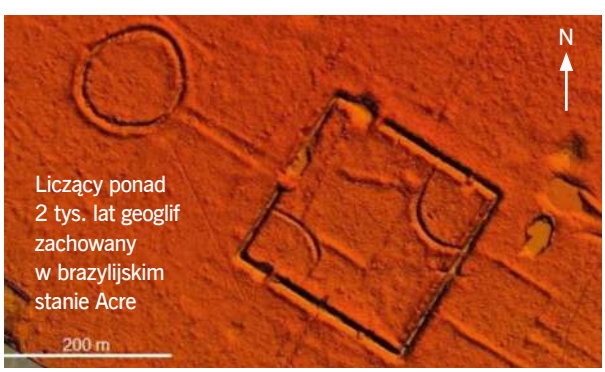
Starożytna Amazonia niczym Europa

Tysiące lat temu niektóre fragmenty Niziny Amazonki były równie gęsto zamieszkane jak Europa.

Las deszczowy Amazonii skrywa znacznie więcej śladów dawnych cywilizacji, niż przypuszczano. Zespół kierowany przez fińskiego archeologa Marttiego Pärssinena wykorzystał lotniczy skaning laserowy (LiDAR), aby zajrzeć pod gęsty baldachim drzew w południowo-zachodniej Brazylii. Badania prowadzono w okolicach miast Rio Branco, Lábrea, Boca do Acre i Carauari. Przebadano blisko 4500 km^2 i odkryto 432 ziemne konstrukcje (geoglify), z których aż 396 nie było wcześniej znanych. Na podstawie tych danych oszacowano, że na terenie zajmowanym niegdyś przez cywilizację Aquiry mogło istnieć 24–30 tys. podobnych budowli. Wyniki, opublikowane na łamach „Nature", pokazują, że wcześniejsze szacunki dotyczące liczby stanowisk archeologicznych w Amazonii były znacznie zaniżone.

To właśnie liczba odkrytych geoglifów pozwoliła badaczom oszacować wielkość populacji. Między 100 a 300 r. cywilizacja Aquiry, zamieszkująca obszar o powierzchni ok. 180 tys. km^2, mogła liczyć 1,25–3 mln mieszkańców. W niektórych miejscach gęstość zaludnienia wynosiła 7–16 osób/km^2. Nawet ostrożniejsze szacunki – 5–8 osób na km^2 – są porównywalne z zaludnieniem wielu regionów ówczesnej Europy, w tym dzisiejszej Polski. Amazonia nie była więc bezludną puszczą, jak do niedawna uważano.

Odkryte geoglify – geometryczne konstrukcje otoczone rowami i wałami – prawdopodobnie pełniły funkcje ceremonialne i społeczne. Co więcej, badany obszar stanowi mniej niż 3% całej Amazonii. „Jeśli podobne zagęszczenie stanowisk archeologicznych występowało również w innych częściach dorzecza, przed przybyciem Europejczyków mogły tam żyć nawet dziesiątki milionów ludzi" – mówi Pärssinen. Podkreśla, że odkrycie zmusza do ponownego spojrzenia na historię największego lasu deszczowego świata nie tylko archeologów, lecz także biologów, historyków i geografów. **(HOLD)**



Liczący ponad 2 tys. lat geoglif zachowany w brazylijskim stanie Acre

Fot. Shutterstock, M. Pärssinen & F. de Novaes

eprasa.pl 58d11eda9a

Pulsar w miejskiej gorączce

Piwniczna-Zdrój jest najbardziej błękitno-zielonym miastem w Unii Europejskiej. Tak wynika ze wskaźnika COOLCITY Index 2026, którym objęto 11 041 miast z 27 krajów. Co to oznacza? Otóż ta niewielka miejscowość w województwie małopolskim ma największy potencjał, jeśli chodzi o przystosowanie się do zmian klimatu.

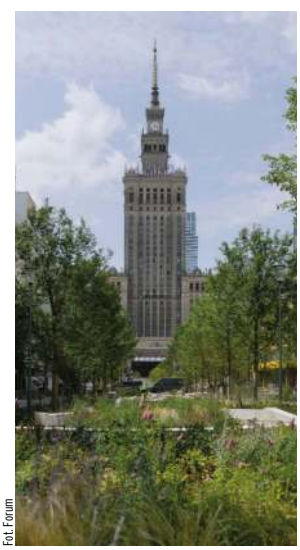
Fot. Shutterstock

Piwniczna-Zdrój

Katarzyna Czarnecka

W rankingu ocenia się pięć wyzwań adaptacyjnych: przepuszczalność terenu, stan zieleni, bioróżnorodność, warunki wodne oraz termiczne. Te określenia niekoniecznie wiele mówią. Przybliżmy więc dwa: w tym zwycięskim mieście tylko 8 na 100 m^2 powierzchni jest zabudowana lub pokryta betonem, a na jednego mieszkańca przypada 2 tys. m^2 terenów zielonych.

Piwniczna-Zdrój ma pewną przewagę: jest położona w górach i liczy zaledwie nieco ponad 5 tys. mieszkańców. Swój sukces niewątpliwie zawdzięcza ludziom, którzy myślą o jej przyszłości oraz temu, że nie dotyczy jej większość problemów, z jakimi mierzą się metropolie. Jeśli spojrzeć na europejskie stolice, w rankingu na pierwszych trzech miejscach uplasowały się Sztokholm, Wilno i Ryga. Warszawa zajęła ósme miejsce. Czwarte w zestawieniu miast polskich, za Krakowem, Wrocławiem i Poznaniem.



Fot. Forum

Warszawa

Największym zagrożeniem dla mieszkańców miast są dziś fale upałów. Beton, asfalt i gęsta zabudowa zatrzymują ciepło, dlatego temperatura w centrum może być o kilka stopni wyższa niż na obrzeżach. Szczególnie narażone są osoby starsze, przewlekle chore małe dzieci. Wysokie temperatury zwiększają ryzyko odwodnienia, udarów, chorób układu krążenia i zgonów. Coraz poważniejszym problemem stają się również gwałtowne ulewy. Kanalizacja nie jest w stanie przyjąć ogromnej ilości wody spadającej w krótkim czasie, co prowadzi do podtopień ulic, budynków i infrastruktury. Do tego dochodzą susze, których efektem są niedobory wody.

Nie da się całkowicie uchronić miast przed tymi zjawiskami, można jednak znacznie ograniczyć ich skutki. Potrzeba więcej drzew, parków, ogrodów deszczowych, zielonych dachów, przepuszczalnych nawierzchni oraz zbiorników zatrzymujących deszczówkę. Zieleń musi być traktowana jak niezbędna infrastruktura, a nie jedynie dekoracja. Konieczne są też miejsca schronienia przed upałem. Trzeba zachęcać mieszkańców do korzystania z komunikacji publicznej, która powinna być zorganizowana zgodnie z ich potrzebami.

Samo wyliczenie potrzebnych rozwiązań nie wystarczy. Pozostaje pytanie, ile będzie kosztować ich wprowadzenie, a ile zapłacimy za zaniechania. Ważne jest również to, kto te koszty poniesie. Zwiększanie odporności energetycznej, wodnej i transportowej nie powinno odbywać się kosztem mieszkańców, zwłaszcza tych mniej zamożnych.

Adaptacja nie może też kończyć się na centrach i bogatszych dzielnicach. Potrzebna jest również na obrzeżach, gdzie dostęp do zieleni, sprawnego transportu i miejsc chroniących przed skrajnymi temperaturami bywa znacznie trudniejszy.

Jak do tego doprowadzić? Z jakich wzorców korzystać? I ile pozostało nam na to czasu? O tym wszystkim będziemy rozmawiać z ekspertami podczas spotkania Pulsara w cyklu „Podróż po wiedzę" zatytułowanego **„Miejska gorączka. Bezpieczeństwo ludzi w zmieniającym się klimacie"**. Zapraszamy 18 września o godz. 18:00 do Pracowni Przewrotu Kopernikańskiego Centrum Nauki Kopernik w Warszawie.

W kolejnych miesiącach będziemy rozmawiać w Lublinie, Szczecinie i Katowicach. Szczegółów szukajcie na projektpulsar.pl.

SPONSOREM CYKLU SPOTKAŃ „PODRÓŻ PO WIEDZĘ" JEST ENEA

eprasa.pl 58d11eda9a

ZEMSTA HEBANU

Czy opalona skóra po lecie to powód do dumy? Oto jak mądrze pomóc zmęczonej słońcem cerze, opierając się na faktach, a nie marketingowych obietnicach.

PAWEŁ WALEWSKI

WRZESIEŃ od lat ma swój niepisany *dress code*. W biurach, szkołach i na uczelniach pojawiają się ludzie z walizkami wspomnień i twarzami, które mają opowiadać jedną historię: „odpocząłem na słońcu". Jeszcze do niedawna głęboka opalenizna była równie ważnym symbolem udanych wakacji jak zdjęcie zachodu słońca nad Santorini. Im ciemniejszy odcień, tym lepszy urlop. W języku reklamy taki kolor oznacza zdrowie, witalność i atrakcyjność. Tymczasem dermatolog patrzy na tę samą twarz niemal jak strażak na budynek, z którego właśnie przestał wydobywać się dym. Bo opalenizna nie jest oznaką zdrowia. Jest dowodem, że organizm uruchomił procedury awaryjne.

Jeszcze 150 lat temu modne było unikanie słońca – blada cera świadczyła o wysokiej pozycji społecznej, bo oznaczała, że jej właściciel nie pracuje fizycznie w polu. Potem wszystko odwróciło się za sprawą

Powyżej: Przesuszona skóra pod mikroskopem elektronowym. Jest to skutek np. niedoborów witamin A i D, cynku i żelaza albo pływania w chlorowanym basenie.

eprasa.pl 58d11eda9a

mody, turystyki i kultury plażowania, a legenda głosi, że Coco Chanel przypadkiem wróciła z Riwiery Francuskiej opalona, uruchamiając modę, która trwa do dziś. Mówienie o zdrowym brązie bardzo mocno jednak rozmija się z prawdą – ten zachwyt, pozostając przy pożarniczej analogii, ma w sobie coś z podziwiania blasku płonącego domu.

SŁONECZNA WENDETA

„Każda opalenizna jest odpowiedzią skóry na uszkodzenie wywołane promieniowaniem ultrafioletowym" – komentuje dr Maria Noszczyk, dermatolog z Lecznicy Dermatologii Estetycznej i Anti-Aging Melitus w Warszawie. „Melanina nie pojawia się po to, by nas upiększyć. Jest biologiczną tarczą. Komórki produkują ją dlatego, że wcześniej odebrały sygnał alarmowy: promieniowanie UV zaczęło uszkadzać materiał genetyczny. Im silniejszy bodziec, tym intensywniejsza produkcja barwnika" – dodaje. Podziwianie czyjejś opalenizny po urlopie przypomina więc trochę zachwycanie się gipsem na nodze bez refleksji, że jego obecność oznacza złamanie. Jeszcze bardziej przewrotne jest to, że nawet jeśli nie doszło do klasycznego oparzenia słonecznego, uszkodzenia komórek i tak zachodzą. „Opalenizna jest więc śladem po urazie. Nie samym urazem, lecz jego biologiczną konsekwencją" – precyzuje moja rozmówczyni.

Dermatolodzy od lat powtarzają, że słońce nie wzmacnia skóry. Wręcz przeciwnie. Powakacyjna cera, choć przez kilka tygodni mieni się brązem, bardzo szybko się zmienia: po okresie intensywnej ekspozycji na promieniowanie UV skóra staje się grubsza, suchsza i szorstka. To również mechanizm obronny – organizm zwiększa warstwę rogową naskórka, próbując ograniczyć dalsze uszkodzenia. I znów z zewnątrz wygląda to jak zdrowa opalenizna, ale w rzeczywistości jest oznaką przeciążenia systemu ochronnego. Dlatego pod koniec lata wiele osób zauważa, że ich skóra po intensywnej ekspozycji na słońce zaczyna bardziej przypominać pergamin niż jedwab. Jest szara, napięta, wysuszona, gorzej odbija światło, a zmarszczki stają się wyraźniejsze. Wszelkie wcześniejsze drobne zmiany, jak choćby brodawki, ulegają po lecie uwypukleniu i zaostrzeniu. U starszych osób ten proces jest widoczny gołym okiem, ale nawet u młodych – u których regeneracja zachodzi sprawniej – pod powierzchnią hebanowej maski kryje się odwodniona pustynia.

Promieniowanie UV początkowo maskuje niektóre problemy dermatologiczne. Trądzik bywa mniej widoczny wskutek przejściowego osłabienia aktywności układu odpornościowego skóry. Dermatolodzy mówią wręcz o lokalnym działaniu immunosupresyjnym. Problem wraca jesienią ze zdwojoną siłą, gdy skóra odzyskuje normalną aktywność (nieprzypadkowo wrzesień i październik należą do miesięcy największego wysypu zaostrzeń trądziku). Podobnie jest z przebarwieniami. Latem często ich nie zauważamy, bo cała skóra staje się ciemniejsza. Dopiero jesienią okazuje się, że melanocyty – komórki produkujące barwnik – pracowały znacznie intensywniej w jednych miejscach niż w innych. Efektem są plamy, których wcześniej nie było albo których po prostu nie chcieliśmy dostrzec.

Najbardziej niepokojące zmiany zachodzą jednak głębiej. Kiedy beztrosko wylegiwaliśmy się na słońcu, promieniowanie UVA docierało do skóry właściwej, uszkadzając włókna kolagenu i elastyny. Z kolei UVB działało płycej, powodując mniej lub bardziej widoczne oparzenia naskórka. Razem tworzyły duet nie bez powodu nazywany przez dermatologów głównym architektem fotostarzenia. Nawet najlepiej wyglądająca opalenizna jest więc rachunkiem z odroczoną płatnością. Nie zawsze regulujemy go od razu. Czasem dopiero po 10 albo 20 latach płacimy zmarszczkami (ich największym sprzymierzeńcem nie jest wcale metryka, lecz suma godzin spędzonych na słońcu), utratą jędrności, przebarwieniami, rogowaceniami czy nowotworami skóry. „To nie znaczy oczywiście, że powinniśmy spędzać życie w piwnicy. Słońce jest niezbędne dla naszego dobrostanu psychicznego, reguluje rytm dobowy i uczestniczy w syntezie witaminy D" – pociesza dr Noszczyk. Problem zaczyna się wtedy, gdy mylimy umiarkowaną ekspozycję ze świadomym „ładowaniem koloru".

SKÓRA JAKO LUSTRO ZDROWIA

W codziennej pogoni za zdrowym sercem, czystymi płucami i sprawnym mózgiem wykazujemy zdumiewającą ignorancję wobec narządu, który spaja nas w całość – właśnie wobec skóry. To największy organ ludzkiego ciała, a przez większość czasu funkcjonuje w naszej świadomości jako dekoracja. Interesujemy się nią głównie wtedy, gdy pojawi się pryszcz albo gdy

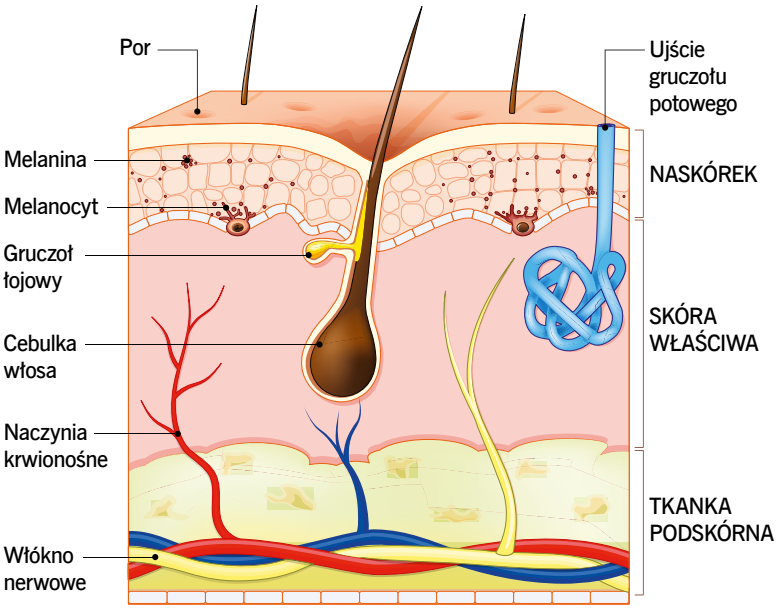
Warstwy skóry spod skaningowego mikroskopu elektronowego. Górna warstwa (jasnobrązowa) to zrogowaciały naskórek, który składa się z martwych komórek, zastępowanych komórkami z warstwy czerwonej. Poniżej jest skóra właściwa – gruba warstwa włóknistej tkanki łącznej (brązowa).

Fot. SPL/Indigo (2)

eprasa.pl 58d11eda9a

kolejne zdjęcie z wakacji pokaże, że jednak nie wyglądamy już tak jak 10 lat temu. Podczas gdy serce kojarzy się z miłością, mózg z inteligencją, a płuca z oddechem, skórę sprowadzamy głównie do kwestii kosmetycznych. A przecież mówimy o strukturze o powierzchni nawet 2 m^2 i stanowiącej ok. 15% masy ciała. To nie opakowanie organizmu, lecz jego aktywny, niezwykle skomplikowany system obronny. Dlatego współczesna medycyna odchodzi od myślenia o skórze wyłącznie w kategoriach estetyki. Przez dziesięciolecia traktowała ją głównie jako barierę oddzielającą organizm od świata zewnętrznego, która chroni przed bakteriami, wirusami, utratą wody, toksynami i promieniowaniem słonecznym. Do tego dochodzi regulacja temperatury, udział w reakcjach odpornościowych oraz nieustanne komunikowanie się z układem nerwowym. Badania z ostatnich lat sugerują, że przewlekłe uszkodzenia skóry mogą mieć jednak konsekwencje znacznie wykraczające poza zmarszczki i przebarwienia.

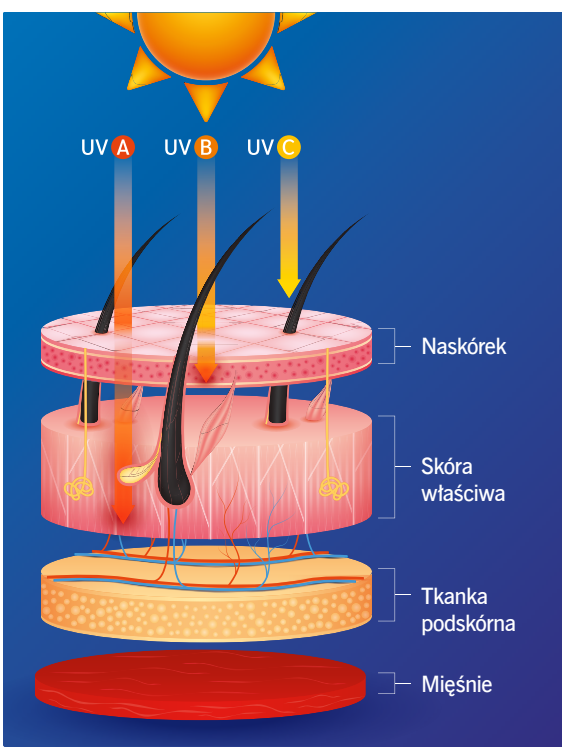
Aby zrozumieć ten fenomen, musimy bliżej wniknąć w strukturę tego narządu, który ewolucja zaprojektowała jako wielowarstwową zbroję, zaawansowane centrum dowodzenia i filtracji. Składa się z trzech ściśle współpracujących warstw. Zewnętrzna – naskórek – to wodoodporna bariera, która nieustannie, w cyklu trwającym 28–30 dni, regeneruje się i wymienia swoje komórki, odpierając ataki patogenów ze świata zewnętrznego. Pod nią znajduje się skóra właściwa, gęsto utkana z włókien kolagenu i elastyny, które nadają jej sprężystość i wytrzymałość na urazy mechaniczne. Najgłębiej leży tkanka podskórna, zbudowana z tłuszczu i tkanki łącznej, działająca jak amortyzator chroniący narządy wewnętrzne przed wstrząsami oraz izolator termiczny.



Budowa skóry

Uszkodzenie każdej z tych warstw – choćby wskutek promieniowania UV generującego w skórze ogromne ilości wolnych rodników – może skłaniać komórki do wydzielania białek zapalnych. Na krótką metę skutkuje to większym przepływem krwi do miejsca urazu, co przyspiesza gojenie. Jeśli jednak wysoki poziom stanu zapalnego utrzymuje się przez dłuższy czas, substancje te mogą się kumulować i dzięki rozległej sieci naczyń krwionośnych będą rozprzestrzeniać się na inne narządy. Stąd teoria o zwiększonym ryzyku chorób związanych z wiekiem – takich jak cukrzyca, miażdżyca i demencja – u osób z przyspieszonym starzeniem skóry. Co fascynujące, naukowcy z Erasmus MC Kanker Instituut w Rotterdamie przeprowadzili zakrojone na szeroką skalę badania, z których wynika, że to, czy czyjaś twarz wygląda obiektywnie na starszą, czy młodszą niż w rzeczywistości, jest ściśle powiązane z ogólnym ryzykiem zapadnięcia na zaćmę, osteoporozę, przewlekłą obturacyjną chorobę płuc (POChP) oraz utratę słuchu.

Wygląd naszej skóry jest więc bezpośrednim biologicznym zwierciadłem tempa, w jakim starzeją się narządy wewnętrzne i jak sprawnie funkcjonuje nasz układ poznawczy. Dbanie o barierę naskórkową przestaje być domeną próżności; jej dobra kondycja może wspierać zdrowie całego organizmu i sprzyjać dłuższemu życiu w dobrej formie. Pojawiła się nawet teoria, że tzw. leki senoterapeutyczne (przedrostek *seno-* pochodzi od słowa „senescencja", wywodzącego się z łac. *senescere* – „starzeć się"), które usuwałyby z naskórka starzejące się komórki albo mogące powstrzymać



Przenikanie promieni UV przez warstwy skóry. UVB przenika do naskórka (wywołuje oparzenia słoneczne, przyspiesza powstawanie zmarszczek), UVA przenika do skóry właściwej. Promieniowanie UVC zostaje pochłonięte przez górne warstwy atmosfery.

eprasa.pl 58d11eda9a

uwalnianie białek zapalnych, odegrają w przyszłości dużą rolę w profilaktyce wymienionych schorzeń. Na razie jednak takich leków nie ma.

WIELKA CZWÓRKA PIELĘGNACJI

Trudno się dziwić, że tę lukę od dawna stara się wypełnić przemysł kosmetyczny, który w setkach reklam przypomina nam, że bez kolejnego serum, koncentratu, ampułki i kremu z najnowszym przełomowym składnikiem nasza skóra nie dotrwa do jutra. Trzeba przyznać, że ma to swoje dobre strony – nigdy wcześniej nie mieliśmy dostępu do tak ogromnej wiedzy na temat pielęgnacji. Problem zaczyna się wtedy, gdy marketing zagłusza naukę, a troska o zdrowie zamienia się w niekończącą się pogoń za kolejnymi produktami i coraz bardziej skomplikowanymi rytuałami. Wystarczy wejść do dowolnej drogerii, by zobaczyć, jak na półkach pysznią się „kuracje odbudowujące", „terapie naprawcze", „aktywatory młodości", „inteligentne peptydy", „kompleksy lipidowe", „technologie DNA repair" i dziesiątki nazw brzmiących tak, jakby zostały wymyślone przez scenarzystów serialu SF. Marketing kosmetyczny ma niezwykły talent do tworzenia wrażenia, że w przemyśle *beauty* co rok wydarza się przełom porównywalny z odkryciem penicyliny. Tymczasem na kondycję skóry nadal największy wpływ mają rzeczy mało spektakularne: zdrowa dieta, sen, aktywność fizyczna, unikanie palenia tytoniu, ochrona przed promieniowaniem UV i konsekwentna rozsądna pielęgnacja. I właśnie teraz, po wakacjach, warto poświęcić jej trochę czasu.

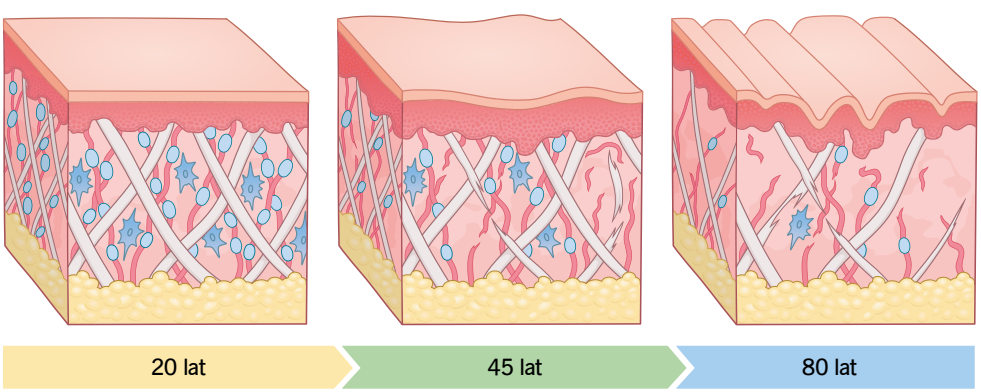
Mimo tysięcy produktów i nieustannego strumienia nowości fundamenty skutecznej pielęgnacji praktycznie nie zmieniły się od lat. Wedle ekspertów to, co naprawdę w kosmetykach działa, można zmieścić w jednym wierszu: retinol, ceramidy, antyoksydanty i substancje odbudowujące barierę naskórkową. Wszystkie zostały wymyślone i opracowane 30–40 lat temu. Trudno się temu dziwić, wszak nasz naskórek nadal potrzebuje dokładnie tego samego, czego potrzebował pod koniec XX w.: szczelnej bariery ochronnej, ochrony przed UV, sprawnego złuszczania i wsparcia procesów regeneracyjnych.

Dr Maria Noszczyk zwraca uwagę na jeszcze jeden problem. Wiele imponujących deklaracji marketingowych opiera się na badaniach laboratoryjnych albo krótkotrwałych obserwacjach, które niewiele mówią o rzeczywistych efektach. Krem może poprawiać elastyczność skóry o 30% – pytanie tylko, jak długo: przez godzinę, dwie, tydzień? Nie oznacza to, że kosmetyki nie działają. Oznacza jedynie, że warto oddzielać biologię od poezji marketingowej. Od ponad 30 lat lista substancji, dla których uzyskano naprawdę mocne dowody naukowe, pozostaje zaskakująco krótka. To retinoidy, witamina C, niacynamid oraz kwasy alfa-hydroksylowe (AHA). Nie dlatego, że są modne. Dlatego, że jako jedne z nielicznych przeszły próbę badań klinicznych i wieloletnich obserwacji.

Najbardziej imponującą historię ma retinol i jego silniejsi krewniacy, retinoidy. Ta substancja od lat 90. XX w. pozostaje złotym standardem dermatologii przeciwstarzeniowej. Powód jest prosty: retinoidy przyspieszają odnowę komórek naskórka, pobudzają produkcję kolagenu i pomagają eliminować komórki uszkodzone przez promieniowanie ultrafioletowe. Dr Noszczyk zwraca uwagę na jeszcze jedną zaletę retinolu po lecie: „Uszkodzony promieniowaniem naskórek zaczyna szybciej wymieniać komórki, dzięki czemu łatwiej usuwa te, w których mogły pojawić się mutacje wywołane przez UV. To jeden z powodów, dla których jesień od dawna jest uznawana za najlepszy moment na powrót do retinoidów. Paradoks polega na tym, że wiele osób rezygnuje z retinolu po pierwszym tygodniu stosowania".

„Mam uczulenie" – skarżą się klientki gabinetów kosmetycznych. Najczęściej jednak nie jest to alergia, lecz zwykłe podrażnienie. Skóra potrzebuje czasu, by nauczyć się funkcjonować z retinoidem. Początkowa suchość czy delikatne złuszczanie są wpisane w mechanizm działania. Oczywiście nie dotyczy to wszystkich i osoby z bardzo wrażliwą cerą powinny wprowadzać retinoidy ostrożnie, stopniowo i najlepiej pod kontrolą specjalisty.

Drugim bohaterem jest witamina C. W przeciwieństwie do retinolu nie przyspiesza odnowy komórek. Działa inaczej: neutralizuje wolne rodniki, powstające pod wpływem promieniowania UV i zanieczyszczeń środowiska, wspiera syntezę kolagenu oraz pomaga wyrównywać przebarwienia. Problem polega na tym, że łatwo ulega rozkładowi pod wpływem światła i powietrza, dlatego nie należy takich opakowań wystawiać na słońce. Trzecim wartościowym składnikiem jest niacynamid. To substancja mniej spektakularna, ale wszechstronna: wzmacnia barierę naskórkową, zmniejsza utratę wody, działa przeciwzapalnie,



Proces starzenia się skóry. Zmiany zachodzące w strukturze kolagenu przyspieszają powstawanie zmarszczek i utratę jędrności.

Fot. Shutterstock (3)

eprasa.pl 58d11eda9a

reguluje wydzielanie sebum i może rozjaśniać drobne przebarwienia. Nie czyni cudów i może dlatego dermatolodzy go lubią – po prostu pomaga skórze lepiej wykonywać jej codzienną pracę.

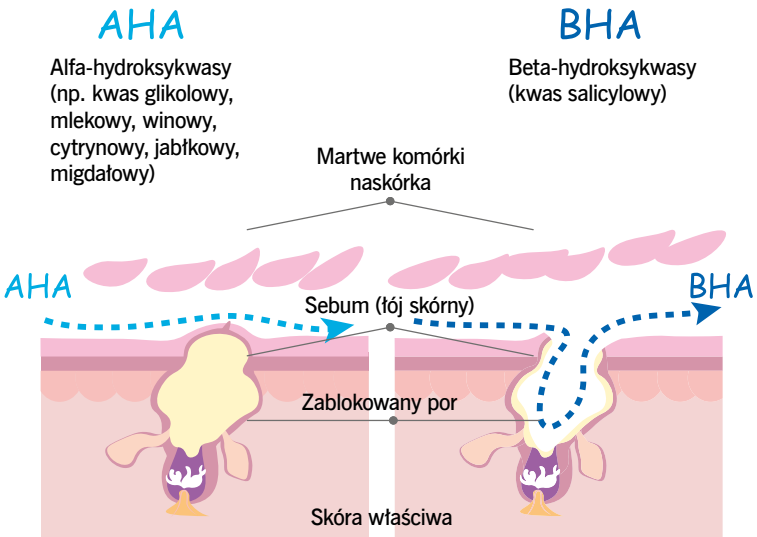
Ostatnim elementem tej układanki są kwasy AHA. Choć ich nazwa brzmi groźnie (alfa-hydroksykwasy, alpha-hydroxy acids), w odpowiednich stężeniach są przede wszystkim narzędziem do kontrolowanego złuszczania naskórka. Po lecie ma to szczególne znaczenie. Promieniowanie UV powoduje pogrubienie warstwy rogowej, która miała chronić głębsze tkanki przed dalszymi uszkodzeniami. Jesienią tę nadmierną warstwę warto stopniowo usuwać, przywracając skórze prawidłowy rytm odnowy. To właśnie dlatego eksperci zalecają powrót do delikatnych kwasów po zakończeniu sezonu intensywnego nasłonecznienia. Dr Noszczyk podkreśla jednak, że nie warto od razu łączyć ich wysokich stężeń z retinolem. Skóra po lecie jest już wystarczająco zmęczona. Lepiej odbudowywać ją cierpliwie, niż urządzać jej chemiczny sprint.

Co ciekawe, na tej liście nie ma kolagenu. Kolagen rzeczywiście jest jednym z najważniejszych białek skóry, nadaje jej sprężystość i elastyczność. Ale aplikowany w kosmetyku pozostanie na powierzchni naskórka, ponieważ takie związki – o dużych cząsteczkach – nie wnikają w głąb skóry. Podobnie jak inne hydrolizaty białek, kolagen nakładany z kremem zadziała wyłącznie powierzchniowo jako składnik nawilżający. Nic ponad to, wbrew licznym reklamom.

SZTUKA POSŁONECZNEJ RENOWACJI

Im więcej wiemy o biologii skóry, tym prostsze stają się zalecenia dermatologów. Przez kilka ostatnich tygodni promieniowanie UV stopniowo rozszczelniało barierę naskórkową, zwiększało utratę wody, pobudzało produkcję wolnych rodników i uszkadzało białka odpowiedzialne za sprężystość. Organizm przez cały ten czas pracował na najwyższych obrotach, próbując ograniczyć szkody. Jesień jest momentem, w którym można mu wreszcie przestać przeszkadzać, nie wystawiając się przez wiele godzin na słońce. Prosta wskazówka więc brzmi: myj teraz twarz łagodnym preparatem, regularnie stosuj krem nawilżający, retinoidy, rano filtr przeciwsłoneczny i… uzbrój się w cierpliwość. W świecie mediów społecznościowych przyzwyczailiśmy się do efektów przed i po, które mają pojawić się po tygodniu stosowania kosmetyku. Biologia działa jednak według własnego kalendarza i cykl odnowy naskórka trwa ok. miesiąca, a odbudowa głębszych struktur skóry zajmuje znacznie więcej czasu.

Pierwszym zadaniem staje się odbudowa bariery hydrolipidowej. To ona decyduje o tym, czy skóra potrafi zatrzymać wodę, bronić się przed drobnoustrojami i zachować elastyczność. Gdy jest uszkodzona, nawet najlepsze składniki aktywne zaczynają bardziej podrażniać, niż pomagać. Dlatego lekarze powtarzają jak mantrę: najpierw warto przywrócić prawidłowe funkcjonowanie bariery ochronnej, dopiero później myśleć o bardziej intensywnych kuracjach. Nie bez powodu ceramidy, kwas hialuronowy i gliceryna pozostają podstawą skutecznych preparatów nawilżających, bo są po prostu dobrze dopasowane do fizjologii skóry.



Porównanie działania kwasów AHA i BHA na skórę

Warto pamiętać jeszcze o jednym paradoksie. Jesienią wiele osób z ulgą odstawia krem z filtrem, uznając, że sezon słoneczny dobiegł końca. Tymczasem odpowiedź nie jest tak jednoznaczna, jak sugerują reklamy ani jak twierdzą najbardziej gorliwi zwolennicy całorocznego SPF. Badania pokazują, że znaczenie ochrony przeciwsłonecznej zależy od szerokości geograficznej, stylu życia i ilości czasu spędzanego na zewnątrz. Brian Diffey, brytyjski fotobiolog, wyliczył, że na północnych szerokościach geograficznych – obejmujących znaczną część Europy – zimowa ekspozycja na promieniowanie UV jest wielokrotnie mniejsza niż latem, zwłaszcza u osób pracujących w pomieszczeniach. W takich warunkach codzienne stosowanie wysokiego SPF przez całą zimę może przynosić niewielkie korzyści. Z kolei inni eksperci zwracają uwagę, że fotostarzenie ma charakter kumulacyjny i nawet niewielkie dawki promieniowania, powtarzane przez dziesięciolecia, dokładają swoją cegiełkę do procesu starzenia. W praktyce oznacza to, że nie istnieje jedna odpowiedź dla wszystkich. Jeżeli większość dnia spędzamy w biurze, późną jesienią i zimą w Polsce rygorystyczne stosowanie wysokiego SPF może nie być konieczne. Jeżeli jednak pracujemy na zewnątrz, uprawiamy sporty, wybieramy się w góry albo korzystamy z zimowych wyjazdów narciarskich, ochrona przeciwsłoneczna pozostaje nadal rozsądnym elementem profilaktyki.

Najlepsza pielęgnacja po lecie okazuje się więc zaskakująco mało spektakularna. Nie polega na poszukiwaniu kolejnego kosmetycznego cudu. Polega na cierpliwym wspieraniu procesów, które ewolucja wypracowywała przez miliony lat.

Paweł Walewski

Publicysta „Polityki". Zawód lekarza zamienił na dziennikarstwo i od 30 lat zajmuje się w mediach popularyzacją tematyki medycznej i zdrowotnej.

Fot. Shutterstock

eprasa.pl 58d11eda9a

Pulsar – serwis popularnonaukowy POLITYKI

POPULARYZATOR NAUKI 2024 i 2025

projektpulsar.pl

Wszystko, co warto wiedzieć o nauce:

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

...i jeszcze więcej:

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

PAWEŁ SIKORSKI:
Wirusy celowo zakładają czapki

DOROTA ROSIŃSKA, MAREK SZCZEPAŃCZYK:
Chcemy sięgnąć początków Wszechświata

pulsar

KATARZYNA SZNAJD-WERON:
O ruchach ciał społecznych

Zaprenumeruj nas:
projektpulsar.pl

eprasa.pl 58d11eda9a

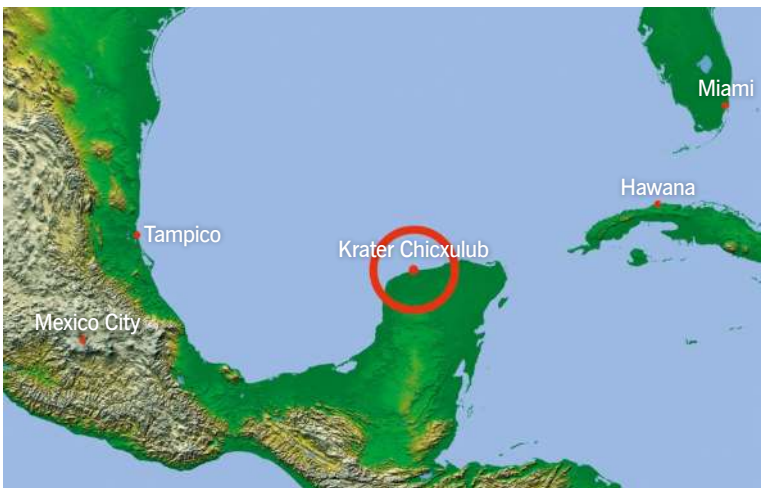
T. rex. Wielki meteoryt właśnie uderzył w Ziemię.

eprasa.pl

OSTATNIE CHWILE DINOZAURÓW

Jak godzina po godzinie i dzień po dniu przebiegała katastrofa sprzed 66 mln lat?

ANDRZEJ HOŁDYS



Lokalizacja krateru Chicxulub, ukrytego pod osadami na półwyspie Jukatan i pod Zatoką Meksykańską. Ma ok. 200 km średnicy.

PROROCY różnych religii i kultur od tysiącleci zapowiadali apokalipsę – dzień, w którym znany nam świat przestanie istnieć. Ziemia przeżyła ją naprawdę. Nie była karą ani mitem, lecz skutkiem zderzenia z asteroidą. W trakcie kilku minut rozpoczął się ciąg wydarzeń, który w następnych godzinach, dniach i latach doprowadził do zagłady ¾ gatunków zamieszkujących planetę. Świat należący przez ponad 160 mln lat do dinozaurów po prostu przestał istnieć.

Jeszcze dwie dekady temu naukowcy potrafili jedynie naszkicować przebieg tej katastrofy. Dziś dzięki odwiertom wykonanym w kraterze Chicxulub, symulacjom komputerowym oraz badaniom osadów odkrywanych od Meksyku po Nową Zelandię, a ostatnio także na japońskiej wyspie Hokkaido, potrafimy odtworzyć jej przebieg niemal minuta po minucie. Wiemy już, z którego kierunku nadleciała asteroida, pod jakim kątem uderzyła w Ziemię, jak długo pył przesłaniał Słońce, kiedy niemal ustała fotosynteza i jak przez oceany rozeszło się być może największe tsunami w historii naszej planety. Większość tych szczegółów poznaliśmy dopiero w ostatnich latach dzięki badaniom publikowanym w prestiżowych czasopismach. Nie jest to więc literacka wizja końca świata, lecz możliwie wierna rekonstrukcja prawdziwej apokalipsy. Przedstawili ją ostatnio Michael Benton, paleontolog z University of Bristol, oraz Monica Grady, znawczyni meteorytów z Open University.

GODZINA 0 MINUS JEDEN DZIEŃ

Słoneczny poranek nie zapowiada katastrofy. Jest ciepło i wilgotno. Nad płytkim morzem, pokrywającym północny skraj dzisiejszego półwyspu Jukatan, unoszą się ciężkie chmury, a przez gęste zarośla przedziera się potężny *T. rex*. Nie szuka ofiary. Wywęszył szczątki triceratopsa, którego upolował poprzedniego dnia. Zatrzymuje się przy padlinie, odrywa jeszcze kilka kęsów mięsa, po czym rusza ku pobliskiemu jezioru, by zaspokoić pragnienie. Niewielkie krokodyle i żółwie z pluskiem znikają pod wodą. Nieco dalej stoi ankylozaur – potężny roślinożerca osłonięty pancerzem z płyt kostnych i uzbrojony w ciężką maczugę wieńczącą ogon. Tyranozaur przygląda mu się przez chwilę, po czym rusza dalej. Nawet dla największego drapieżnika późnej kredy taki przeciwnik oznacza ryzyko ciężkich obrażeń.

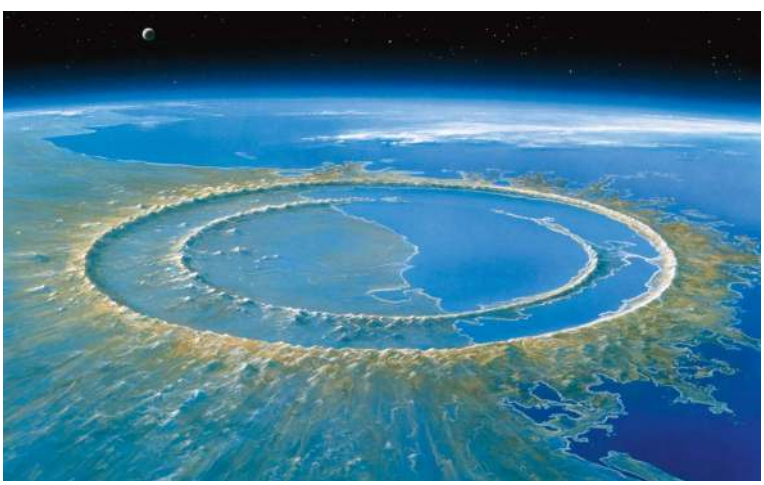
Ten dzień zaczyna się jak wiele poprzednich, ale jego koniec nie będzie już taki sielski. Od mniej więcej tygodnia na nocnym niebie widoczny jest niezwykle jasny punkt. Nie przypomina komety, bo nie ciągnie za sobą świetlistego warkocza. Wygląda raczej jak wyjątkowo jasna gwiazda. Asteroida ma 10–12 km średnicy i leci z prędkością blisko 20 km/s wprost ku Ziemi, dlatego przez wiele dni wydaje się nieruchoma. Dopiero około doby przed zderzeniem zaczyna gwałtownie jaśnieć. Nie znika w ciągu dnia, lecz szybko się powiększa. *T. rex* nie wie, co to znaczy. Nie ma pojęcia, że z kosmosu nadciąga zagłada, że zniknie bezpowrotnie wraz z całą swoją dinozaurową dynastią.

Symulacje opublikowane niedawno w „Nature Communications" wykazały, że asteroida nadleciała z północnego wschodu pod kątem 45–60° do powierzchni Ziemi. Taki tor lotu sprzyjał wyrzuceniu

Fot. Shutterstock, Alamy/Indigo

eprasa.pl 58d11eda9a

Wizualizacja momentu zagłady dinozaurów



Krater Chicxulub wkrótce po uderzeniu asteroidy, która wpadła do płytkich wód Zatoki Meksykańskiej.

do atmosfery maksymalnej ilości skał, pyłu i gazów odpowiedzialnych za późniejsze zmiany klimatu. Równie ważne było miejsce uderzenia. Asteroida trafiła w płytkie morze o zasięgu znacznie większym niż dziś, z zalegającymi pod dnem grubymi warstwami skał osadowych. To one zamieniły lokalną katastrofę w globalny kataklizm.

GODZINA 0

T. rex zdąży jeszcze zobaczyć kulę ognia jaśniejszą od Słońca. Być może jego zmysł słuchu w ostatnim momencie zarejestruje trzaski i syki rozchodzące się w silnie rozgrzanym powietrzu. Zaraz rozlegnie się ogłuszający huk, związany z przekroczeniem przez asteroidę bariery dźwięku, a następnie spadnie ona do płytkiego morza. Żadne zwierzę znajdujące się w pobliżu nie przetrwa tego uderzenia. Energia pędzącej asteroidy zamienia się w ciepło, fale sejsmiczne i uderzeniowe. Szacuje się ją na równowartość blisko 100 mln megaton trotylu. To miliardy razy więcej energii, niż uwolniła bomba zrzucona na Hiroszimę. Pod takim ciśnieniem skały przestają zachowywać się jak ciała stałe. Zarówno asteroida, jak i ogromne połacie podłoża topią się lub odparowują, a temperatura sięga 10 tys. °C.

Po jakichś 10 s powstaje krater, który gwałtownie się pogłębia. 20 s po uderzeniu jego głębokość przekracza 30 km! Jego krawędzie wznoszą się dwukrotnie wyżej niż Mount Everest – tak sugerują symulacje komputerowe. Ta gigantyczna struktura istnieje jednak tylko kilkadziesiąt sekund. W środku krateru formuje się kilkukilometrowej wysokości wierzchołek, który po chwili zapada się pod własnym ciężarem. Pozostaje krater o średnicy ok. 200 km. Ale najważniejsze procesy zachodzą nie w samym kraterze, lecz ponad nim. Do atmosfery trafiają miliardy ton stopionych i rozdrobnionych skał. Największe bloki opadają w pobliżu miejsca katastrofy, drobniejszy materiał wzbija się na wysokość nawet kilkudziesięciu kilometrów. Część tych cząstek opuszcza Ziemię i umyka w kosmos, ale większość rozpoczyna lot wokół planety. To one odegrają kluczową rolę w dalszym przebiegu katastrofy.

eprasa.pl 58d11eda9a

GODZINA 0 PLUS 60 MIN

W promieniu setek kilometrów od miejsca uderzenia dotychczasowy krajobraz przestaje istnieć. Jeszcze przed chwilą były tu płytkie morze, tropikalne wybrzeże i gęsty las. Teraz jest rozżarzona pustynia. Powietrze rozgrzewa się do ponad 200°C. Gorąco oraz poruszająca się z prędkością naddźwiękową fala uderzeniowa zabijają niemal wszystko w promieniu 1500–2000 km od miejsca impaktu. Zwierzęta i rośliny zostają upieczone i spalone, jakby umieszczono je w gigantycznym piekarniku z termoobiegiem. Po kilku minutach wiatry trochę słabną, ale wciąż mają prędkość i impet najbardziej niszczycielskich huraganów 5 kategorii. Wybuchają pożary, które karmią się roślinami i ściółką.

Impakt porusza też oceanem. Następuje gwałtowne przemieszczenie niewyobrażalnych mas wody. Modele hydrodynamiczne pozwoliły oszacować energię tej fali. Była ona – jak napisali autorzy analizy opublikowanej rok temu w „AGU Advances" – ok. 30 tys. razy większa niż w przypadku największych współczesnych tsunami. Najpierw żywioł uderza w brzegi Zatoki Meksykańskiej. Ściana wody ma wysokość ponad 100 m. W następnych godzinach podobnie występują z brzegów wody północnego Atlantyku oraz Pacyfiku – tu fala tsunami ma ponad 10 m wysokości. W wielu miejscach woda zdziera z dna oceanicznego osady gromadzone przez miliony lat.

Dla zwierząt i roślin żyjących tysiące kilometrów od upadku meteorytu apokalipsa dopiero się zaczyna. Dinozaury przemierzające lasy dzisiejszej Azji czy Nowej Zelandii nie słyszały eksplozji, nie poczuły niszczycielskiej fali uderzeniowej. Lecz nad ich głowami zachodzi o wiele potężniejszy proces, który przesądzi o losach całej biosfery. Materiał wyrzucony w powietrze z krateru o średnicy 180 km i głębokości 20 km musi gdzieś się podziać. A ponieważ porusza się w atmosferze z prędkością ponad 5 km/s, w ciągu godziny rozchodzi się wokół całego globu. Teraz miliardy rozżarzonych drobin skalnych i mineralnych powracają na Ziemię, rozgrzewając powietrze. Te kropelki stopionych skał, nazwane sferulami, geolodzy odnaleźli w dziesiątkach miejsc na globie w warstewce osadów wyznaczającej kres ery mezozoicznej. Od rozżarzonego nieba zapalają się lasy na całym globie. Nie wszędzie ogień ma jednakową siłę, ale jego zasięg jest bezprecedensowy. Również po tych megapożarach w warstwie granicznej skał zachował się ślad pod postacią drobinek sadzy.

Drobne kulki przetopionego materiału skalnego (sferule), wyrzucone podczas uderzenia meteorytu Chicxulub.

GODZINA 0 PLUS JEDEN TYDZIEŃ

Tsunami obiegło już glob, huraganowe wiatry powoli słabną, ale pożary wciąż pustoszą kolejne lądy, a sadza z nich dołącza do innych cząstek unoszących się w wyższych warstwach atmosfery i blokujących światłu słonecznemu dostęp do powierzchni planety. Wśród tych aerozoli najważniejszą frakcję stanowi bardzo drobny pył mineralny, głównie krzemionkowy, pochodzący z impaktu. Opublikowane w „Nature Geoscience" badania belgijskich naukowców sugerują, że ziarenka o średnicy 1–8 μm mogły utrzymywać się w atmosferze nawet przez 15 lat.

Pyły krzemionkowe zaczynają hamować fotosyntezę. Dokonują tego razem z sadzą oraz aerozolami siarkowymi, których źródłem również jest impakt, jako że tam, gdzie spadł meteoryt, znajdują się również grube warstwy skał siarczanowych takich jak anhydryt. Specjaliści długo uważali, że to właśnie siarka najsilniej schłodziła glob 66 mln lat temu, ale naukowcy z Belgii opowiadają się za pyłem krzemionkowym.

Yutyrannus – jeden z wczesnych tyranozauroidów – zamieszkiwał przed 125 mln lat tereny dzisiejszych Chin.

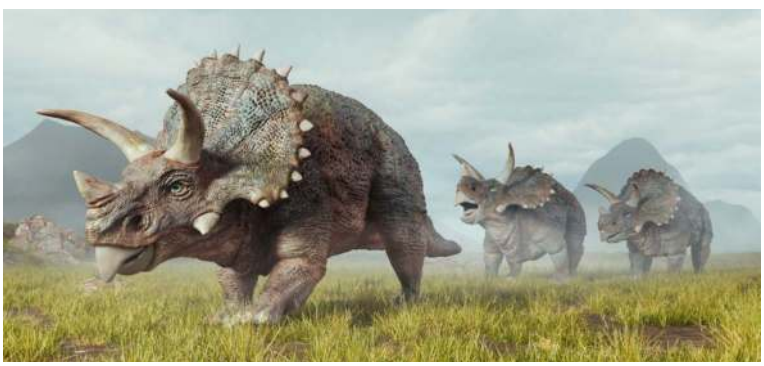
Fot. SPL/Indigo (4)

eprasa.pl 58d11eda9a

Niebo nad Ziemią ciemnieje. Tarcza słoneczna ginie. Stopniowo zasłania ją gęstniejąca brunatnoszara mgła. Temperatury na globie zaczynają spadać. Rośliny na lądach i fitoplankton oceaniczny, pozbawione światła słonecznego, zamierają. Z każdym dniem zmniejsza się dopływ energii do większości ekosystemów. Katastrofa przeobraża się w globalny kryzys biologiczny. Symulacje komputerowe przeprowadzone przez badaczy z amerykańskiego National Center for Atmospheric Research w Boulder sugerują, że mniej więcej tydzień po upadku meteorytu strumień energii słonecznej docierającej do powierzchni globu zmniejsza się tysiąckrotnie. Temperatura obniża się o jakieś 5°C, a duże gady lądowe i morskie, przystosowane do ciepłego klimatu późnej kredy, nie potrafią poradzić sobie z tak gwałtowną zmianą warunków i zaczynają masowo umierać.

Na dodatek na planetę zaczynają spadać kwaśne deszcze, zawierające związki siarki i azotu. Opady zakwaszają gleby, doprowadzając do zagłady lasów. Gwałtowny spadek pH oceanów skutkuje masową śmiercią organizmów morskich posiadających wapienne skorupki i pancerzyki – mięczaków, skorupiaków, koralowców. Załamują się morskie łańcuchy pokarmowe – ich odbudowa zajmie dziesiątki tysięcy lat.

Impakt sprzed 66 mln lat doprowadził również do zagłady hadrozaurów, zwanych też dinozaurami kaczodziobymi. Do tej rodziny należał parazaurolof, żyjący ok. 10 mln lat przed końcem kredy.



Stado potężnych roślinożernych triceratopsów, które pojawiły się kilka milionów lat przed końcem kredy i wymarły w wyniku impaktu.

Pod koniec kredy wymarły również ankylozaury – masywne dinozaury pancerne pokryte płytami kostnymi i wyposażone w charakterystyczną buławę na końcu ogona.

GODZINA 0 PLUS JEDEN ROK

Pożary dawno wygasły, wiatry ucichły, a oceany odzyskały pozorny spokój. Może się wydawać, że po kosmicznej kolizji pozostała jedynie głęboka rana na dnie morskim. Najbardziej destrukcyjny efekt wciąż jednak trwa. Atmosfera nadal jest wypełniona pyłami i sadzą ograniczającymi niemal do zera dopływ światła i ciepła słonecznego. Średnia temperatura na globie spadła o 15°C (tak sugerują symulacje belgijskich badaczy) w porównaniu z czasami sprzed impaktu, a fotosynteza praktycznie ustała.

Na pogrążonej w sadzy i pyłach Ziemi trwa zima. Wszystkie dinozaury i gady morskie, które jakimś cudem przetrwały pierwszy tydzień po uderzeniu meteorytu, wymarły w ciągu kilku kolejnych tygodni. Pozostały tylko ich rozkładające się cielska. W nielicznych refugiach żyją mniejsze gatunki, które zdołały skryć się pod powierzchnią gruntu lub pod wodą. Najlepiej radzą sobie te, które nie grymaszą i są odporne na niedostatek pokarmu. W norach i szczelinach skalnych ukrywają się małe ssaki. Od śmierci uratowały się żółwie, część krokodyli, jaszczurki, węże, płazy i wiele owadów. Znikły wszystkie nieptasie dinozaury, pterozaury, amonity, belemnity i całe grupy gadów morskich. Łącznie wymarło ok. 75% gatunków. Analizy skamieniałości z różnych miejsc na globie z okresu tuż po zagładzie pokazują jednak, że również te organizmy, które ostatecznie ocalały, poniosły ogromne straty.

GODZINA 0 PLUS 10 LAT

10 lat po uderzeniu Ziemia wciąż nie przypomina planety sprzed katastrofy. Większość aerozoli siarczanowych dawno opadła na powierzchnię globu wraz z kwaśnymi deszczami, ale część pyłu i sadzy wciąż unosi się w atmosferze. Klimat powoli się ociepla, choć średnia temperatura pozostaje wyraźnie niższa niż pod koniec kredy. Fotosynteza ponownie nabiera rozpędu. Najpierw odradza się fitoplankton, później – roślinność

eprasa.pl 58d11eda9a

lądowa, a dopiero za nimi wracają bardziej złożone ekosystemy. Gdyby taki kataklizm przytrafił się nam, jako gatunek, który nie drąży nor i nie mieszka pod wodą, byśmy go nie przetrwali.

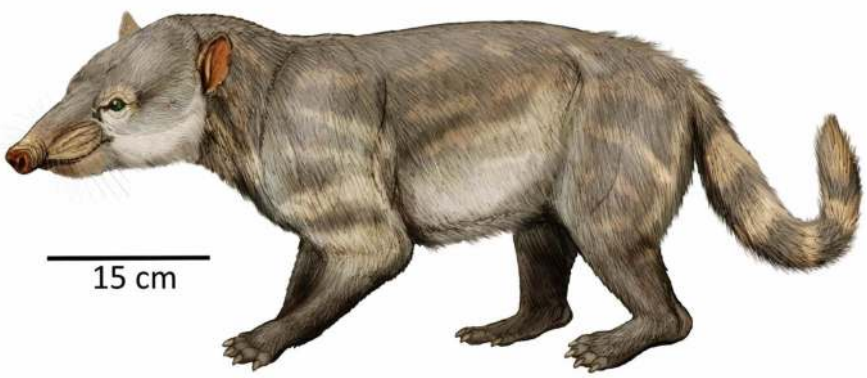
Świat odradza się, choć w nowej formie. Nie ma już ogromnych zauropodów, rogatych triceratopsów, drapieżnych tyranozaurów ani pterozaurów szybujących nad morzami. W oceanach zniknęły amonity, belemnity i różne gady morskie. Katastrofa usunęła większość figur i pionków na ewolucyjnej planszy. Pozostały po nich puste miejsca. A co z tymi, którzy ocaleli? Zaczynają powoli wygrzebywać się z populacyjnego dołka. Wciąż walczą o przetrwanie, przyczajeni w nielicznych, względnie bezpiecznych strefach, znajdujących się daleko od miejsca impaktu.

Najodważniejsi i najbardziej ekspansywni zaczynają zajmować pobliskie opustoszałe nisze ekologiczne. To jednak długotrwały proces, który potrwa znacznie dłużej niż jedną dekadę. Na razie jednak liczy się przede wszystkim to, że dzięki powrotowi fotosyntezy szybko odbijają rośliny i fitoplankton. Produkcja biomasy na lądach i w morzach rośnie. Ziemia się zazielenia, a atmosfera oczyszcza.

GODZINA 0 PLUS MILION LAT

Odbudowa biosfery trwa znacznie dłużej, niż mogłoby się wydawać. Nie liczy się jej w latach ani tysiącach lat, lecz w setkach tysięcy i milionach. Rany jednak stopniowo się zabliźniają. Powracają lasy, stabilizuje się klimat, odbudowują się rafy koralowe i morskie sieci pokarmowe. Życie na lądach i w oceanach stopniowo odzyskuje dawną różnorodność. Nie wraca jednak świat sprzed impaktu. Jest to zupełnie nowa planeta, zamieszkana przez nowych zwycięzców. Są nimi przede wszystkim ssaki. Wcześniej niewielkie i żyjące w cieniu gigantycznych gadów, teraz rozpoczynają niezwykłą ekspansję. Znakomicie pokazuje to stanowisko kopalne Corral Bluffs, usytuowane na przedpolu Gór Skalistych w centralnej części amerykańskiego stanu Kolorado. Paleontolodzy Tyler Lyson i Ian Miller z Denver Museum of Nature and Science oraz ich współpracownicy odnaleźli tu kilka tysięcy doskonale zachowanych skamieniałości roślin oraz ok. tysiąca skamieniałości zwierząt. Cały ten skarb pochodził z pierwszego miliona lat po impakcie. Wcześniej żyły tu tyranozaury, ankylozaury, hadrozaury, triceratopsy, a także żółwie, krokodyle, ryby, płazy i ssaki. W krajobrazie dominowały lasy palmowe, rzeki i mokradła.

Po katastrofie świat Corral Bluffs zmienił się radykalnie. Owszem, niektóre grupy zwierząt ocalały, ale np. wśród ssaków przetrwały tylko najmniejsze gatunki o masie 0,5 kg lub mniejszej. Większe osobniki znikły, a były wśród nich okazy o masie nawet 8 kg. Upłynęło jednak niewięcej niż 100 tys. lat, a ssaki ponownie osiągnęły rozmiary sprzed zagłady, natomiast liczba ich gatunków, rodzajów i rodzin się podwoiła. Po upływie 300 tys. lat od impaktu osiągały już rozmiary trzykrotnie większe aniżeli pod koniec kredy. Badacze podejrzewają, że mógł to być efekt zmian w diecie, w której pojawiły się orzechy. W Corral Bluffs ssaki rosły i różnicowały się tak szybko, że w ciągu 700 tys. lat od katastrofy powiększyły swoje rozmiary stukrotnie, do blisko 50 kg. Taką masę miał drapieżnik *Eoconodon*, cechujący się krępą sylwetką, silną szczęką i mocnymi kłami. Jego pojawienie się oznaczało, że ssaki po odbudowaniu własnych nisz ekologicznych szybko przystąpiły do zajmowania tych opuszczonych przez wymarłe gady. To był początek radiacji ewolucyjnej, która ostatecznie doprowadziła do pojawienia się naczelnych, a znacznie później – człowieka.



Eoconodon coryphaeus – najstarszy znany duży drapieżny ssak, który pojawił się na Ziemi kilkaset tysięcy lat po wymieraniu kredowym.

GODZINA 0 PLUS 66 MLN LAT

Dziś po tamtej katastrofie nie ma już śladu na powierzchni Ziemi. Krater Chicxulub ukryty jest pod młodszymi skałami półwyspu Jukatan oraz wodami Zatoki Meksykańskiej. Odnaleziono go w 1991 r. dzięki wierceniom. Późniejsze badania pozwoliły odtworzyć jego rzeczywiste rozmiary oraz proces powstawania. Jeszcze większym archiwum tamtych wydarzeń okazały się skały rozsiane po całym świecie. W 1980 r. Luis Alvarez ze współpracownikami opublikował na łamach „Science" pracę, w której opisali cienką warstwę iłu z końca kredy zawierającą niezwykle wysokie stężenie irydu – pierwiastka rzadkiego w skałach skorupy ziemskiej, lecz stosunkowo częstego w meteorytach. Autorzy artykułu zaproponowali odważną hipotezę. Dowodzili, że źródłem irydu było uderzenie gigantycznej asteroidy. Sceptycy początkowo kręcili nosem, lecz po odnalezieniu krateru szybko ich ubyło. Warstewki wzbogaconej w iryd zaczęto szukać w innych miejscach na globie. I odnajdywano ją. Najnowsze doniesienie pochodzi z maja tego roku z japońskiej wyspy Hokkaido. To pierwsze takie znalezisko we wschodniej Azji. Niemal wszędzie granica pomiędzy kredą a erą kenozoiczną ma zaledwie kilka centymetrów grubości. Zdumiewająco mało jak na kronikę z czasów apokalipsy.

Andrzej Hołdys

Dziennikarz naukowy specjalizujący się w naukach o Ziemi i dyscyplinach pokrewnych, tłumacz literatury popularnonaukowej. Ukończył geografię na Uniwersytecie Warszawskim. Stały współpracownik „Wiedzy i Życia".

Fot. Shutterstock (3), DIBGD

eprasa.pl 58d11eda9a

Oceany – cenna rezerwa surowców mineralnych

Morza i oceany od dawna fascynują nie tylko odkrywców, lecz także naukowców i światowe gospodarki. Na ich powierzchni i pod nią kryją się ogromne zasoby surowców, które mogą odegrać kluczową rolę w transformacji energetycznej i rozwoju nowoczesnych technologii. Czy jesteśmy u progu ery górnictwa głębokomorskiego?

Fot. Urszula Pączek

Opuszczanie sprzętu pomiarowego podczas ekspedycji realizowanej przez Państwowy Instytut Geologiczny w celu regionalnej eksploracji obszarów głębokomorskich na północnym Atlantyku.

Rozmowa z **prof. Krzysztofem Szamałkiem**, dyrektorem Państwowego Instytutu Geologicznego – Państwowego Instytutu Badawczego.

Panie profesorze, jakie bogactwa kryją morza i oceany? Co dziś da się wydobyć z nich przy obecnym stanie technologicznym?

Kryją praktycznie wszystkie bogactwa mineralne znane nam z lądów. Można powiedzieć, że nie istnieje pierwiastek ani minerał, który nie występowałby w obrębie hydrosfery. Warto przypomnieć, że morza i oceany tworzą wspólnie tzw. ocean światowy, czyli globalny system wodny pokrywający niemal 75% powierzchni Ziemi. Ze względu na swoją objętość hydrosfera jest największym naturalnym magazynem pierwiastków na naszej planecie.

Każdy pierwiastek z układu okresowego występuje w wodzie morskiej – czasem w bardzo niewielkich stężeniach – ale po przemnożeniu przez całkowitą objętość oceanu daje to ogromne zasoby. Oczywiście nie wszystkie te pierwiastki można pozyskiwać ekonomicznie. W wielu przypadkach byłoby to technologicznie możliwe, lecz nieopłacalne. Pewne substancje jednak już dziś wydobywa się z wody morskiej na skalę przemysłową. Przykładami są magnez i brom, a znacząca część światowej produkcji tych surowców pochodzi właśnie z przetwarzania wody morskiej.

Jednak bogactwa oceanów to nie tylko składniki rozpuszczone w wodzie. **Ogromne zasoby surowców znajdują się również na dnie oceanicznym oraz pod jego powierzchnią, w obrębie skał skorupy ziemskiej.** Jednym z najważniejszych przykładów są konkrecje manganowo-żelaziste. Te naturalne nagromadzenia mineralne zawierają przede wszystkim żelazo i mangan w postaci tlenków oraz wodorotlenków, ale także wiele innych cennych pierwiastków. Wśród nich znajdują się m.in. nikiel, kobalt i miedź – metale o strategicznym znaczeniu dla nowoczesnej gospodarki, szczególnie w kontekście elektroniki i transformacji energetycznej. Konkrecje zawierają również pierwiastki ziem rzadkich oraz inne surowce krytyczne.

Gdzie można je znaleźć?

Największe i najlepiej rozpoznane złoża tych konkrecji znajdują się w strefie Clarion-Clipperton na Oceanie Spokojnym. Prawa do eksploracji tego obszaru ma wiele państw i organizacji międzynarodowych, m.in. Rosja, Japonia, Francja, Niemcy, Korea Południowa, a także Polska – jako członek

eprasa.pl 58d11eda9a

Fot. Agata Kozłowska-Roman

Ząb rekina z rzędu Lamniformes z zachowaną konkrecją, która zaczęła formować się wokół niego.

międzynarodowej organizacji Interoceanmetal. W ramach tej współpracy od wielu lat prowadzone są badania geologiczne, analizy chemiczne oraz testy technologiczne dotyczące możliwości przetwarzania tych konkrecji i odzyskiwania z nich metali. Wiadomo już, że ich przemysłowe wykorzystanie jest technicznie możliwe. Problemem pozostaje jednak głębokość zalegania tych złóż – ok. 4,5 tys. metrów poniżej powierzchni oceanu. Mimo to technologie ich potencjalnej eksploatacji, m.in. z wykorzystaniem hydraulicznych systemów ssących, zostały już opracowane i przetestowane.

Drugim niezwykle ważnym źródłem surowców mineralnych na dnie oceanów są masywne siarczki polimetaliczne, zwane też oceanicznymi siarczkami hydrotermalnymi. W odróżnieniu od konkrecji, które mają charakter tlenkowy, te złoża składają się głównie z siarczków metali – przede wszystkim żelaza, miedzi, niklu czy ołowiu. Często zawierają również znaczne ilości metali szlachetnych, takich jak złoto, srebro i platyna, a także pierwiastki ziem rzadkich.

Złoża te tworzą tzw. czarne kominy (*black smokers*), czyli hydrotermalne nagromadzenia w strefie wypływów gorących, silnie zmineralizowanych roztworów ze skał pod dnem oceanicznym. Woda taka osiąga temperaturę nawet ok. 300°C i pod wysokim ciśnieniem wydobywa się przez szczeliny dna oceanicznego. Po zetknięciu z zimną wodą oceaniczną mającą temperaturę ok. 1,5°C następuje gwałtowne wytrącanie minerałów siarczkowych, które budują charakterystyczne kominowe struktury. Proces ten był wielokrotnie obserwowany podczas ekspedycji badawczych z użyciem podwodnych aparatów badawczych.

Jak bogate w metale są czarne kominy?
Obecne w nich rudy należą do najbogatszych znanych naturalnych koncentracji metali – **lokalnie zawartość miedzi może przekraczać 30%, a innych metali osiągać wartości wielokrotnie wyższe niż w typowych złożach lądowych.** W przeciwieństwie do szeroko rozprzestrzenionych konkrecji czarne kominy występują wyłącznie w określonych strefach aktywności tektonicznej, głównie tam, gdzie dochodzi do rozsuwania się płyt litosfery. Są to tzw. strefy spreadingu, czyli miejsca formowania nowej skorupy oceanicznej.

Choć technologie przerobu tych rud zostały już opracowane, obecnie nie prowadzi się jeszcze ich eksploatacji na szeroką skalę przemysłową. Główne bariery stanowią koszty technologiczne, kwestie środowiskowe oraz brak jednoznacznych regulacji międzynarodowych dotyczących komercyjnego górnictwa głębokomorskiego.

Gdzie jeszcze na dnie oceanicznym stwierdzono skupiska pierwiastków?
W tzw. naskorupieniach kobaltonośnych. Pod względem chemicznym są one zbliżone do konkrecji polimetalicznych, ponieważ również składają się głównie z tlenków i wodorotlenków żelaza oraz manganu. W odróżnieniu od konkrecji charakteryzują się jednak wyjątkowo wysoką zawartością kobaltu. Naskorupienia te występują najczęściej w postaci pokryw zalegających na powierzchni osadów dennych, szczególnie na wyniesionych formach morfologicznych dna oceanicznego, takich jak góry podmorskie. Również one są rozpatrywane jako potencjalny przedmiot przyszłej eksploatacji surowcowej.

W płytszych, bardziej przybrzeżnych strefach mórz i oceanów występują natomiast okruchowe złoża minerałów nośników metali. Powstają w wyniku procesów erozyjnych zachodzących na lądzie, podczas których skały ulegają wietrzeniu, rozdrobnieniu i transportowi. Materiał ten, niesiony przez wody powierzchniowe, rzeki i strumienie, trafia następnie do mórz i oceanów. Jeżeli transportowany osad zawiera minerały odporne na wietrzenie, zwłaszcza tzw. minerały ciężkie, osadzają się one stosunkowo blisko linii brzegowej, zwykle w odległości od kilkudziesięciu do kilkuset metrów od brzegu. Ze względu na większą gęstość osadzają się szybciej niż lżejszy materiał i tworzą cienkie, kilku- lub kilkunastocentymetrowe warstwy wzbogacone w cenne minerały. Są to często koncentraty minerałów tytanu, takich jak rutyl czy anataz.

Jednym z najważniejszych obszarów eksploatacji takich złóż są wybrzeża Australii, która należy do głównych światowych producentów tytanu pozyskiwanego właśnie z piasków tytanonośnych. Oprócz nich eksploatuje się również piaski żelazonośne, związane głównie z obecnością magnetytu i hematytu, a także piaski złotonośne, platynonośne oraz diamentonośne. Diament, podobnie jak inne odporne minerały ciężkie, może przetrwać transport i akumulować się w tego typu osadach.

Mówiąc o zasobach dna oceanicznego, nie sposób pominąć także węglowodorów, czyli ropy naftowej i gazu ziemnego, zlokalizowanych pod dnem morskim. **Szczególnie interesującą i nadal niewykorzystywaną na większą skalę formą ich występowania są jednak gazohydraty, przede wszystkim gazohydraty metanu.** To substancje niezwykłe, ponieważ są ciałami stałymi zbudowanymi z wody i uwięzionego w jej strukturze metanu. Powstają w warunkach wysokiego ciśnienia i niskiej temperatury, typowych dla dna oceanicznego, i występują powszechnie na obszarach wielu mórz i oceanów. Ich znaczenie wynika z ogromnej koncentracji gazu – w 1 m^3 gazohydratu może znajdować się nawet ponad 100 m^3 metanu, który może uwolnić się do atmosfery.

Jednocześnie gazohydraty mają istotne znaczenie dla procesu zmian klimatu. Wraz z postępującym globalnym ociepleniem temperatura wód oceanicznych stopniowo wzrasta, co może doprowadzić do destabilizacji tych złóż. W takiej sytuacji gazohydrat przechodziłby ze stanu stałego w gazowy, uwalniając metan do wody, a następnie do atmosfery. Ten gaz cieplarniany znacznie silniej oddziałuje na ocieplenie klimatu niż dwutlenek węgla. Z tego względu

eprasa.pl 58d11eda9a

część badaczy wskazuje, że kontrolowane zagospodarowanie tych zasobów mogłoby jednocześnie dostarczyć surowca energetycznego i ograniczyć ryzyko jego niekontrolowanego uwalniania do atmosfery.

Czy gazohydraty są obecnie wydobywane?
Z obszarów morskich nie są eksploatowane komercyjnie, ale pozyskuje się je na terenach wiecznej zmarzliny, m.in. w Rosji – na Syberii – oraz na Alasce w Stanach Zjednoczonych. Działania te mają charakter badawczo-doświadczalny (w części przemysłowy) i służą przede wszystkim określeniu, w jakich warunkach technicznych, geologicznych i ekonomicznych eksploatacja gazohydratów mogłaby stać się możliwa oraz opłacalna na skalę przemysłową.

Panie profesorze, czy Morze Bałtyckie jest atrakcyjne pod względem występowania surowców mineralnych?
Bałtyk można uznać za atrakcyjny obszar z punktu widzenia potencjalnego pozyskiwania surowców mineralnych przede wszystkim dlatego, że jest akwenem płytkim. Oznacza to, że wszelkie działania związane z rozpoznaniem, dokumentowaniem czy ewentualnym zagospodarowaniem złóż byłyby tu znacznie mniej kosztowne niż w przypadku oceanów, takich jak Pacyfik, Atlantyk czy Ocean Indyjski, gdzie głębokości sięgają 4 km i więcej.

Fot. Agata Kozłowska-Roman

Przekrój przez konkrecję polimetaliczną ukazujący wewnętrzną koncentryczną budowę.

Fot. Agata Kozłowska-Roman

Konkrecja polimetaliczna z obszaru Clarion-Clipperton (kontraktor Interoceanmetal).

Fot. Agata Kozłowska-Roman

Przekrój przez konkrecję polimetaliczną ukazujący wewnętrzną koncentryczną strukturę.

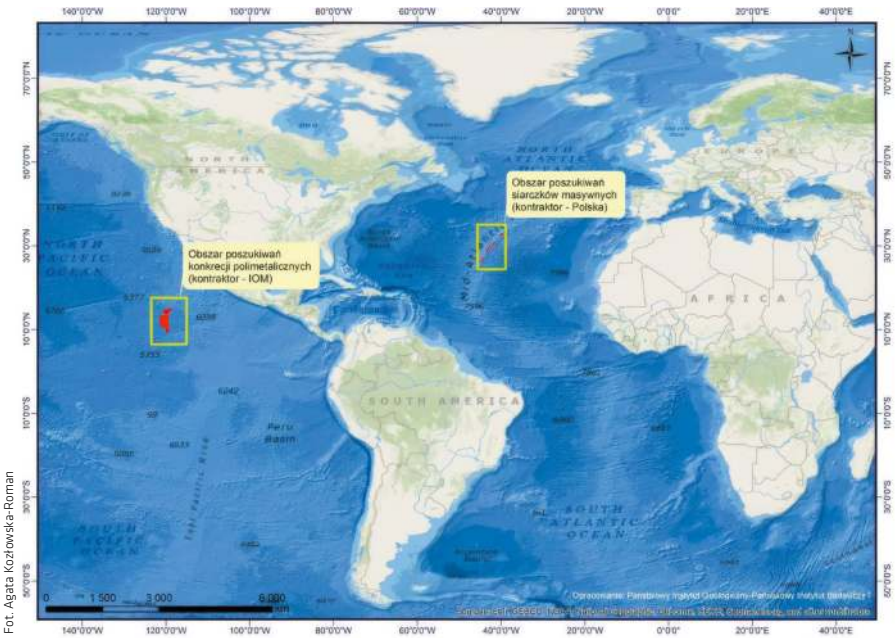
Fot. Agata Kozłowska-Roman

Konkrecja polimetaliczna z obszaru Clarion-Clipperton (kontraktor Interoceanmetal).

Państwowy Instytut Geologiczny prowadził i nadal prowadzi badania dokumentujące występowanie konkrecji na dnie Bałtyku. Są to formy podobne do konkrecji spotykanych na Oceanie Spokojnym, choć te występujące również w Polskiej Strefie Morskiej różnią się od oceanicznych zarówno wielkością, jak i składem chemicznym. **Bałtyckie konkrecje są mniejsze, zawierają mniej manganu, a ich skład jest bardziej żelazisty.** Istotna jest również różnica w tempie wzrostu konkrecji. **Oceaniczne przyrastają niezwykle wolno – średnio ok. 1 mm na milion lat. Natomiast bałtyckie powstają bardzo szybko, bo w ciągu tysięcy lat.**

Poza konkrecjami na obszarze Bałtyku udokumentowano również występowanie piasków metalonośnych, które mogą stanowić źródło niektórych pierwiastków oraz minerałów ciężkich. Występują tu także eksploatowane już złoża ropy naftowej i gazu ziemnego. Dodatkowo na dnie morskim obecne są zasoby żwiru, który również jest wydobywany. Ma to szczególne znaczenie w kontekście rosnącego za-

eprasa.pl 58d11eda9a



Fot. Agata Kozłowska-Roman

Lokalizacja kontraktów poszukiwawczych znajdujących się na obszarze jurysdykcji Międzynarodowej Organizacji Dna Morskiego, w których realizację zaangażowana jest Polska.

potrzebowania na kruszywa w krajach Unii Europejskiej, gdzie surowców tych zaczyna stopniowo brakować, mimo że są one niezbędne do realizacji inwestycji infrastrukturalnych. Oczywiście nie należy zapominać o złożach bursztynu w Bałtyku.

Wspomniał pan wcześniej, że Państwowy Instytut Geologiczny prowadzi badania również na oceanach. Jakie znaczenie ma udział naszego kraju w tego rodzaju projektach?

Taki udział w nowoczesnych badaniach geologicznych prowadzonych na oceanach to istotne potwierdzenie naszego uczestnictwa w światowym rozwoju nauki i technologii. **Polskie badania prowadzone na Oceanie Spokojnym, w strefie Clarion-Clipperton, sytuują nas w gronie nielicznych państw, które zdecydowały się przeznaczyć znaczące środki na rozpoznanie i badanie zasobów głębokomorskich.** Działalność ta ma znaczenie nie tylko prestiżowe. Wyniki badań dotyczące budowy, składu chemicznego, morfologii oraz zasobności konkrecji polimetalicznych stanowią wkład w światowy zasób wiedzy naukowej i są publicznie dostępne dla całego środowiska badawczego.

Polska rozpoczęła również badania na Atlantyku, na obszarze Grzbietu Śródatlantyckiego. Tym razem dotyczą one nie konkrecji, lecz siarczków polimetalicznych. **Nasz kraj posiada tam obszar badawczy objęty licencją przyznaną przez Międzynarodową Organizację Dna Morskiego.** Licencja ta zobowiązuje do prowadzenia kompleksowych działań obejmujących nie tylko analizę składu chemicznego i mineralnego złóż, lecz także szczegółowe rozpoznanie warunków środowiskowych tego obszaru. Badania obejmują m.in. analizę bentosu osiadłego i ruchomego oraz ocenę lokalnej flory i fauny oceanicznej. Jest to niezwykle istotne, ponieważ przyszłe decyzje dotyczące ewentualnej eksploatacji złóż będą uzależnione od oceny wpływu takiej działalności na środowisko naturalne.

PIG-PIB zaangażował się w zainicjowane przez Politechnikę Morską w Szczecinie prace nad powstaniem nowoczesnego statku szkolno-badawczego. Jakie będzie to miało znaczenie dla polskiej nauki i badań morskich?

Państwowy Instytut Geologiczny postulował potrzebę posiadania przez Polskę statku badawczego mogącego operować

Fot. Paula Wołkowycka

Próba pobrana przy użyciu próbnika box corer z koncesji Interoceanmetal na Pacyfiku.

na morzach we wszystkich szerokościach geograficznych. Instytut byłby jednym z użytkowników takiego statku. W ostatnim roku sprawa budowy nowego wielozadaniowego statku badawczo-szkoleniowego o takim zakresie działania stała się częścią dyskusji środowiska naukowego oraz kilku ministerstw zainteresowanych badaniami oceanu. Rozpatrywano różne warianty rozwiązania problemu m.in. wiodącej roli Polskiej Akademii Nauk bądź placówki naukowo-dydaktycznej. Ostatecznie zdecydowano, że operatorem gwarantującym prawo wykorzystania statku do celów badawczych przez wszystkie zainteresowane strony będzie Politechnika Morska w Szczecinie. Współdziałamy z rektorem Politechniki w uzgodnieniu założeń techniczno-operacyjnych jednostki badawczej. Wierzę, że zbudowany statek zaspokoi potrzeby wszystkich zainteresowanych podmiotów.

Jako państwo należące do grona rozwiniętych gospodarek świata Polska m.in. w taki sposób wnosi swój wkład w rozwój globalnej wiedzy naukowej. I mamy osiągnięcia, które stanowią powód do dumy i w przyszłości mogą znaleźć również praktyczne zastosowanie gospodarcze.

A o jakiej perspektywie czasowej mówimy?

Choć od wielu lat mówi się, że eksploatacja surowców głębokomorskich jest perspektywą stosunkowo bliską, trudno dziś jednoznacznie określić konkretny termin jej rozpoczęcia. Może to nastąpić za 10, a być może za 20 lat. Jedno jest jednak pewne – jesteśmy dziś zdecydowanie bliżej realizacji tego celu niż jeszcze kilka dekad temu.

Prof. dr hab. Krzysztof Szamałek – dyrektor Państwowego Instytutu Geologicznego – PIB, pracownik naukowy Wydziału Geologii UW, specjalista w zakresie geologii złożowej i gospodarczej. Były Główny Geolog Kraju oraz dyrektor w Kancelarii Prezydenta RP. Przewodniczący Rady Gospodarowania Zasobami Ziemi. Autor ok. 300 publikacji naukowych.

Państwowy Instytut Geologiczny Państwowy Instytut Badawczy

Publikacja artykułu została sfinansowana ze środków Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej.

NFOŚiGW

eprasa.pl 58d11eda9a

EGZO-SZKIELET

Zszedł z kart powieści SF i pojawił się w szpitalach, fabrykach oraz centrach logistycznych. Choć część najbardziej spektakularnych pomysłów wciąż tkwi w laboratoriach, te skromniejsze już zmieniają rzeczywistość tysięcy ludzi.

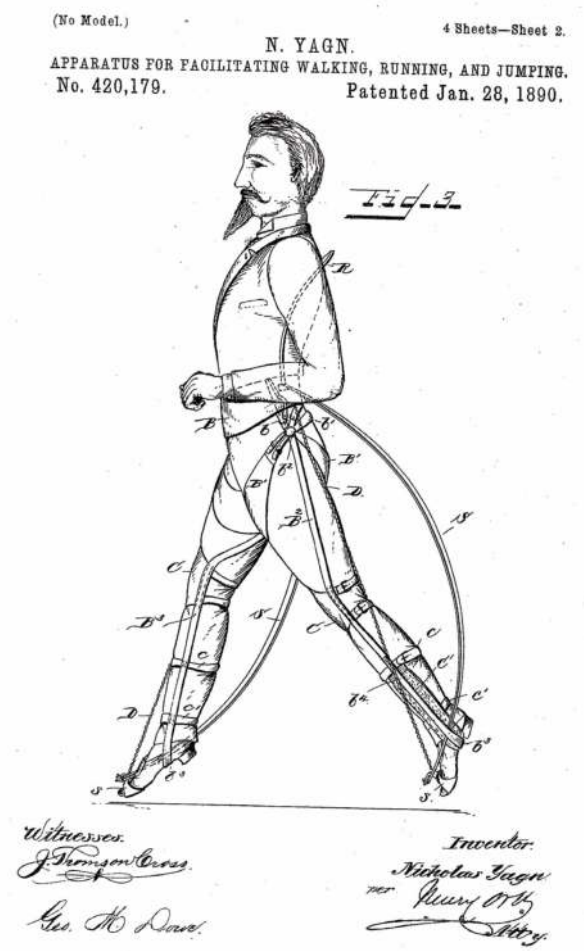
MARCIN BIEŃKOWSKI

Japońskim egzoszkieletem HAL (Hybrid Assistive Limb) sterują sygnały bioelektryczne.

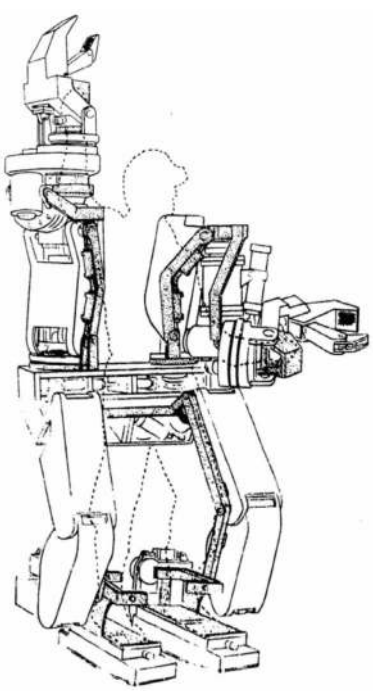
eprasa.pl 58d11eda9a

NAZWA „egzoszkielet” brzmi bardzo technicznie, ale jej źródło wywodzi się wprost z biologii. Egzoszkielet to po prostu szkielet zewnętrzny, twarda powłoka, która u owadów, pajęczaków i skorupiaków pełni funkcję, jaką u nas spełniają kości ukryte wewnątrz ciała. Chrząszcz, krab czy karaluch nosi swój układ podporowy na zewnątrz. Chroni on miękkie wnętrzności i daje punkt zaczepienia dla mięśni. Inżynierowie zapożyczyli to słowo, bo mechaniczny egzoszkielet działa podobnie – otacza ciało człowieka i przejmuje część obciążeń, zamiast je do niego przykładać.

Warto od razu rozprawić się z kilkoma nieporozumieniami. Egzoszkielet to nie proteza, która zastępuje brakującą część ciała, ani też nie orteza, jedynie usztywniająca czy stabilizująca staw. To konstrukcja zakładana na sprawne lub częściowo sprawne ciało i ściśle z nim współpracująca. Wzmacnia ruch, który użytkownik chce wykonać, albo odciąża go w trakcie wysiłku. Człowiek pozostaje „mózgiem” całego układu, a maszyna tylko go wspomaga. Pierwsze próby okiełznania tej idei sięgają XIX w. W 1890 r. rosyjski wynalazca Nikołaj Jagn opatentował w Stanach Zjednoczonych „przyrząd ułatwiający chodzenie, bieganie i skakanie”. Był to zestaw długich sprężyn mocowanych wzdłuż nóg, które miały magazynować energię ruchu i oddawać ją przy kolejnym kroku. Pomysł powstał z myślą o żołnierzach i prawdopodobnie nigdy nie opuścił desek kreślarskich, ale zapisał się w historii egzoszkieletów. Była to konstrukcja czysto mechaniczna, bez napędu, którą dziś nazwalibyśmy pasywną.



Urządzenie ułatwiające chodzenie, bieganie i skakanie, opatentowane w 1890 r. przez rosyjskiego wynalazcę Nikołaja Jagna



Hardiman – opracowany w 1971 r. pierwszy pełnowymiarowy egzoszkielet z własnym napędem

HAL wspomaga i uczy na nowo chodzenia osoby z niedowładem kończyn.

Na maszynę z prawdziwym napędem trzeba było poczekać aż 7 dekad. W latach 1965–1971 koncern General Electric, wspierany przez amerykańskie wojsko, zbudował Hardimana, pierwszy pełnowymiarowy egzoszkielet z własnym napędem. Nazwa to skrót od *human augmentation research and development investigation* z dodanym członem „manipulator”. Założenia brzmiały imponująco. Układ hydrauliczny i silniki elektryczne miały wzmacniać siłę operatora aż dwudziestopięciokrotnie, tak by podniesienie 110 kg dawało wrażenie dźwigania niespełna pięciu. System pracował na zasadzie pana i sługi (ang. *master-slave*), gdzie szkielet wewnętrzny śledził ruchy człowieka, a zewnętrzny powtarzał je z wielokrotnie większą siłą.

Hardiman okazał się jednak lekcją pokory. Ważył ok. 680 kg, czyli mniej więcej tyle, ile miał unosić, i nigdy nie został w pełni uruchomiony z człowiekiem w środku. Próby poruszenia obiema nogami naraz kończyły się niekontrolowanymi szarpnięciami, a komputery tamtej epoki były zbyt wolne, by płynnie sterować

Fot. Ullstein/Getty, Hardiman I Prototype for Machine Augmentation of Human Strength and Endurance, Alamy/Indigo, USPTO

eprasa.pl 58d11eda9a

ReWalk ma czujniki wykrywające moment gotowości do wykonania kroku. Po prawej – widziany od dołu.

tak złożonym mechanizmem. Projekt zarzucono, lecz przetarł szlak. W kolejnych dekadach laboratoria wojskowe, uczelnie i ośrodki medyczne zaczęły poszukiwać rozwiązań mniej ambitnych, ale za to działających. Przełom nastąpił w Japonii. W 2004 r. zadebiutował HAL, pierwszy egzoszkielet pomyślany nie dla wojska, lecz w celach rehabilitacyjnych.

JAK TO DZIAŁA DZISIAJ

Współczesne konstrukcje dzielą się na dwie kategorie. Pasywne nie mają silników, a ich serce stanowią sprężyny, elastyczne taśmy i przemyślnie poprowadzone cięgna. Gdy pochylamy się po ciężar, magazynują energię, a gdy się prostujemy, oddają ją, wspierając mięśnie pleców i barków. Nie potrzebują baterii, są lekkie i tanie, dlatego to właśnie one najszybciej trafiły do fabryk. Urządzenia aktywne mają własny napęd – elektryczny, hydrauliczny albo pneumatyczny – i potrafią dołożyć realnej mocy, ale wymagają zasilania oraz są droższe i bardziej skomplikowane.

To, co dziś naprawdę robi różnicę, kryje się jednak nie w siłownikach, lecz w elektronice. Nowoczesny egzoszkielet naszpikowany jest czujnikami. Mierzą one kąt zgięcia stawów, nacisk stóp, a niekiedy sygnały elektryczne płynące z napinanych mięśni. Mikroprocesor odczytuje na podstawie tych sygnałów zamiar użytkownika, dzięki czemu dokładnie wie, czy chcemy zrobić krok, kucnąć, czy podnieść skrzynię, i w ułamku sekundy decyduje, jak nas wspomóc. Coraz częściej w grę wchodzą algorytmy uczenia maszynowego, które przewidują kolejny ruch, zanim zostanie on wykonany, dzięki czemu maszyna współpracuje z człowiekiem płynnie, a nie z irytującym opóźnieniem.

Postęp w dziedzinach inżynierii materiałowej, budowy akumulatorów i miniaturyzacji sprawił, że dzisiejsze konstrukcje są nieporównanie lżejsze, bezpieczniejsze i wygodniejsze niż 680-kilogramowy Hardiman. Lekkie stopy, włókna węglowe i tekstylia techniczne pozwoliły zejść z masą do kilku kilogramów, a w przypadku najbardziej elastycznych modeli – nawet do kilkuset gramów. Maszyna, która kiedyś groziła zmiażdżeniem tego, co miała dźwignąć, zmieniła się w dyskretnego pomocnika, dającego się nosić przez całą zmianę w pracy.

DRUGA SZANSA NA WŁASNE NOGI

Najbardziej spektakularne zastosowania egzoszkieletów znajdziemy w medycynie. Dla osób po urazie rdzenia kręgowego pionowa postawa i samodzielny krok bywają marzeniem – i właśnie tu wkraczają sztywne

Ośrodek rehabilitacyjny w Niemczech. Pacjent z porażeniem obu nóg korzysta z bionicznego egzoszkieletu Ekso, który pozwala mu ponownie stać i chodzić.

eprasa.pl 58d11eda9a

Kamizelka EksoVest firmy Ekso Bionics Inc., stosowana m.in. na placach budowy, odciąża ramiona użytkownika.

System Lokomat składa się z ortezy chodu i uprzęży podtrzymującej ciało.

egzoszkielety rehabilitacyjne. Izraelski ReWalk, jedno z najlepiej znanych urządzeń tego typu, pozwala na wykonywanie ruchów w biodrach i kolanach, co umożliwia sparaliżowanym pacjentom wstanie i zrobienie kilku kroków o kulach. Japoński HAL i amerykański Ekso to kolejne produkty, które na stałe weszły do gabinetów fizjoterapeutycznych.

Lista wskazań medycznych jest jednak znacznie dłuższa. Egzoszkielety pomagają w powrocie do sprawności po udarze, wspierają chorych ze stwardnieniem rozsianym, zanikami mięśni i schorzeniami neurologicznymi, a także osoby starsze, którym słabnące nogi odbierają samodzielność. W gabinetach rehabilitacyjnych od lat pracują też urządzenia stacjonarne jak Lokomat, prowadzące pacjenta po bieżni i cierpliwie powtarzające z nim prawidłowy wzorzec chodu – co dla fizjoterapeuty oznaczałoby wielogodzinny wysiłek. Sam mechanizm działania bywa tu równie ważny jak każdy przebyty metr. Wielokrotne precyzyjne powtarzanie prawidłowego wzorca ruchu pobudza układ nerwowy do odbudowy uszkodzonych połączeń. To zjawisko fizjoterapeuci nazywają neuroplastycznością. Egzoszkielet potrafi zrobić z pacjentem setki identycznych kontrolowanych kroków, nie męcząc się przy tym tak, jak męczyłby się terapeuta dźwigający i prowadzący chorego. Maszyna staje się więc nie tyle protezą ruchu, ile cierpliwym, niestrudzonym instruktorem, który odciąża personel i pozwala na wdrożenie intensywniejszej terapii.

Czy egzoszkielet zastąpi więc wózek inwalidzki? Tu trzeba ostudzić emocje. Dzisiejsze konstrukcje są wolniejsze od wózka, kosztują znacznie więcej, wymagają treningu i zwykle asekuracji drugiej osoby, a większość modeli utrzymuje równowagę dzięki tradycyjnym kulom. Dla wielu pacjentów to przede wszystkim narzędzie terapeutyczne, zapewniające sprawność stawów, wspomagające krążenie i budowę kondycji, a nie zamiennik wózka w codziennym życiu. Ich wartość bywa też psychologiczna. Możliwość spojrzenia rozmówcy w oczy z pozycji stojącej potrafi zdziałać znacznie więcej niż przebyty dystans.

Pacjent z porażeniem obu nóg ponownie uczy się chodzić przy pomocy systemu Lokomat.

GDY LICZĄ SIĘ SEKUNDY

Skoro egzoszkielet odciąża ciało, naturalne wydaje się sięgnięcie po niego tam, gdzie ludzie pracują na granicy wytrzymałości – w ratownictwie i służbach mundurowych. Ratownik ewakuujący poszkodowanego, strażak obwieszony aparatem oddechowym i ciężkim sprzętem, ekipa przekopująca się przez gruzy po trzęsieniu ziemi, powodzi czy zawaleniu budynku – wszyscy oni dźwigają ładunki, które po godzinach pracy zamieniają się w realne ryzyko kontuzji.

Fot. Caters/Forum, Reuters/Forum, BSIP/UIP/Getty (2), Bloomberg/Getty, SPL/Indigo

eprasa.pl 58d11eda9a

Pomysłów nie brakuje. Europejski projekt Exorescue to modułowy egzoszkielet całego ciała, stworzony wspólnie z hiszpańskimi strażakami i szwajcarskimi ratownikami górskimi, mający wspierać podnoszenie i przenoszenie ciężarów podczas akcji. Powstają też konstrukcje pozwalające nosić na plecach masę butli z powietrzem oddechowym i odciążające kręgosłup strażaka. Trzeba jednak uczciwie powiedzieć, że większość tych rozwiązań pozostaje na etapie prototypów i testów. Stoją za tym konkretne przeszkody. Wysoka temperatura pożaru, ograniczony czas pracy akumulatorów oraz bezwzględny wymóg niezawodności sprawiają, że poprzeczka jest tu zawieszona znacznie wyżej niż w spokojnej hali magazynowej. Gdy awaria sprzętu może kosztować życie, i to nie tylko ratownika, lecz także osoby poszkodowanej, droga od obiecującego prototypu do standardowego wyposażenia, któremu można zaufać w akcji, jest długa.

MIĘKKA REWOLUCJA

Najciekawszy kierunek rozwoju to konstrukcje wyglądające w mniejszym stopniu jak zbroja, a w większym – jak sportowe ubranie. Tzw. miękkie egzoszkielety, czyli *soft exosuits*, zamiast sztywnego rusztowania wykorzystują tekstylia, taśmy i cięgna, którymi zarządzają niewielkie silniki ukryte w pasie. Pionierem był zespół Conora Walsha z Wyss Institute przy Harvard University, który w 2013 r. pokazał lekki, ważący zaledwie 3,5 kg kombinezon wspomagający chodzenie. Filozofia jest tu inna niż w ciężkich egzoszkieletach. Miękki kombinezon nie przejmuje całego ruchu, lecz subtelnie dokłada siłę we właściwym momencie, naśladując pracę ścięgien i mięśni. Dla pacjentów po udarze czy ze stwardnieniem rozsianym, którzy zachowali częściową sprawność nóg, takie delikatne wsparcie bywa wystarczające, a przy tym znacznie wygodniejsze od opancerzonej alternatywy. Dlatego kombinezon ReStore stał się pierwszym miękkim egzoszkieletem dopuszczonym przez amerykański urząd FDA do rehabilitacji osób po udarze.

To także obszar, w którym sztuczna inteligencja czuje się jak ryba w wodzie. Algorytmy uczą się indywidualnego sposobu chodzenia użytkownika i dopasowują wsparcie do jego sylwetki, tempa i kondycji. W połączeniu z telemedycyną otwiera to drogę do rehabilitacji prowadzonej w domu. Pacjent ćwiczy we własnym salonie, a terapeuta zdalnie śledzi postępy i koryguje ustawienia urządzenia. Dla wielu osób, którym trudno regularnie dojeżdżać na zabiegi, to różnica między terapią dostępną a porzuconą.

FABRYKA, KTÓRA DBA O KRĘGOSŁUP

Najszybciej i najciszej egzoszkielety przyjęły się jednak nie w szpitalach, lecz w przemyśle. Pomysł jest prosty – zamiast zastępować pracownika robotem, można dać mu narzędzie, które oszczędzi jego kręgosłup, barki i kolana. W wielu zadaniach pełna automatyzacja jest zbyt droga albo wręcz niemożliwa, bo wymagają one ludzkiej zręczności i elastyczności. Tam właśnie egzoszkielet okazuje się złotym środkiem między żywym pracownikiem a bezdusznym ramieniem robota. Stawka jest poważna. Schorzenia układu mięśniowo-szkieletowego to jedna z najczęstszych przyczyn absencji w pracy. Np. w Niemczech odpowiadają za ponad ¼ dni chorobowych. Pasywne egzoszkielety wyraźnie zmniejszają obciążenie. U osób pracujących z rękami uniesionymi nad głową badania wykazały spadek aktywności mięśnia dwugłowego ramienia o blisko połowę, a mięśnia naramiennego – nawet o ponad 60%. Mniej przeciążeń to mniej urazów, mniej zwolnień i lepsza ergonomia pracy.

Lista branż, które korzystają z tego typu urządzeń, robi wrażenie. Egzoszkielety pracują w magazynach i centrach logistycznych, gdzie trzeba wykonać setki podnoszeń dziennie, na liniach montażowych w przemyśle motoryzacyjnym i lotniczym, na budowach oraz przy pracach infrastrukturalnych i energetycznych, gdzie wykorzystuje się je, począwszy od montażu trakcji, a na stawianiu słupów sieci przesyłowych skończywszy. Egzoszkielety spotkamy także w wielu portach i terminalach przeładunkowych. Ford wyposażył swoich pracowników w kamizelki EksoVest wspierające ramiona przy montażu nad głową i raportował znaczącą poprawę ergonomii, a z rozwiązań firmy Ottobock (linia Paexo) korzysta dziś ponad 2 tys. klientów, w tym wielkie koncerny motoryzacyjne i logistyczne.

Wielostawowy miękki egzoszkielet, składający się z tekstylnych elementów, które przekazują siły mechaniczne z ruchomego układu napędowego do stawów skokowych i biodrowych.

eprasa.pl 58d11eda9a

Egzoszkielety dla zwierząt po urazach to jeszcze niszowa, ale stale rozwijana dziedzina bioinżynierii.

Fot. Wyss Institute at Harvard University, Colorado State University

Warto przy tym wspomnieć, dlaczego w fabrykach królują dziś konstrukcje pasywne, a nie te z silnikami czy siłownikami. Powodem jest prosty rachunek ekonomiczny. Modele aktywne potrafią znacznie więcej, ale są droższe, cięższe i bardziej awaryjne, przez co w dużej mierze pozostają jeszcze w sferze badań laboratoryjnych. Pasywny egzoszkielet, bazujący na sprężynach i taśmach, jest tani, lekki, nie wymaga ładowania i daje się założyć oraz zdjąć w kilkanaście sekund. Dla działu BHP ta prostota okazuje się rozstrzygająca.

SUPERMEN?

Tu pojawia się pytanie, które rozpala wyobraźnię wielu osób – czy egzoszkielet czyni z człowieka siłacza? Filmy i gry komputerowe karmią nas obrazem żołnierza w pancerzu, który jednym ruchem przewraca samochód. Rzeczywistość jest znacznie mniej widowiskowa i – co istotne – taka właśnie ma być. Celem ogromnej większości konstrukcji nie jest stworzenie nadczłowieka, lecz ograniczenie zmęczenia i ochrona przed przeciążeniem. Różnica jest zasadnicza. Egzoszkielet przemysłowy nie po to istnieje, by pracownik dźwigał dwa razy więcej, ale by ten sam ciężar mniej go męczył, żeby po 8 godz. pracy wracał do domu bez bólu pleców i mógł pracować przez lata bez kontuzji. Pasywny kombinezon, który oddaje energię przy prostowaniu się, nie dodaje mocy znikąd, a jedynie sprytnie nią gospodaruje. To inżynieria ergonomii, a nie fabryka herosów.

Liczy się też rachunek ekonomiczny. Egzoszkielet to wydatek zwracający się wtedy, gdy ogranicza kosztowne absencje, odszkodowania i rotację załogi. Globalny rynek tych urządzeń, wyceniany dekadę temu na kilkadziesiąt milionów dolarów, dziś liczony jest już w miliardach, i to najlepszy dowód, że firmy dostrzegły w nich nie gadżet, lecz inwestycję. Niektórzy dostawcy oferują nawet rozliczenie uzależnione od tego, czy liczba urazów w zakładzie rzeczywiście spadnie.

POLE WALKI, GÓRY I PIES RATOWNICZY

Skoro już o żołnierzu w pancerzu mowa, to wojsko od dawna marzy o egzoszkielecie dla piechura. Najgłośniejszym projektem był HULC, czyli Human Universal Load Carrier, opracowany w laboratorium Homayoona Kazerooniego (z którego wyrosła firma Ekso Bionics), a następnie licencjonowany przez koncern Lockheed Martin. Ta hydrauliczna tytanowa konstrukcja miała pozwalać żołnierzowi nieść do 90 kg ładunku. Konkurował z nim XOS firmy Sarcos. Mimo efektownych pokazów żaden z tych *power suitów* nie wszedł do powszechnego użytku.

Powód jest prozaiczny i wciąż ten sam, co za czasów Hardimana – zasilanie. Wydajny egzoszkielet bojowy potrzebuje mocnego źródła energii, a akumulatory są ciężkie i szybko się wyczerpują. Do tego dochodzą wymogi niezawodności w błocie i kurzu, cicha praca, bo warczący napęd zdradza pozycję żołnierza, oraz energetyczna samowystarczalność w terenie, gdzie nie ma gniazdka ładowania. Te same bariery dotyczą zastosowań surwiwalowych, wypraw wysokogórskich, pracy w trudno dostępnych miejscach czy, w dalszej perspektywie, eksploracji kosmosu, gdzie egzoszkielet mógłby pomóc astronaucie poruszać się w nieporęcznym skafandrze. To wciąż jednak domena badań, a nie codzienność.

Najbardziej egzotyczną gałęzią są egzoszkielety dla zwierząt. Tu od razu uczciwa uwaga: to nisza wciąż raczkująca i niemal w całości eksperymentalna. Najbardziej zaawansowane prace dotyczą czworonogów z problemami ruchowymi. Na amerykańskim Colorado State University powstaje egzoszkielet dla psów z chorobami kręgosłupa i postępującym zwyrodnieniem rdzenia, a chiński projekt Repawse wykorzystuje czujniki sygnałów mięśniowych ze zdrowej łapy, by przewidzieć ruch chorej kończyny. Pomysły zwiększania możliwości transportowych zwierząt jucznych pozostają na razie w sferze koncepcji i budzą uzasadnione pytania etyczne, bo zwierzę w przeciwieństwie do człowieka nie powie nam, czy sprzęt jest dla niego wygodny.

DOKĄD TO WSZYSTKO ZMIERZA?

Najwięcej dzieje się w trzech obszarach. Po pierwsze, materiały i zasilanie. Ultralekkie kompozyty oraz wydajniejsze akumulatory mogą wreszcie przełamać barierę, o którą rozbił się Hardiman i o którą wciąż potyka się wojsko. Po drugie, coraz ściślejsza współpraca maszyny z człowiekiem. Egzoszkielety odczytujące zamiar użytkownika z sygnałów mięśni, a w przyszłości być może wprost z układu nerwowego, mają reagować tak naturalnie, że przestaniemy je zauważać. Po trzecie wreszcie, upowszechnienie. Najbardziej prawdopodobny scenariusz nie przypomina filmowego pancerza, lecz raczej historię roweru elektrycznego czy elektronarzędzi. Technologia, która kiedyś wydawała się luksusem albo ciekawostką, po cichu staje się elementem codziennego życia. Lekki kombinezon wspomagający plecy w magazynie, na budowie albo nawet podczas pracy w ogrodzie może w ciągu dekady upowszechnić się tak samo jak akumulatorowa wkrętarka.

Jedno warto zapamiętać. Choć kino przyzwyczaiło nas do egzoszkieletu jako narzędzia siły, jego prawdziwa rewolucja rozgrywa się po cichu – w sali rehabilitacyjnej, gdzie ktoś po raz pierwszy od lat staje na własnych nogach, i na hali produkcyjnej, z której pracownik wychodzi wieczorem bez bólu kręgosłupa. To nie maszyna dla nadludzi. To maszyna dla ludzi i właśnie dlatego ma szansę naprawdę zmienić świat.

dr inż. Marcin Bieńkowski

Absolwent Politechniki Wrocławskiej, doktor nauk chemicznych o specjalności fizykochemia warstw powierzchniowych. Niezależny dziennikarz zajmujący się propagowaniem nauki i techniki

eprasa.pl 58d11eda9a

F-35 DLA POLSKI

Za kilka lat maszyny te staną się jednym z filarów naszych Sił Powietrznych. Choć budzą emocje ze względu na wysokie koszty zakupu i eksploatacji, ich znaczenie wykracza daleko poza tradycyjne wyobrażenie o samolocie bojowym.

ROBERT CZULDA

POCZĄTKÓW programu F-35 należy szukać w I poł. lat 90., kiedy Stany Zjednoczone rozpoczęły prace nad nowym samolotem bojowym w ramach programu JSF (Joint Strike Fighter). Po przeanalizowaniu szeregu propozycji w 2001 r. wybrano projekt X-35, stworzony przez koncern Lockheed Martin. Ze względów politycznych, technologicznych i przemysłowych program od początku realizowano we współpracy międzynarodowej. Mimo opóźnień oraz lawinowo rosnących kosztów kontynuowano go, a pierwszy egzemplarz F-35 wzbił się w powietrze w 2006 r. W kolejnej dekadzie do służby stopniowo wprowadzano poszczególne wersje maszyny: A (standardowa), B (krótkiego startu i pionowego lądowania) oraz C (pokładowa, przeznaczona dla lotniskowców).

Obecny status programu F-35 jest imponujący. Do różnych krajów dostarczono już ponad 1,3 tys. samolotów, które łącznie wylatały ponad milion godzin. Wyszkolono także przeszło 3,4 tys. pilotów. F-35 znajduje się na wyposażeniu sił zbrojnych 17 państw, w tym Wielkiej Brytanii, Włoch, Holandii, Izraela, Kanady

Powyżej: F-35A Lightning II

eprasa.pl 58d11eda9a

i Australii. W samych Stanach Zjednoczonych służbę pełni obecnie ponad 800 takich maszyn. Jednocześnie do połowy lat 40. planowane jest pozyskanie kolejnych ok. 1,7 tys. samolotów we wszystkich wersjach.

Polska bez przetargu i offsetu zamówiła 32 egzemplarze F-35A za 4,6 mld dol. na mocy umowy podpisanej w styczniu 2020 r. w ramach programu „Harpia". Na początku 2027 r. w Łasku ma stanąć pierwsza pełna eskadra tych samolotów. W latach 2027–2028 maszyny będą dostarczane do Świdwina, gdzie obecnie przygotowywana jest niezbędna infrastruktura. Dostawy potrwają do 2030 r. Pełną gotowość operacyjną planujemy osiągnąć w 2030 r. w Łasku oraz w 2032 w Świdwinie. Obecnie trwają analizy dotyczące dalszej rozbudowy Sił Powietrznych RP, a zakup kolejnych F-35A pozostaje jedną z rozważanych opcji.

Na pierwszy rzut oka samolot F-35A nie wyróżnia się niczym szczególnym. Nie lata ani szybciej, ani wyżej od wielu innych współczesnych myśliwców. Rosyjskie konstrukcje takie jak Su-35 czy Su-57 mogą operować na wyższych pułapach. Także uzbrojenie F-35 nie wydaje się rewolucyjne. W najnowszych konfiguracjach samolot może przenosić je zarówno w wewnętrznych komorach uzbrojenia (do sześciu punktów podwieszeń), jak i na zewnętrznych węzłach (osiem punktów). W jego arsenale znajdują się m.in. pociski powietrze–powietrze AIM-120 AMRAAM i AIM-9 Sidewinder, bomby kierowane rodzin JDAM i Paveway, a także pociski powietrze–ziemia AGM-158 JASSM oraz AGM-88 HARM/AARGM. Część maszyn przystosowano również do przenoszenia bomb jądrowych B61 w ramach systemu odstraszania nuklearnego NATO.

SIŁA UKRYTA W ŚRODKU

Siła F-35 kryje się jednak nie w osiągach czy uzbrojeniu, lecz w jego wnętrzu, tj. zaawansowanym oprogramowaniu, systemach pokładowych, zdolnościach operacyjnych, co wynika z połączenia sensorów, sieciocentryczności i technologii Stealth. Dzięki temu F-35 może działać w przestrzeni nasyconej radarami, systemami obrony przeciwlotniczej, środkami walki elektronicznej oraz lotnictwem przeciwnika. W takich warunkach F-35 wykonuje zadania przy znacznie mniejszym ryzyku wykrycia, atakuje cele lub prowadzi rozpoznanie, gromadząc informacje o aktywności przeciwnika, w tym o rozmieszczeniu stacji radiolokacyjnych czy systemów obrony powietrznej. Do wykrywania zagrożeń wykorzystuje zarówno radar AN/APG-81 AESA, jak i rozbudowany zestaw sensorów optoelektronicznych.

Dzięki odpowiednio ukształtowanej konstrukcji płatowca oraz zastosowaniu materiałów pochłaniających fale radiolokacyjne F-35 jest trudny do wykrycia przez radary przeciwnika (Stealth). Z tego powodu podstawowe uzbrojenie przenosi w wewnętrznych komorach, co pozwala zachować obniżoną wykrywalność. Zredukowano także sygnaturę termiczną

W maju 2026 r. Lockheed Martin otrzymał wart niemal miliard dolarów kontrakt na modernizację partii F-35 w zakresie nowych zdolności walki elektronicznej.

F-35 może przenosić uzbrojenie zarówno pod skrzydłami, jak i w komorach wewnętrznych. Jednym z takich systemów uzbrojenia są pociski rakietowe powietrze–powietrze AIM-120 AMRAAM.

Fot. Alamy/Indigo (2), Tom Reynolds/U.S. Air Force

eprasa.pl 58d11eda9a

W Cameri zmontowano pierwszy egzemplarz polskiego F-35 Husarz, który w lipcu 2026 r. odbył pierwszy lot testowy. Włochy mają wyprodukować połowę polskiej floty tych maszyn.

maszyny poprzez ograniczenie emisji ciepła przez gazy wylotowe silnika. W efekcie F-35 jest trudniejszy do namierzenia nie tylko przez radary, ale również przez systemy obserwacji wykorzystujące podczerwień. Przeciwnik musi znaleźć się znacznie bliżej, aby go dostrzec, a tym bardziej podjąć próbę zestrzelenia. Tymczasem w walce powietrznej przewagę zazwyczaj uzyskuje ten, kto pierwszy wykryje wroga.

Kluczem do zrozumienia znaczenia F-35 na współczesnym polu walki jest świadomość, że żaden system uzbrojenia, niezależnie od tego, czy jest to samolot, czołg, czy pojedynczy żołnierz, nie działa w izolacji. Wszystkie elementy pola walki tworzą dziś jeden połączony system wymiany informacji. Operujący w ugrupowaniu innych F-35 samolot otrzymuje w czasie rzeczywistym dane z własnych sensorów oraz z systemów sojuszniczych, takich jak inne statki powietrzne, drony, okręty czy satelity. Dzięki temu może ograniczyć korzystanie z własnego radaru, którego emisja mogłaby zdradzić jego pozycję, a jednocześnie zachować pełną orientację w sytuacji w każdym kierunku.

W praktyce oznacza to, że trudno wykrywalny F-35 może zbliżyć się do przeciwnika, pozostając poza jego świadomością operacyjną, i samodzielnie przeprowadzić atak albo przekazać dane o celu innym platformom bojowym. Mogą to być mniej zaawansowane samoloty jak F-16, które wykorzystają broń dalekiego zasięgu do rażenia celu spoza strefy zagrożenia, lub jednostki artylerii rakietowej. W ten sposób F-35 staje się nie tylko myśliwcem i samolotem przewagi powietrznej, lecz także latającym węzłem sieci wymiany danych, zwiększającym skuteczność całego systemu walki.

DALSZY ROZWÓJ

Awionika, systemy łączności, sensory, pokładowa stacja radiolokacyjna oraz zdolności walki elektronicznej stanowią fundament przewagi F-35. To właśnie te elementy, a nie osiągi lotne, decydują o wyjątkowości maszyny. Ich skuteczność została potwierdzona w działaniach operacyjnych prowadzonych bez strat m.in. w przestrzeni powietrznej Iranu oraz wcześniej przeciwko Wenezueli.

Jednym z najważniejszych komponentów F-35 jest zaawansowany system walki elektronicznej AN/ASQ-239 od BAE Systems. Pozwala on wykrywać emisje radarowe przeciwnika, w tym pochodzące od radarów dalekiego zasięgu, ostrzegać pilota o zagrożeniach, identyfikować ich rodzaj i położenie, a także zakłócać pracę radarów oraz systemów naprowadzania uzbrojenia. Zapewnia też ochronę w pełnym zakresie 360° wokół samolotu i stanowi jeden z kluczowych elementów rozwoju F-35 w ramach standardu Block 4. To zarazem dobry przykład tego, jak ewoluują współczesne samoloty bojowe. O ile dwa egzemplarze F-35 mogą wyglądać z zewnątrz niemal identycznie, o tyle ich rzeczywiste możliwości mogą znacząco się różnić. Decyduje o tym standard modernizacyjny, określany mianem Block, obejmujący wyposażenie awioniczne, sensory, uzbrojenie, silnik oraz oprogramowanie pokładowe.

eprasa.pl 58d11eda9a

Polska zamówiła samoloty w najnowszym standardzie Block 4. Wariant ten zapewni integrację z nowymi typami uzbrojenia, zwiększy zdolności rozpoznawcze oraz udoskonali walkę radioelektroniczną. Producent regularnie udostępnia także kolejne wersje oprogramowania, które rozszerzają możliwości samolotu bez konieczności wprowadzania widocznych zmian konstrukcyjnych.

CENA TECHNOLOGICZNEJ PRZEWAGI

Zaawansowanie techniczne jest jednocześnie największą zaletą i wyzwaniem programu F-35. O ile cena tych samolotów przyciąga uwagę opinii publicznej, o tyle jeszcze większym problemem są koszty ich eksploatacji. Od początku program zmagał się z wielomiliardowymi przekroczeniami budżetu i opóźnieniami harmonogramów. Według amerykańskich szacunków wydatki na utrzymanie całej floty wzrosły z 1,1 bln dol. w 2018 r. do 1,58 bln dol. w 2023.

Produkcja części zamiennych, remonty, aktualizacje oprogramowania, modernizacja techniczna, specjalistyczna infrastruktura oraz wysokie wymagania obsługowe sprawiają, że utrzymanie gotowości bojowej F-35 jest wyzwaniem nawet dla Stanów Zjednoczonych. W efekcie jedynie co czwarty F-35 w amerykańskiej flocie jest zdolny do wykonywania pełnego spektrum zadań bojowych. Problemy nie omijają również programu modernizacyjnego Block 4. Jego wdrożenie opóźnia się o kilka lat, a część planowanych funkcji została ograniczona lub ich wprowadzenie przesunięto w czasie. Już w 2021 r. koszt samego programu modernizacyjnego szacowano na 16,5 mld dol. Obecnie planuje się, że Block 4 zostanie ukończony dopiero w 2031 r.

Mimo tych trudności wszystko wskazuje na to, że przyszłość zachodniego lotnictwa bojowego będzie w dużej mierze związana właśnie z F-35. Maszyna będzie systematycznie rozwijana i integrowana z nowymi rozwiązaniami. Szczególne nadzieje wiąże się z koncepcją „lojalnego skrzydłowego" (*loyal wingman*), czyli autonomicznych bezzałogowych statków powietrznych współpracujących z samolotami załogowymi. Dlatego Stany Zjednoczone realizują m.in. program CCA (Collaborative Combat Aircraft). Jego celem jest opracowanie bezzałogowych platform zdolnych zarówno do wspierania załóg powietrznych, jak i do samodzielnego wykonywania najbardziej ryzykownych misji rozpoznawczych oraz bojowych. W przyszłości to właśnie współpraca F-35 z rojem autonomicznych maszyn może stać się jednym z najważniejszych elementów przewagi powietrznej państw Zachodu.

dr hab. Robert Czulda, prof. UŁ

Pracuje na Wydziale Studiów Międzynarodowych i Politologicznych Uniwersytetu Łódzkiego, ekspert ds. bezpieczeństwa i obronności, dziennikarz niezależny współpracujący z mediami w Polsce, Niemczech i Stanach Zjednoczonych.

F-35 powstaje m.in. w Fort Worth w Teksasie (na zdjęciu). Podwykonawcy działają jednak niemal na całym świecie, w tym w Polsce.

12 czerwca w Łasku odbyła się ceremonia oficjalnego przyjęcia do służby w Siłach Powietrznych RP pierwszych dwóch F-35A.

Fot. Shutterstock, Cherie Cullen/MoD, Marcin Stępień/Agencja Wyborcza.pl

eprasa.pl 58d11eda9a

Mozaika na korze eukaliptusa tęczowego

PORA NA KORĘ

eprasa.pl 58d1ed9a

Przydaje się nie tylko roślinom, ale i ludziom. Jej złoty wiek może być dopiero przed nami.

MARIOLA RABSKA

Charakterystyczną białą barwę kora brzozy zawdzięcza obecności betuliny.

KORA to zewnętrzna część pnia czy konaru drzewa lub krzewu, która chroni jego delikatniejsze wnętrze. Nie jest to jedynie szorstka powierzchnia, lecz złożona struktura, składająca się zarówno z martwych, jak i żywych komórek (patrz ramka). Niejednokrotnie jej budowa jest tak charakterystyczna, że pozwala na identyfikację gatunku, co szczególnie przydaje się w okresie bezlistnym. Na wygląd kory wpływają też wiek okazu, jego kondycja i warunki środowiskowe.

Sporo osób odróżnia brzozę po korze. Łatwo ustalić, czy mamy do czynienia z platanem. Podobnie wyjątkowy pod względem wyglądu kory jest eukaliptus tęczowy, który naturalnie występuje na Filipinach, w Indonezji i Papui-Nowej Gwinei. Niezwykle trudno pomylić go z jakimkolwiek innym gatunkiem, bo powierzchnia jego pnia wygląda jak kolorowa mozaika. Wprawdzie kora jest szarobrązowa, ale łuszczy się płatami, odsłaniając warstwę w kolorze jasnej zieleni, która następnie pod wpływem procesów starzenia zaczyna zmieniać barwę na niebieskawą, purpurową, pomarańczową i czerwonobrązową. Ponieważ proces ten przebiega stopniowo, jeden fragment pnia zawiera mozaikę płatów różniących się etapem, na jakim obecnie się znajdują, a w konsekwencji również i kolorem.

PRZYDATNE WYDZIELINY

Nie tylko wygląd kory, ale także jej skład chemiczny jest niezwykle zróżnicowany w zależności od rośliny. Pewne substancje jednak występują u niemal wszystkich gatunków naszej strefy klimatycznej. Należą do nich polisacharydy takie jak celuloza, hemicelulozy i pektyny, odpowiadające za budowę i właściwe funkcjonowanie tkanek, a także lignina, suberyna i kutyna, które zapobiegają utracie wody. Znajdziemy w niej również garbniki i inne związki fenolowe pełniące funkcję ochronną, np. przed patogenami czy roślinożercami. W korze obecne są też gazy takie jak dwutlenek węgla czy tlen. Stężenie tego drugiego jest zazwyczaj niższe niż w otaczającej atmosferze.

Kora może produkować również specyficzne wydzieliny, które z punktu widzenia gospodarki człowieka są niejednokrotnie bardzo istotne. Należy do nich m.in. lateks. Wiele z wytwarzających go organizmów nie posiada kory, ale kauczukowce, z których się go pozyskuje, produkują go i magazynują w przewodach mlecznych zlokalizowanych właśnie w korze. Korę nacina się w określony sposób, by nie

Gładka, łuszcząca się kora platana tworzy unikalne wzory.

Fot. Shutterstock (3)

Budowa kory

Żywą wewnętrzną część kory stanowi głównie łyko, natomiast zewnętrzną martwą warstwę – obumarłe łyko oraz korek wytwarzany przez fellogen. W żywej warstwie znaleźć można także tzw. korę pierwotną, która jest charakterystyczna dla młodszych drzew, ale część z nich, np. buk, mimo osiągnięcia podeszłego wieku nadal z niej „nie rezygnuje". W konsekwencji nie tworzą one martwicy korkowej, dzięki czemu światło może docierać do głębszych warstw pnia. To z kolei umożliwia proces fotosyntezy, który u większości innych drzew przebiega w korze jedynie w młodym wieku osobnika lub czasem w młodych gałęziach. Fotosynteza w pniu daje lepsze wykorzystanie światła u roślin przystosowanych do cienia, a w dodatku tlen, będący jej produktem ubocznym, zapobiega lokalnym niedotlenieniom tkanek.

eprasa.pl 58d11eda9a

Aromatyczna żywica pozyskiwana z kadzidłowca służy do produkcji kadzideł i perfum.

Drwalnik paskowany należy do korników „uprawiających" grzyby ambrozyjne.

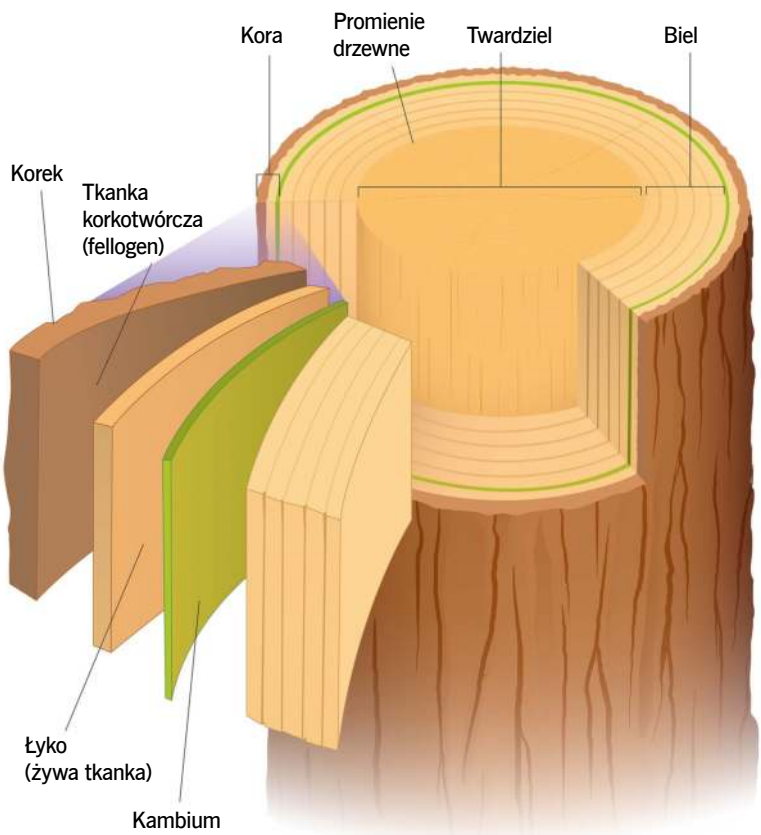
uszkodzić drewna, co mogłoby zaburzyć transport wody i osłabić całe drzewo. Mleczko kauczukowe spływa potem do niewielkiego pojemnika przytwierdzonego do pnia. Określenie „lateks" stosowane jest w odniesieniu do emulsji wytwarzanych przez szereg gatunków, ale w rzeczywistości obejmuje substancje o bardzo różnym składzie chemicznym. Uznaje się, że lateks jest potrzebny roślinom i grzybom do obrony przed uszkodzeniami spowodowanymi żerowaniem zwierząt.

Inną pozyskiwaną wydzieliną kory jest żywica. Sosny posiadają kanały żywiczne m.in. w korze i po ich nacięciu żywica wypływa na zewnątrz. Zasklepia ona uszkodzenia, które mogłyby stać się miejscem utraty wody bądź wnikania patogenów. U części drzew liściastych występują bardzo specyficzne żywice, m.in. mastyks, produkowany przez pistacje. Ma on działanie grzybo- i bakteriobójcze, a wytwarzany z niego werniks służy do konserwacji obrazów. Innym przykładem jest mirra pozyskiwana z balsamowców, która ma udowodnione działanie przeciwbólowe – oddziałuje na receptory opioidowe w mózgu. Natomiast kadzidło, pochodzące z kadzidłowców, uwalnia przyjemny zapach podczas spalania i dlatego bywa używane w celach rytualnych i medytacyjnych.

CO W KORZE PISZCZY?

Kora to mieszkanie licznych organizmów. Od razu nasuwa się, że będą to korniki. Owady te atakują żywe drzewa, aczkolwiek najczęściej osłabione i chore. Mimo swej nazwy nie wszystkie gatunki tych chrząszczy są związane z korą drzew. Niektóre występują także np. w zewnętrznych warstwach drewna. Nie wszystkie też odżywiają się bezpośrednio korą czy drewnem. Korniki ambrozyjne, zamiast spożywać trudne do strawienia części roślin, „hodują" specjalne grzyby, które rozkładają drewno, dopiero na tym etapie zjadane przez korniki. Mimo dość powszechnego przekonania, że korniki odpowiadają za uszkadzanie wyrobów z drewna (głównie mebli), prawdziwymi winowajcami są chrząszcze z rodziny kołatkowatych.

Tworzona przez korę warstwa ochronna może stanowić swoisty parawan osłaniający drobne organizmy przed wzrokiem drapieżników. Wiele z nich to groźne szkodniki drzew uprawnych. Należy do nich m.in. zwójka króweczka, uszkadzająca morele, brzoskwinie, śliwy, wiśnie czy jabłonie. Jej cykl rozwojowy nie zamyka się w jednym sezonie. Zimują larwy, a kora zapewnia im dodatkową ochronę przed mrozem. Wiosną następuje przepoczwarczenie i z otworów wylotowych zlokalizowanych w wierzchniej warstwie



Przekrój przez pień drzewa. Biel przewodzi wodę z solami mineralnymi.

eprasa.pl 58d11eda9a

Larwy zwójki króweczki zimują pod korą drzew owocowych. Na zdjęciu dorosły motyl.

Przeziernik jabłoniowiec upodobał sobie, jak wskazuje nazwa, głównie jabłonie.

kory wylatują dorosłe motyle. Zarówno ich przednie, jak i tylne skrzydła są brązowe, przy czym te pierwsze mają dodatkowo poprzeczne pasy o różnych odcieniach. Do owadów, które upodobały sobie korę drzew owocowych, zaliczyć można też przeziernika jabłoniowca i trociniarkę czerwicę. U obu gatunków motyli larwy zimują pod korą atakowanych drzew. Przeziernik żeruje głównie na jabłoniach, a trociniarka – na wielu gatunkach drzew, nie tylko owocowych. Kora zamieszkiwana jest też przez liczne mikroorganizmy. Najnowsze badania na kilku gatunkach drzew w Australii ujawniły, że ich kora zawiera nawet 6 bln mikroorganizmów na 1 m^2.

PRZYPRAWY I LEKI

Wiele osób ceni specyficzny smak cynamonu, a jest on zmieloną korą. Źródłem tej aromatycznej przyprawy są cynamonowce – głównie cynamonowiec cejloński, ale też cynamonowiec wonny, zwany kasją (w tym przypadku przyprawa ma wyrazistszy, ostrzejszy smak i przeważnie ciemniejszą barwę). O ile cynamon cejloński polecany jest jako produkt prozdrowotny, o tyle kasję należy jeść z umiarem ze względu na stosunkowo dużą zawartość kumaryny, która – spożywana w nadmiarze – może uszkadzać wątrobę. Oprócz nich do cynamonów zaliczamy także cynamon sajgoński o dużej zawartości olejków eterycznych oraz cynamon korintje, który ma jeszcze wyższą zawartość kumaryny niż kasja.

Z kolei nasze rodzime gatunki stanowią raczej źródło kory o właściwościach prozdrowotnych, a nie wyszukanych walorach smakowych. Jednym z przykładów jest tutaj kora dębu. Napar z niej może być używany do przemywania skóry podrażnionej czy zranionej, m.in. w wyniku oparzeń. W przypadku stosowania wewnętrznego zaleca się go jako wspomaganie w leczeniu stanów zapalnych i uszkodzeń błon

Aby pozyskać lateks, korę kauczukowca nacina się w odpowiedni sposób.

Fot. Shutterstock (5), Alamy/Indigo

eprasa.pl 58d11eda9a

śluzowych przewodu pokarmowego. Ponadto kora dębu przydaje się do pielęgnacji przetłuszczających się włosów. Z kolei z kory brzozowej już od wieków produkowano dziegieć brzozowy, stosowany jako środek odkażający na problemy skórne. Jednym ze związków w niej zawartych jest betulina, która oprócz właściwości przeciwbakteryjnych i przeciwzapalnych korzystnie oddziałuje także na drogi żółciowe. Nieco inne działanie ma kora kaliny koralowej o właściwościach szczególnie przydatnych dla kobiet. Działa bowiem rozkurczająco na mięśnie macicy, dlatego stosowana była wspomagająco przy bolesnych miesiączkach, w krwawieniach okresu menopauzy oraz w czasie ciąży w celu zmniejszenia ryzyka przedwczesnych skurczów, choć brak jest nowoczesnych badań nad bezpieczeństwem i skutecznością takiej terapii. Poza tym działa też przeciwobrzękowo, odtruwająco i wyciszająco.

Korę wierzby uważa się za swoisty zamiennik aspiryny, ponieważ zawarte w niej związki salicylowe, flawonoidy i glikozydy fenolowe działają przeciwgorączkowo, napotnie, przeciwzapalnie i przeciwbólowo, nie podrażniając jelit. Zewnętrznie może być używana do okładów, płukanek i kąpieli. Innym przykładem rośliny, której kora przydawała się w medycynie ludowej, jest kruszyna. Działa przede wszystkim na układ trawienny, wspomagając go przy zaparciach i otyłości, zwiększając wydzielanie żółci i zwalczając pasożyty. Co ważne, wszystkie rodzaje kory, a zwłaszcza kora kruszyny, muszą być stosowane z umiarem i po konsultacji ze specjalistą. Np. zbyt duże dawki lub zbyt długotrwałe korzystanie z kory kruszyny prowadzi do przekrwienia okrężnicy, a zbyt skoncentrowane suplementy zawierające korę wierzby skutkują bólami brzucha, nudnościami i wymiotami. Pamiętać należy również o tym, że nie na każdego dany specyfik będzie oddziaływał tak samo, co może być związane np. z przyjmowanymi lekami czy ogólnym stanem zdrowia.

Kora kaliny koralowej była stosowana w zielarstwie na różnego rodzaju dolegliwości kobiece.

Tradycyjny sposób pozyskiwania cynamonu, czyli kory cynamonowca.

ŁUBIANKI, ŁODZIE, OGRODNICTWO

Kora poza kulinarnymi i prozdrowotnymi korzyściami przynosi ludzkości cały szereg innych. Przez wieki jedynym stosowanym rodzajem korka był ten z dębu korkowego. W tym celu odcina się zewnętrzną martwą część kory i z niej produkuje finalne wyroby, np. torebki, płyty izolacyjne i zatyczki do butelek. Wewnętrzna kora pozyskiwana w okresie krążenia soków to łuba drzewna, zwana też dartką drzewną lub – krócej – łubem. Pochodzi ona z takich drzew

Larwa trociniarki czerwicy (góra) jest wszystkożerna, choć głównie zjada drewno. Postać dorosła (dół) nie odżywia się, a jedynie rozmnaża.

Fot. Shutterstock (6)

eprasa.pl 58d11eda9a

Dąb korkowy dostarcza surowca o szerokim zastosowaniu.

jak lipa, sosna, topola czy wiąz. Najbardziej znanym i powszechnym w naszym kraju sposobem wykorzystania dartki jest wyplatanie z niej łubianek (inaczej kobiałek), czyli niewielkich koszyków o prostokątnym dnie przeznaczonych do transportu drobnych owoców – truskawek, malin czy borówek. Dawniej łuby miały szersze zastosowanie i wytwarzano z nich również pudełka, a także wplatano je w boki wozów drabiniastych, co je uszczelniało i umożliwiało przewożenie sypkich produktów. W Ameryce Północnej kory brzozowej używano do produkcji canoe. Indianie przemieszczali się nimi szybko i bezszelestnie, aczkolwiek lekkie łodzie łatwo mogły się wywrócić.

Kora jednak nie musi być użyta do produkcji jakiegoś przedmiotu, ale sama w sobie stanowić może końcowy produkt. Używana jest bowiem coraz częściej w ogrodnictwie. Powszechnie stosuje się korę sosnową, szczególnie do obsypywania podłoża w pobliżu roślin kwasolubnych, takich jak drzewa iglaste, różaneczniki czy borówki. Przydaje się również kora z drzew liściastych, choć w tym przypadku przeważnie nie jest to wyłącznie kora, ale tzw. zrębki, czyli rozdrobnione części pnia i gałęzi. Niezależnie od tego, jak zrębki powstają i jaki dokładnie mają skład, pełnią w ogrodnictwie ważne funkcje. Przede wszystkim rozsypane wokół roślin izolują glebę. Nie nagrzewa się ona tak intensywnie i nie traci tak szybko wody, a zimą mróz nie dostaje się łatwo do korzeni. Inną ważną zaletą jest hamowanie rozwoju chwastów, m.in. przez utrudnianie dostępu światła do gleby. Duże znaczenie ma również funkcja estetyczna, gdyż zrębki – dostępne w różnym zabarwieniu – służą do tworzenia kolorowych kompozycji wokół roślin w ogrodzie.

Tradycyjne canoe dzięki konstrukcji z kory brzozowej było lekkie i zwrotne.

NAJNOWSZE ZASTOSOWANIA

Chociaż wydaje się, że kora ma wiele zastosowań, jej złoty wiek może być dopiero przed nią. Trwają badania nad wykorzystaniem jej w zupełnie innych celach. W Finlandii przetestowano metodę usuwania pozostałości leków z wody za pomocą kory sosnowej zmodyfikowanej tlenkiem żelaza. Wykazano jej dużą skuteczność w usuwaniu antybiotyków, leków na nadciśnienie, przeciwbólowych i antydepresantów. Ma to duże znaczenie w ochronie środowiska, a niskie koszty metody mogą sprawić, że z czasem stanie się ona powszechna w oczyszczalniach ścieków.

Podobne zastosowania kory testuje się również po drugiej stronie świata. W Australii opracowywane są metody modyfikacji i wykorzystania kory eukaliptusów nie tylko do filtrowania wody, ale także powietrza. Duże nadzieje pokłada się również w wychwytywaniu przez ten materiał dwutlenku węgla. Podobnie jak sosny w Finlandii, eukaliptusy w Australii są drzewami powszechnymi i wykorzystywanymi przemysłowo, a ich kora jest najczęściej produktem ubocznym tego procesu lub wręcz odpadem. Nowe metody jej spożytkowania nie tylko pozwolą więc na oczyszczanie środowiska, ale również same w sobie nie będą generować dodatkowych zanieczyszczeń. Kolejny etap badań w Australii ma obejmować pozyskiwanie informacji od rdzennych mieszkańców kontynentu, aby na podstawie ich wielowiekowych tradycji i wiedzy wytypować gatunek eukaliptusa, który najlepiej sprawdzi się w osiągnięciu założonych celów.

Co zaskakujące, korę może wykorzystać również przemysł obronny. Naukowcom z Kanady i Brazylii udało się stworzyć z niej materiał kompozytowy, który skutecznie tłumi fale radarowe. Jest on o wiele tańszy w produkcji (szacunkowo ok. 42%) niż wykorzystywane do tego celu materiały z nanorurek węglowych. Materiał ten może być też używany do produkcji magazynów energii czy systemów oczyszczania środowiska. Kora jest obecnie w dużej mierze odpadem w przetwórstwie drzewnym. Z czasem jednak może stać się bardzo ważnym surowcem, a ponieważ jest materiałem odnawialnym, nietoksycznym i biodegradowalnym, jej szersze wykorzystanie jako zamiennika syntetycznych produktów sprzyjać będzie ochronie środowiska.

dr n. biol. Mariola Rabska

Adiunkt w Instytucie Dendrologii Polskiej Akademii Nauk w Kórniku. Zajmuje się ekofizjologią roślin dwupiennych.

eprasa.pl 58d11eda9a

Alessandro Volta prezentuje Napoleonowi stos elektryczny, pierwszą baterię, która otworzyła drogę do epoki elektryczności.

eprasa.pl 58d11eda9a

POWRÓT Z ZAŚWIATÓW

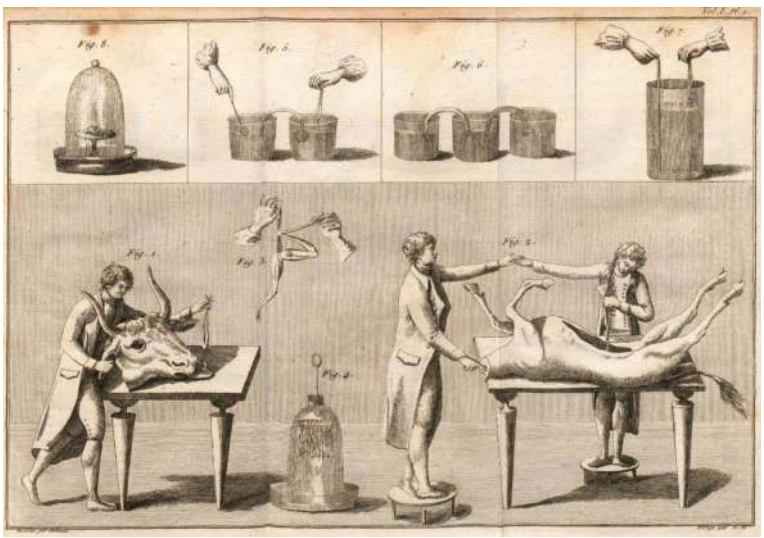
W czasach, kiedy Mary Shelley pisała „Frankensteina", naprawdę próbowano ożywiać zwłoki za pomocą prądu. Oczywiście w imię nauki.

KAMIL NADOLSKI

GEORGE Forster został stracony w londyńskim więzieniu Newgate 17 stycznia 1803 r. Skazano go za zamordowanie żony i dziecka, których ciała znaleziono w kanale Paddington. W normalnym biegu sprawy śmierć kończyłaby historię człowieka albo przynajmniej oddawała ją w ręce specjalistów od anatomii. W tym przypadku było jednak inaczej. Ciało Forstera, jeszcze świeże po egzekucji, stało się przedmiotem jednego z najbardziej niepokojących pokazów naukowych początku XIX w. Autorem eksperymentu był Giovanni Aldini, profesor fizyki z Bolonii.

Według zachowanych relacji ciało denata pozostawało po egzekucji przez godzinę na mrozie, w temperaturze –2°C. Potem zaczęło się doświadczenie. Aldini do pokazu użył prądu elektrycznego. Przykładał przewodniki do różnych części ciała nieboszczyka. Gdy jeden dotknął ust, a drugi ucha zwilżonego roztworem soli, szczęka zmarłego zaczęła drżeć. Sąsiednie mięśnie twarzy gwałtownie się skurczyły, a lewe oko się otworzyło. Dla publiczności zebranej przy stole anatomicznym pobudzenie mięśni jawiło się niczym wizja powrotu zmarłego z zaświatów. Człowiek, który chwilę wcześniej wisiał na szubienicy, teraz wykonywał ruchy kojarzone z życiem. W kolejnych próbach reakcje okazały się jeszcze silniejsze. Kiedy przewodniki przyłożono do ucha i odbytu, skurcze mięśni objęły także rejony odległe od miejsc kontaktu z elektrodami. Dla Aldiniego nie był to wyłącznie makabryczny spektakl. Przekonywał, że celem tego i wielu podobnych doświadczeń jest sprawdzenie, jak dalece galwanizm może pomóc przy próbach przywracania ludzi do życia.

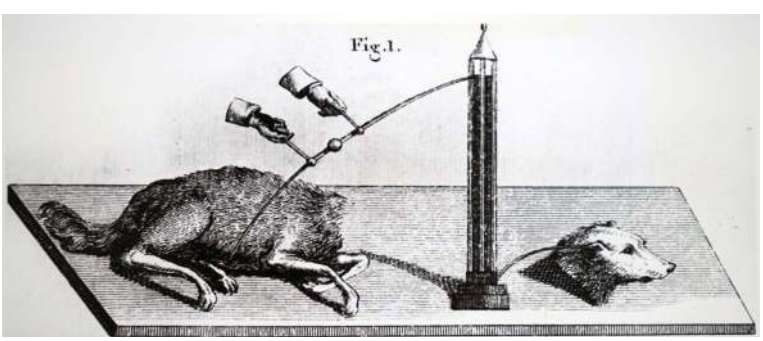
My już wiemy, że ruch mięśni nie jest równoznaczny z życiem. Ciało nie działa jak maszyna, którą wystarczy podłączyć do źródła prądu. Życie organizmu nie sprowadza się do jednego skurczu mięśnia. Wymaga krążenia, oddechu, czynności mózgu, zachowanej świadomości i współdziałania całego organizmu. To nie są elementy uruchamiane prostym impulsem. Na początku XIX w. granica między śmiercią pozorną a nieodwracalną była jednak znacznie mniej jasna. Wyobraźnię całej epoki rozpalały popularne w tamtym czasie pokazy galwanistyczne, podczas których wstrząsane elektrycznością zwłoki wykonywały makabryczne gesty. Jedni byli zafascynowani, inni przerażeni.



Dziewiętnastowieczna ilustracja doświadczeń Giovanniego Aldiniego pokazuje, jak galwanizm przeniósł elektryczność z laboratoriów fizyków do sal anatomicznych.

SPÓR GALVANI–VOLTA

Nim prąd zaczął poruszać ciałami skazańców, wprawiał w ruch żabie nogi. To od nich zaczął się jeden z najbardziej osobliwych sporów w historii nauki.



Doświadczenie Aldiniego z martwym psem pokazywało, jak prąd ze stosu Volty wywołuje gwałtowne reakcje mięśni. Efekt naukowy, który łatwo zmieniał się w makabryczne widowisko.

Fot. UIG/Forum (2), Alamy/Indigo

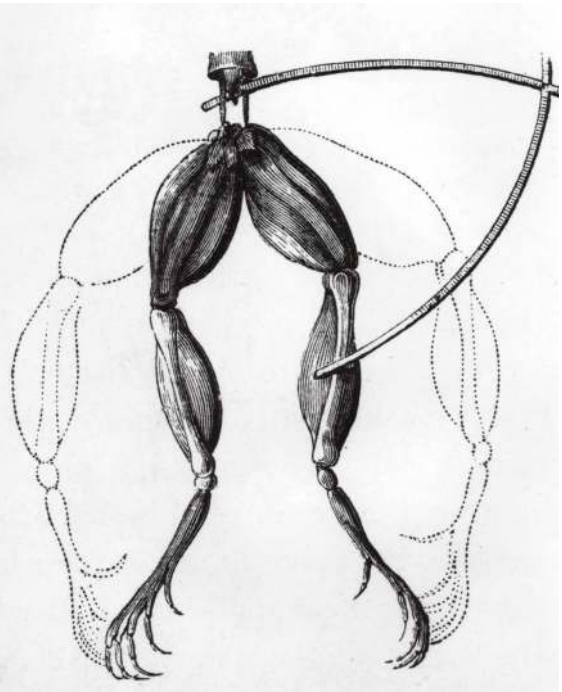
eprasa.pl 58d11eda9a

Luigi Galvani (1737–1798) był anatomem i lekarzem z Bolonii, a w jego pracowni stała tzw. maszyna elektryzująca, czyli urządzenie, które poprzez tarcie wytwarzało iskry. Według relacji uczonego pewnego listopadowego dnia 1780 r. jeden z asystentów dotknął metalową sondą odnóża żaby – mięśnie się skurczyły, a drugi pomocnik zauważył, że w tej samej chwili z maszyny wyskoczyła iskra. Dostrzegł między tymi zdarzeniami związek. Galvani wiedział o wcześniejszych obserwacjach innego Włocha, Tommasa Laghiego, który już w 1757 r. zauważył, że elektryczne pobudzenie nerwu wywołuje skurcz mięśnia. Zasługą Bolończyka było to, że zjawisko do tej pory ulotne postanowił rozłożyć na czynniki pierwsze.

Najpierw Galvani upewnił się, że iskra wcale nie musi dotykać preparatu. Wystarczyło, by nerw był uziemiony, a skurcz następował przy każdym wyładowaniu odległej maszyny. Potem przyszła kolej na naturę. Latem i jesienią 1786 r. badał wpływ elektryczności atmosferycznej. Przymocował preparowane żaby mosiężnymi haczykami, wbitymi w rdzeń kręgowy, do żelaznej balustrady wokół balkonu swojego domu i obserwował skurcze, gdy na niebie błyskało. I tu nastąpił moment przełomowy, zaskoczenie, które popchnęło całą naukę w nową stronę. Skurcze pojawiały się również wtedy, gdy niebo było już czyste, a nasilały się, ilekroć mosiężny haczyk stykał się z żelazną balustradą. Skoro nie było ani iskry, ani burzy, to skąd brał się prąd?

Odpowiedź, do której Galvani doszedł w pracowni, była śmiała. Gdy jeden metal stykał się z nerwem żaby, drugi z mięśniem, a oba ze sobą, mięsień się kurczył bez jakiejkolwiek iskry z maszyny elektrycznej. Galvani wyciągnął stąd rewolucyjny wniosek: źródło siły tkwi w samej tkance. Doszedł do przekonania, że tkanka ta zawiera własną formę elektryczności, którą nazwał elektrycznością zwierzęcą, uruchamiającą nerw i mięsień, gdy zewrze je metalowa sonda. Żywe ciało stawało się w tym obrazie maleńkim biologicznym kondensatorem. Swoje ustalenia Galvani ogłosił w 1791 r. w rozprawie *De viribus electricitatis in motu musculari commentarius* (Rozprawa o siłach elektryczności w ruchu mięśni), wydanej w „Commentarii" bolońskiej Akademii Nauk. Efekt przerósł oczekiwania skromnego anatoma. Wpływ tej publikacji na świat nauki bywa porównywany do społecznego i politycznego wstrząsu, jakim była w tych samych latach rewolucja francuska. Wszędzie, gdzie tylko można było zdobyć żaby, próbowano powtórzyć doświadczenie. Wśród czytelników znalazł się jednak ktoś, kto powtórzył eksperyment Galvaniego i doszedł do całkiem innego wniosku.

Alessandro Volta z Pawii w 1792 r. po lekturze rozprawy Galvaniego najpierw przyznał mu rację, by następnie na podstawie własnych prób zacząć w nią wątpić. Im dłużej powtarzał doświadczenia, tym mocniej utwierdzał się w przeciwnym wniosku – że żaby reagują wprawdzie jak czułe elektroskopy na elektryczność zewnętrzną, ale same żadnej wewnętrznej elektryczności nie mają, a jej źródłem są metale łączące nerw z mięśniem. Innymi słowy: martwa noga nie była baterią, lecz czujnikiem. Detektorem cudzego prądu. Wokół interpretacji doświadczeń Bolończyka uczony świat podzielił się na dwa obozy: woltaistów i galwanistów. Po jednej stronie stał anatom przekonany, że odkrył siłę życia. Po drugiej fizyk, który twierdził, że żaden tajemniczy fluid nie istnieje, a cała rzecz to nieporozumienie z dwoma kawałkami metalu.



Żabie udka Galvaniego stały się początkiem sporu o „elektryczność zwierzęcą".

Alessandro Volta objaśnia Napoleonowi zasadę działania stosu elektrycznego.

eprasa.pl 58d11eda9a

Volta poszedł dalej i zrobił coś, co dziś brzmi jak scena z gabinetu osobliwości – zaczął sprawdzać kontakt metali na własnym ciele. Odkrył, że gdy dwa różne metale dotkną języka i zetkną się ze sobą, czuje się gorzki smak, a przyłożone do oka wywołują wrażenie błysku światła. Skoro prąd dawał o sobie znać nawet bez żaby, to po co w ogóle żaba? Nauka oficjalna przyznała mu wówczas rację: w 1794 r. Royal Society uhonorowało Voltę Medalem Copleya, najważniejszym ówczesnym wyróżnieniem, swego rodzaju odpowiednikiem dzisiejszego Nobla.

Galvani w odróżnieniu od błyskotliwego polemisty z Pawii nie miał temperamentu do walki na argumenty przed europejskim audytorium. Zrezygnował ze sporu wokół własnego odkrycia i pozostał przy pracy nauczyciela, położnika i chirurga, lecząc zarówno bogatych, jak i biednych, bez względu na honorarium. Jego kariery nie dobił zresztą kolega po fachu, lecz polityka. Galvani został usunięty z Uniwersytetu w Bolonii za odmowę złożenia przysięgi na wierność Napoleonowi. Zmarł w 1798 r. w niedostatku. Volta tymczasem, chcąc ostatecznie dowieść, że to metale są motorem prądu, w 1800 r. zbudował stos złożony z naprzemiennych krążków dwóch metali przedzielonych tekturą nasączoną kwasem lub solanką. Tego samego roku przesłał komunikat o swoim odkryciu do Royal Society w Londynie. Tak narodziła się pierwsza bateria – stały sterowalny prąd na żądanie.

Spór Galvaniego z Voltą uchodzi za jedną z najważniejszych dyskusji naukowych w dziejach, bo zmusił obu przeciwników do przeprowadzenia fundamentalnych eksperymentów. Kto więc miał rację? Z perspektywy dwóch stuleci odpowiedź jest zaskakująco dyplomatyczna – obaj po trochu. Galvani słusznie przypisał skurcze bodźcowi elektrycznemu, lecz mylił się, nazywając go elektrycznością zwierzęcą, a Volta trafnie zaprzeczył istnieniu osobnej elektryczności, ale niesłusznie sądził, że każdy efekt tego rodzaju wymaga dwóch różnych metali. Współczesna nauka przyznała przy tym Galvaniemu więcej, niż przyznali mu współcześni. Tkanka rzeczywiście wytwarza własne sygnały elektryczne. Jednak to stos Volty, broń wykuta przeciwko teorii Galvaniego, miał wkrótce trafić w ręce jego bratanka.

MAKABRYCZNE SPEKTAKLE

XVIII i XIX w. kochały demonstracje. Publiczne doświadczenia naukowe nie były niczym niezwykłym. Elektryczność szczególnie dobrze się do nich nadawała: iskrzyła, kopała, rozświetlała, poruszała mięśnie. Była niewidzialną siłą, którą można było nagle uczynić widzialną. W salonach i teatrach pokazywano maszyny elektrostatyczne, doświadczenia z iskrą, oddziaływanie prądu na ciało. Nauka potrzebowała publiczności, a publiczność chciała cudu, najlepiej takiego, który da się zobaczyć z kilku kroków. Galwanizm oferował cud wyjątkowo mocny. Gdy tylko iskra przeskakiwała między przewodami, poruszało się ciało.

Mary Shelley i „Frankenstein”

Mary Shelley

Najpopularniejsza wersja narodzin „Frankensteina” brzmi mniej więcej tak: młodziutka Mary Shelley zobaczyła kiedyś, jak pod dotknięciem prądu drga ciało straceńca, po czym wróciła do domu wstrząśnięta i w gorączce spisała powieść o ożywionym trupie. Historia jest zgrabna i… nieprawdziwa. Nic nie wskazuje, by Mary była świadkiem takiego pokazu. Gdy Giovanni Aldini elektryzował zwłoki George'a Forstera w Londynie, miała 5 lat. Bibliotekarze z Linda Hall Library zwracają uwagę, że nie istnieje żaden łatwo dostępny przekaz, z którego dziecko mogłoby czerpać. Z kolei głośny eksperyment Andrew Ure'a z Glasgow odbył się dopiero w listopadzie 1818 r., a więc niemal rok po tym, jak powieść trafiła do księgarń. Chronologia jest tu nieubłagana: makabryczne widowiska nie stworzyły książki. Co najwyżej książka i widowiska czerpały z tego samego źródła.

Prawdziwa geneza jest mniej upiorna, za to lepiej udokumentowana, bo opowiedziała ją sama autorka. Latem 1816 r. w trakcie osobliwego „roku bez lata”, wywołanego wybuchem wulkanu Tambora, osiemnastoletnia wówczas Mary Godwin przebywała nad Jeziorem Genewskim niedaleko wynajętej przez lorda Byrona Villi Diodati. Deszcz więził towarzystwo w domu. Wieczorem 16 czerwca w celach rozrywkowych zgromadzeni czytali na głos francuski zbiór historii grozy „Fantasmagoriana”, po czym Byron rzucił wyzwanie: niech każdy napisze własną opowieść o duchach. We wstępie do wydania „Frankensteina” z 1831 r. Shelley wspomina, że przez wiele dni nie potrafiła nic wymyślić.

Przełom przyszedł nie w związku z lekturą, lecz w wyniku podsłuchanej rozmowy. Byron i Percy Shelley – jak pisała – roztrząsali naturę zasady życia i to, czy kiedykolwiek uda się ją odkryć i przekazać. Padło nazwisko Erasmusa Darwina (1731–1802), dziadka Karola, o którym mówiono, że przechował kawałek makaronu w szklanym naczyniu, aż ten zaczął się poruszać jakby z własnej woli. Warto oddać Shelley sprawiedliwość: w tym samym wstępie zastrzegła, że relacjonuje nie to, co Darwin naprawdę zrobił, lecz to, „co wówczas o nim opowiadano”. Była więc ostrożniejsza od wielu późniejszych popularyzatorów. Historycy podejrzewają zresztą, że „makaron” (*vermicelli*) to przekręcone *Vorticellae*, mikroskopijne organizmy wodne. W tej samej rozmowie pojawił się galwanizm. I to właśnie wtedy Shelley stworzyła obraz „bladego adepta bezbożnych sztuk” klęczącego przy istocie, którą złożył.

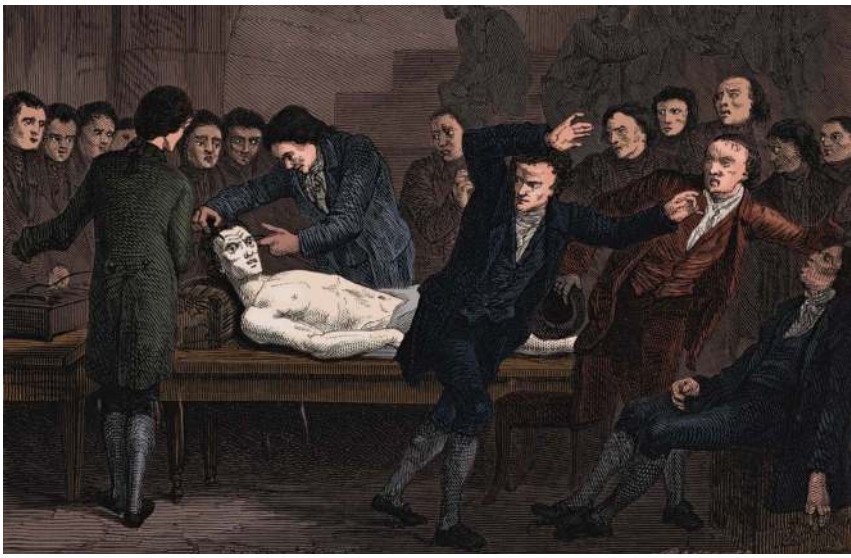
Fot. SSPL/Forum, Imagebroker/Forum, Heritage Images/Forum

eprasa.pl 58d11eda9a

Aby zrozumieć, skąd na jednym z takich pokazów wzięły się świeże zwłoki, trzeba zacząć od prawa. W ówczesnej Anglii ciało powieszonego mordercy nie trafiało do grobu, należało do nauki. Ustawa o zabójstwie z 1751 r. pozwalała badaczom prowadzić doświadczenia na zwłokach straconych przestępców. Sekcja bywała częścią samego wyroku, dodatkową karą wymierzoną już po śmierci. W tym samym czasie działały instytucje, które próbowały przesunąć granicę między śmiercią a ratunkiem. Londyńskie Society for the Recovery of Persons Apparently Drowned, późniejsza Royal Humane Society, powstało w 1774 r. z inicjatywy lekarzy Williama Hawesa i Thomasa Cogana. Sama nazwa mówi bardzo dużo: chodziło o osoby „pozornie utopione", a więc takie, które wyglądały na martwe, lecz można je było jeszcze uratować. Towarzystwo promowało resuscytację ofiar utonięć, nagradzało akcje ratunkowe i pomagało rozpowszechniać przekonanie, że nie wolno rezygnować zbyt szybko.

Aldini wcale nie był szaleńcem marzącym o wskrzeszaniu trupów. Cel, który sobie stawiał, był chłodno medyczny. Pisał wprost, że doświadczenia na powieszonym przestępcy nie miały na celu ożywienia zwłok, lecz jedynie „zdobycie praktycznej wiedzy, czy galwanizm może posłużyć jako pomoc w ratowaniu człowieka". Najbardziej interesowała go reanimacja po urazach, np. po podtopieniu, i ubolewał, że nigdy nie udało mu się przywrócić w zwłokach pracy serca. Aldini nie chciał stworzyć potwora, chciał wiedzieć, gdzie leży granica odwracalności śmierci. Tyle że jego metoda miała w sobie coś, czego nie dało się oswoić językiem medycznym. Bo czym innym jest ratowanie człowieka wyciągniętego z rzeki, a czym innym przykładanie przewodów do ciała skazańca po egzekucji. Pokaz zakończył się tak, jak musiał: bateria w końcu się wyczerpała, a Forster pozostał martwy. Aldini poniósł porażkę jako wskrzesiciel, ale obraz otwierającego się oka trupa pod wpływem prądu wymknął się z sali wykładowej i ruszył w świat. 15 lat później w teatrze anatomicznym w Glasgow miał powrócić w jeszcze bardziej dramatycznej odsłonie, i tym razem ktoś rzeczywiście napisze, że zmarły na moment ożył.

Gdy 4 listopada 1818 r. ciało Matthew Clydesdale'a wnoszono do teatru anatomicznego Uniwersytetu w Glasgow, „Frankenstein" był już na rynku księgarskim od 11 mies. Pierwsze anonimowe wydanie ukazało się 1 stycznia 1818 r. To drobny fakt o sporej wadze: cokolwiek wydarzyło się w Glasgow, nie mogło zainspirować Mary Shelley. Ale ten dzień był w mieście



Andrew Ure badał działanie prądu na ciało Matthew Clydesdale'a, pokazując, jak galwanizm balansował między nadzieją na ratowanie życia a makabrycznym widowiskiem.

Odcięte głowy

Nie każdy, kto marzył o cofnięciu śmierci, stawiał na prąd. Równolegle do galwanicznych pokazów rozwijała się druga droga – próba przywrócenia życia przez ponowne uruchomienie krążenia. Jej ważnym prekursorem był francuski fizjolog Julien Jean César Legallois, który w 1812 r. rozważał, czy funkcje ciała można podtrzymać, jeśli pracę serca zastąpi sztuczne wtłaczanie natlenionej krwi. W doświadczeniach na zwierzętach badał zależność życia od pracy mózgu, rdzenia kręgowego, oddychania i krążenia. Nie był to jeszcze udany „powrót do życia", lecz ważny krok w myśleniu o sztucznym krążeniu i podtrzymywaniu pracy narządów.

Pół wieku później tę intuicję przekuł w konkretny eksperyment Charles-Édouard Brown-Séquard. W 1857 r. odciął psu głowę, odczekał 10 min, po czym podłączył do tętnic gumowe rurki i zaczął tłoczyć natlenioną krew. Po 2–3 min martwa głowa znów poruszała oczami i mięśniami pyska, przy czym ruchy ustawały, gdy tylko przerywano dopływ krwi.

Najbardziej makabryczny rozdział badań rozegrał się w Paryżu, gdzie gilotyna zapewniała naukowcom stały dopływ „świeżych szczątków". W 1884 r. francuskie władze zaczęły przekazywać fizjologowi Jeanowi-Baptiste'owi Vincentowi Laborde'owi głowy straconych, a on – idąc śladem Browna-Séquarda – łączył tętnicę szyjną odciętej ludzkiej głowy z tętnicą dużego psa, by przywrócić jej krążenie.

Pierwszym „obiektem" Laborde'a był skazany za morderstwo Campi, a sprawozdania z eksperymentów ukazywały się głównie na łamach czasopisma „Revue Scientifique". Cel badacza był zresztą poważniejszy, niż sugeruje groza scenerii. Chciał rozstrzygnąć, czy odcięta głowa może przez moment zachować świadomość. Twierdził, że udawało mu się wywoływać resztkowe reakcje nerwowo-mięśniowe i badać pobudliwość tkanek po dekapitacji. Nie wykazał jednak powrotu świadomości ani „ożywienia" głowy w sensie medycznym. Żadnej z głów nigdy nie ocucono, ale te ponure próby położyły podwaliny pod naukę o utrzymywaniu narządów przy życiu poza ciałem dzięki przywróceniu w nich przepływu krwi.

eprasa.pl 58d11eda9a

wydarzeniem. Clydesdale, skazany za zabicie kilofem starszego mężczyzny, Alexandra Love'a, był pierwszym powieszonym w Glasgow od 10 lat. Gdy uznano go za martwego, ciało zdjęto i szybko przewieziono wozem przez Saltmarket, Trongate i High Street do uniwersytetu, a wnętrze teatru anatomicznego wypełnił tłum. Okazja była rzadka, bo nieczęsto operowano na świeżych zwłokach na oczach publiczności.

Eksperyment przygotowano z chłodną precyzją. Na 5 min przed dostarczeniem zwłok baterię – stos liczący 270 płyt – naładowano rozcieńczonymi kwasami azotowym i siarkowym, a na ciele wykonano nacięcia odsłaniające nerwy na szyi, biodrze i piętach. Potem zaczął się pokaz. „Gdy prąd popłynął przez przeponę, klatka piersiowa uniosła się i opadła, jakby ciało oddychało. Po nacięciu opuszki palca wskazującego dłoń uniosła się i zdawała się wskazywać palcem na zgromadzonych. Przy przesunięciu pręta od biodra do pięty noga wyprostowała się z taką siłą, że omal nie przewróciła jednego z asystentów, który na próżno usiłował ją powstrzymać" – wspominał Andrew Ure, jeden z prowadzących makabryczny spektakl. Moment kulminacyjny rozegrał się na twarzy denata. Gdy pobudzono nerw nadoczodołowy, wszystkie mięśnie twarzy wpadły w przerażający ruch. Obserwatorzy widzieli na przemian wściekłość, grozę, rozpacz, udrękę i upiorne uśmiechy, które złożyły się na potworny wyraz twarzy mordercy. Część widzów musiała wyjść z sali z przerażenia lub z powodu mdłości, a jeden z dżentelmenów zemdlał.

Makabryczna opowieść o trupie, który ożył, powstała prawie pół wieku później. W 1865 r. Peter Mackenzie, pisarz i znana osobistość z Glasgow, zapewniał, że był obecny przy eksperymencie i widział, jak Clydesdale powrócił do życia przed przerażoną publicznością, po czym jeden z anatomów chwycił skalpel i poderżnął mu gardło. Ożywiony nieboszczyk znów miał osunąć się martwy. Samego eksperymentu, gdy się odbył, nie uznała za wart opisania nawet prasa. Relację zamieściła tylko jedna z trzech ówczesnych gazet w tym mieście.

Podobne eksperymenty wykonywano także w innych krajach Europy, często z wykorzystaniem świeżych zwłok, aby badać wpływ prądu elektrycznego na układ nerwowy i mięśnie. Już wcześniej Aldini prowadził doświadczenia w Bolonii, a w Turynie w 1802 r. Carlo Vassalli Eandi, Stefano Giulio i Francesco Rossi relacjonowali Akademii Nauk próby pobudzania prądem serca, przepony, tętnic i mięśni ludzi zmarłych zaledwie kilka lub kilkanaście minut wcześniej. W innych ośrodkach powtarzano podobne próby już nie tylko po to, by sprawdzić, czy ciało „odpowie" na elektryczność, lecz także by ustalić, jak długo po śmierci tkanki zachowują pobudliwość, które nerwy odpowiadają za ruchy oddechowe i czy prąd może mieć praktyczne znaczenie w ratowaniu osób pozornie martwych – utopionych, uduszonych albo powieszonych.

WSPÓŁCZESNE NASTĘPSTWA

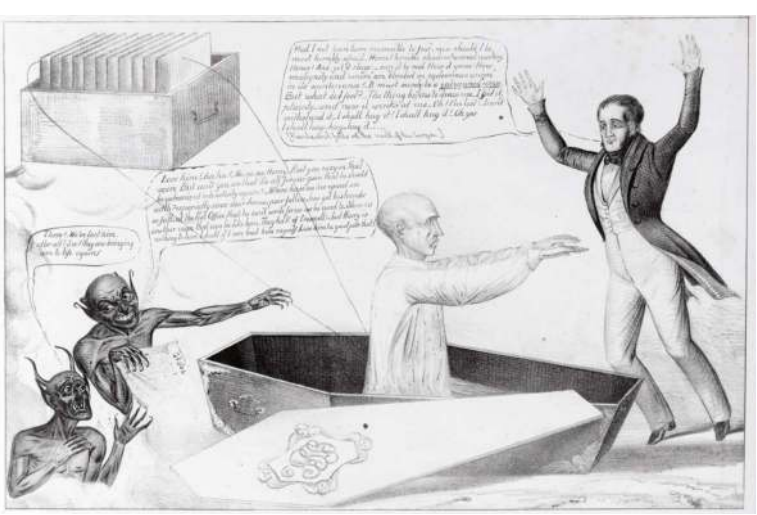
Jeśli uwzględnić cel, jaki przyświecał wszystkim tego typu eksperymentom, śmiało można orzec, że zakończyły się one niepowodzeniem. Największe nieporozumienie zaczynało się od ruchu. Człowiek, widząc, że martwa dłoń zaciskała się pod wpływem prądu, twarz przybierała grymas, powieka drgała, a noga wykonywała gwałtowny skurcz niemal automatycznie, dopowiadał sobie resztę. Skoro ciało się poruszyło, to może coś w nim jeszcze żyje. Skoro otworzyło się oko, może ktoś patrzy. Skoro klatka piersiowa uniosła się pod wpływem stymulacji, może człowiek oddycha. Tak działa wyobraźnia.

Prąd nie „budzi" martwego człowieka. Pobudza tkanki, które przez pewien czas po śmierci zachowują zdolność reakcji. Najlepiej widać to na mięśniach. Mięsień nie jest kawałkiem biernej materii, który natychmiast po zgonie przestaje istnieć jako funkcjonalna struktura. To złożony układ białek, jonów, błon komórkowych i resztek energii chemicznej. Gdy organizm jako całość przestaje działać, pojedyncze komórki nie gasną wszystkie naraz jak światła w mieście po odcięciu prądu. Ich procesy załamują się stopniowo. Właśnie dlatego ciało świeżo zmarłej osoby może reagować.

Marzenia o wyrwaniu kogoś śmierci miały jednak nieoczywiste następstwa. Galwaniści nie odkryli defibrylacji, ale utrwalili przekonanie, że elektryczność może być narzędziem medycyny ratunkowej. W zupełnie innym – kardiologicznym – kontekście ta intuicja wróciła dopiero w XX w., gdy William B. Kouwenhoven i jego współpracownicy z Johns Hopkins University badali wpływ prądu na migotanie komór i rozwijali narzędzia, z których wyrosła współczesna defibrylacja. Urządzenie wiszące dziś na ścianie każdego lotniska jest więc dalekim, oczyszczonym z makabry potomkiem tej samej idei, którą Aldini próbował udowodnić nad ciałem Forstera. Dzisiejszy defibrylator AED nie „wskrzesza" zmarłych. Pomaga przerwać groźny chaos elektryczny serca, gdy istnieje jeszcze szansa na przywrócenie jego skutecznej pracy.

Kamil Nadolski

Redaktor, publicysta, popularyzator nauk o Ziemi. Współpracował m.in. z TVN24, TVP, „Wprost", „Rzeczpospolitą" i „Newsweekiem". Pasjonat historii, antropologii i nauk społecznych.



Satyryczna grafika z 1836 r. dowodzi, jak szybko galwanizm wyszedł poza laboratoria – stał się metaforą politycznego ożywiania trupa.

Fot. Alamy/Indigo, Library of Congress

eprasa.pl 58d11eda9a

Zwisogłówki to jedyne ptaki, które mogą spać głową do dołu.

eprasa.pl 58d11eda9a

ŻYCIE DO GÓRY NOGAMI

Nie zawsze głowa musi być u góry. Na świecie istnieją zwierzęta, które bardzo dobrze funkcjonują z głową do dołu.

RADOSŁAW KOŻUSZEK

W GROMADZIE ptaków za największych akrobatów uchodzą papugi. Podczas zabawy lub zdobywania pokarmu swobodnie zwisają, zaczepione o jakiś stabilny element jedynie dziobem lub jedną nogą. Nie jest zatem niczym nadzwyczajnym, że papuga, zamiast siedzieć na gałęzi, zwisa pod nią, obserwuje otoczenie i jedną wolną nogą lub dziobem rozłupuje orzech. Zwisogłówki – niewielkie papugi zamieszkujące tropikalną część Azji – to jedyne ptaki na świecie, które mogą spać w pozycji z głową do dołu. Ewolucjoniści uważają, że to wykształcone przez miliony lat zachowanie ma zminimalizować ryzyko ataku drapieżników. Zielona papuga w gęstwinie lasu tropikalnego jest dla nich niewidoczna, a gdy zwisa z gałęzi, wygląda jak jeden z liści.

Papugi te potrafią godzinami przebywać w odwróconej pozycji dzięki unikalnym adaptacjom biomechanicznym i neurologicznym. Silny mięsień sercowy oraz specjalne zastawki w naczyniach krwionośnych sprawiają, że krew nie spływa im do mózgu i nie wywołuje jego obrzęku. Mocne skurcze serca gwarantują silny przepływ krwi, a zastawki uniemożliwiają jej cofnięcie się w wyniku grawitacji. Jeśli chodzi o układ oddechowy, to zwisogłówki posiadają sztywne worki powietrzne, odporne na ucisk narządów wewnętrznych w momencie zmiany pozycji. Również płuca są niezmiernie wytrzymałe, gdyż umocowanie narządów bliżej osi brzusznej sprawia, że podczas zwisania nie naciskają one na organy oddechowe. Papugi charakteryzuje także silnie rozwinięty błędnik, którego działanie powoduje, że ptak dobrze orientuje się w przestrzeni. Zapobiega to zawrotom głowy i dezorientacji. Ciekawie u zwisogłówek prezentuje się także układ ruchu, a przede wszystkim nogi. Papugi mają dwa palce skierowane do przodu, a dwa do tyłu (zygodaktylia), co sprawia, że bez trudu obejmują gałąź. Silny zacisk palców gwarantowany jest przez pracę mięśni i ścięgien. W momencie, gdy papuga zwisa, ścięgna automatycznie się blokują do pozycji zamkniętej, a palce się zaciskają. Sam zacisk palców zatem nie wymaga wydatkowania dodatkowej energii, a papuga nie męczy się podczas snu.

Zwisogłówki pobierają nektar nawet z kwiatów znajdujących się na wiotkich gałęziach.

Jeśli ptak chce zwolnić uścisk, musi odciążyć ścięgna. Trzepocze w tym celu skrzydłami i w końcu może odlecieć. W przypadku wypróżniania się papuga poprzez zmianę ułożenia ciała odciąża tylko jedną nogę, której palce się rozprostowują. Ptak wówczas lekko się wygina, kieruje ogon w stronę pleców i wydala ekskrementy, nie brudząc piór. Zwisogłówki żywią się głównie nektarem i słodkimi owocami, które zazwyczaj rosną na końcach długich i cienkich gałązek. Aby zdobyć pożywienie, ptak chwyta się wiotkiej gałęzi, która pod wpływem jego ciężaru opada. Wtedy zwisogłówka zmienia pozycję i skierowana głową do dołu raczy się nektarem lub słodkim owocem.

Fot. Shutterstock (2)

eprasa.pl 58d11eda9a

Kowalik to nasz jedyny ptak, który może żerować z głową skierowaną w dół.

Bardzo duże pazury kowalika zapewniają mu dobrą przyczepność do podłoża.

Jedynym naszym krajowym ptakiem żerującym z głową w dół jest kowalik. Jego pokarm stanowią głównie drobne zwierzęta (owady i ich larwy, pająki) znajdowane w korze drzew. Większość ptaków penetrujących korę (pełzacze, dzięcioły) porusza się tylko z dołu do góry, opierając się na ogonie. Kowalik jednak porusza się jeszcze z góry do dołu. Dzięki temu dostrzega drobne zwierzęta niewidoczne dla innych ptaków. Kowalik ma cztery palce, z czego trzy skierowane są do przodu, a jeden do tyłu. Każdy z palców zakończony jest długim i sztywnym pazurem, co pozwala na bezpieczne zakotwiczenie się w korze. Poruszając się do dołu, kowalik wykonuje duże kroki, a pazur palca skierowanego do tyłu pełni funkcję głównej blokady, która uniemożliwia ześlizgnięcie się z drzewa. Ptak posiada także elastyczną strukturę stawów nóg – dzięki temu swobodnie obraca palce względem nierównej powierzchni pnia drzewa.

Podczas trzymania się gałęzi nietoperze nie wydatkują energii.

Ponieważ ciało kowalika jest krępe, a ogon krótki, środek ciężkości zwierzęcia znajduje się bardzo blisko pnia. Minimalizuje to siłę odciągającą i zapobiega spadaniu. Podobnie jak w przypadku zwisogłówek ptak ten ma wydajny układ krwionośny, który zapobiega zbyt dużemu napływowi krwi do mózgu. Również błędnik jest bardzo dobrze rozwinięty, co umożliwia ciągłe zmiany położenia ciała.

SSAKI Z GŁOWĄ DO DOŁU

Najbardziej znanymi ssakami, które większość życia spędzają do góry nogami, są nietoperze. W ich przypadku ewolucja postawiła na umiejętność czynnego lotu, zaniedbując przy tym trochę kończyny tylne. Słabe nogi nietoperzy pełnią w zasadzie tylko jedną ważną funkcję – mają gwarantować stabilne przytwierdzenie podczas zwisania głową w dół. Żaden nietoperz nie mógłby siedzieć na nich na gałęzi. Zwisanie zaś nie wymaga żadnego wysiłku mięśniowego, bo ewolucyjnie wykształcił się u tych ssaków specyficzny układ blokujący ścięgna, który przypomina ten u zwisogłówek. Kiedy zatem nietoperz zwisa, to jego mięśnie wypoczywają, a sam ciężar ciała wyzwala blokowanie zaciśniętych palców nóg. Chcąc odlecieć, musi użyć siły mięśni, by zwolnić uchwyt.

Długotrwałe zwisanie głową w dół u większości ssaków doprowadziłoby do obrzęku mózgu, ale nietoperze radzą sobie z tym podobnie jak papugi. Mają jednokierunkowe zastawki w naczyniach krwionośnych, które zapobiegają cofaniu się i gromadzeniu krwi w głowie pod wpływem grawitacji. Również ściany naczyń krwionośnych nietoperzy są bardzo elastyczne, co ułatwia pompowanie krwi w kierunku mięśnia sercowego. Samo serce jest proporcjonalnie większe niż u innych ssaków, dzięki czemu szybko następuje wyrównanie ciśnienia krwi w momencie zmiany ułożenia głowy. Nie bez znaczenia u nietoperzy jest także dobrze rozwinięty błędnik, błyskawicznie reagujący na zmiany orientacji góra–dół.

Fot. Shutterstock (4), Alamy/Indigo (2)

eprasa.pl 58d11eda9a

Leniwce całe życie spędzają w takiej pozycji.

Innymi ssakami żyjącymi z głową do dołu są leniwce. Te powolne nadrzewne ssaki zamieszkują wilgotne lasy tropikalne Ameryki Południowej i Środkowej. Żywią się głównie liśćmi, które – jak wiadomo – są bardzo ubogim pokarmem. Zwierzęta te prawie całe życie spędzają do góry nogami, a na ziemię schodzą tylko po to, by oddać kał lub przejść na inne drzewo. Największym chyba osiągnięciem ewolucyjnym u leniwców jest adaptacja chroniąca je przed uduszeniem. Gdy inne zwierzę w nienaturalny sposób leży na plecach, to ciężar jego narządów wewnętrznych może naciskać na płuca i je blokować. W efekcie długo utrzymujący się taki stan może skończyć się uduszeniem. U leniwców narządy wewnętrzne przytwierdzone są do żeber (tkanka włóknista), dzięki czemu wewnątrz ciała zwierzęcia zachowany jest porządek i mimo odwróconej pozycji narządy na siebie nie naciskają.

W związku z brakiem presji ewolucyjnej i wyjątkowo powolnym metabolizmem poszczególne gatunki leniwców mają odmienną liczbę kręgów szyjnych, ale również w ramach tego samego gatunku występują u nich te różnice. Np. leniwce trójpalczaste mogą ich mieć 8–10, a leniuchowce (leniwce) dwupalczaste – 5–7. Standardem u wszystkich pozostałych grup ssaków (wyjątek to brzegowce) jest 7 kręgów szyjnych. Ostatnie badania wskazują, że dodatkowe kręgi u leniwców są przekształconymi i pozbawionymi żeber kręgami piersiowymi. Dzięki takiemu rozwiązaniu zwisający z gałęzi leniwiec może przekręcić głowę w dowolnym kierunku. Również układ krwionośny tych zwierząt działa w sposób niestandardowy. Tzw. sieć dziwnych naczyń krwionośnych zapobiega niekontrolowanemu odpływowi krwi do głowy. Z kolei zastawki naczyniowe regulują przepływ krwi i blokują jej cofanie się do mózgu. Wszystko to zapewnia zwierzęciu stałe ciśnienie i kierunek przepływu krwi wbrew grawitacji. Jeśli chodzi o owłosienie ciała, to leniwce mają przedziałek na brzuchu, a nie na plecach. Dzięki temu deszcz swobodnie spływa po ich ciele.

GADY NA SUFICIE

Odwiedzając tropikalne kraje, na ścianach czy sufitach hoteli można zaobserwować niewielkie jaszczurki. Najprawdopodobniej są to gekony, które w nocy uganiają się za owadami. Gady te wykonują kawał dobrej roboty, łowiąc uciążliwe komary i karaluchy. Palce gekonów są pokryte milionami mikroskopijnych rozgałęzionych włosków, setki razy cieńszych od ludzkich włosów. Końcówki tych włosków są jeszcze dodatkowo rozszczepione i przypominają miotełki zakończone płaskimi szpatułkami. Wszystko to sprawia, że powierzchnia przylegania palców zwierzęcia jest bardzo duża. W zasadzie każda mikroszczelina jest wypełniona przez któryś z włosków. Chodzący po suficie gekon kontroluje przyczepność, odpowiednio zginając

Palce gekonów pokryte są małymi wypustkami z mikroskopijnymi rozgałęzieniami.

Niektóre jaszczurki, w tym gekony, potrafią poruszać się do góry nogami.

eprasa.pl 58d11eda9a

Pod pokrywami skrzydłowymi pluskolce gromadzą pęcherzyki powietrza, które dla drapieżników wodnych wyglądają jak powierzchnia wody.

i obracając palce. W dużym powiększeniu wygląda to tak, jakby jaszczurka każdy z palców przystosowywała do nierówności powierzchni i chciała wypełnić włoskami każdą szczelinę. Odpowiedzialne za przyklejanie się włosków są siły van der Waalsa. W dużym uproszczeniu zjawisko polega na słabym oddziaływaniu elektrostatycznym i przyciąganiu się cząsteczek. Gdy gekon chce oderwać stopę od powierzchni, musi zmienić kąt ułożenia palców, co natychmiast niweluje działanie sił van der Waalsa i pozwala na bezwysiłkowe chodzenie bez przyklejania się na stałe. Z tych samych praw fizyki korzystają niektóre płazy (rzekotki). Ich stopy pokrywa śluzowa wydzielina, która wypełnia wszelkie mikroskopijne szczeliny między skórą zwierzęcia a np. gładkim szkłem, zapewniając silną przyczepność. Dlatego utrzymywane w terrarium rzekotki można często obserwować przyczepione (nie przyklejone) do sufitu.

PŁYWANIE NA OPAK

Giętkoząb czarnobrzuchy (opaczek) to niezwykła afrykańska ryba słodkowodna, która pływa do góry brzuchem. W normalnych warunkach każda ryba, która pływałaby w taki sposób, zostałaby uznana za martwą lub bliską śmierci. Ale w przypadku opaczka jest to sprytny sposób na zdobywanie pokarmu. Otwory gębowe u większości gatunków ryb (również u opaczka) umiejscowione są zazwyczaj w spodniej lub centralnej części głowy, dlatego pobieranie pokarmu z powierzchni wody jest dla nich uciążliwe. Opaczki żywią się głównie pokarmem znajdującym się na powierzchni, a pływając do góry brzuchem, mogą pobrać go więcej niż ryby w normalnej pozycji. W związku z pływaniem grzbietem do dołu opaczki w porównaniu z innymi rybami mają odwrócone barwy ochronne. Ich brzuchy są ciemne, a grzbiety jasne. Natomiast większość ryb ma ciemniejsze grzbiety, aby zlać się z dnem zbiornika (gdy obserwowane są przez drapieżniki lądowe), i jaśniejsze brzuchy, by wydawać się drapieżnikom wodnym częścią błyszczącej powierzchni wody. Jeśli taka ryba odwróciłaby się brzuchem do góry, to momentalnie zostałaby zauważona przez drapieżniki – zarówno polujące w wodzie, jak i z powietrza.

Chyba najbardziej znanymi rybami, które mogą funkcjonować brzuchem do góry, są zbrojniki, chętnie utrzymywane w akwariach z uwagi na fakt, że jedzą uciążliwe glony. Ryby mają okrągły pysk wyposażony w grube, mięsiste wargi. Zbrojnik szczelnie dociska je do powierzchni i odsysa z pyska wodę, tworząc podciśnienie. Ten manewr umożliwia mu przyczepienie się do spodniej strony liści roślin wodnych czy zanurzonych korzeni. Aby odczepić się od powierzchni, zbrojnik poluźnia uścisk i wprowadza do otworu gębowego wodę.

Innymi organizmami wodnymi, które pływają „do góry nogami", są pluskolce. Są to owady, dlatego muszą oddychać powietrzem atmosferycznym. Jeśli pływałyby w pozycji brzuchem do dołu, to musiałyby co pewien czas wychodzić z wody, by zaczerpnąć powietrza. U owadów powietrze do wnętrza ciała przedostaje się małymi otworami (przetchlinkami), umiejscowionymi zazwyczaj w odwłoku. Pływając zatem na plecach, pluskolce co pewien czas podpływają do powierzchni wody, by wystawić odwłok na zewnątrz. Podobnie jak opaczki mają odwrócone barwy ochronne. Co prawda, grzbiet pluskolca ma w zasadzie taki sam kolor jak brzuch, ale owad pod pokrywami skrzydłowymi gromadzi pęcherzyki powietrza, które widziane od strony dna srebrzą się podobnie jak powierzchnia wody.

Opaczki robią furorę w akwarystyce jako te, które pływają brzuchami do góry.

Zbrojniki przytwierdzają się otworem gębowym praktycznie do każdej powierzchni.

Fot. Shutterstock (4), Alamy/Indigo

eprasa.pl 58d11eda9a

Cassiopea to meduza żyjąca na dnie morza. Jej czułki w odróżnieniu od pozostałych meduz skierowane są do góry, a nie do dołu.

ODWRÓCONA MEDUZA

Cassiopea to rodzaj meduz, które w odróżnieniu od swoich krewniaków nie unoszą się swobodnie w toni wodnej, ale żyją przytwierdzone do dna morskiego. Nie jest to jednak jedyne dziwactwo tych zwierząt. W porównaniu z innymi meduzami *Cassiopea* żyją w formie odwróconej, gdzie funkcję dennej przyssawki pełni u nich dzwon (parasol), a czułki się unoszą. Z daleka meduzy takie wyglądają trochę jak ukwiały. Nie bez powodu *Cassiopea* obrały taką dziwną strategię przetrwania. Ich silnie pofałdowane i parzące czułki są domem dla glonów z taksonu brunatnic (zooksantelle). Ponieważ glony te przeprowadzają fotosyntezę, potrzebują dostępu do silnego światła. Czułki zatem, zamiast znajdować się pod zacieniającym parasolem jamy gastralnej meduzy, ulokowane są nad nią. Glony dzięki fotosyntezie dostarczają meduzie węglowodanów i tlenu. Ta z kolei odwdzięcza się sublokatorom, przekazując im dwutlenek węgla oraz związki azotu i fosforu, będące produktami jej przemiany materii.

W toku ewolucji u *Cassiopea* główny otwór gębowy uwstecznił się na rzecz wielu drobnych otworów ssących. Wychwytują one substancje odżywcze produkowane przez glony. Meduza co prawda nie pływa, ale cały czas pulsuje, przepychając świeżą wodę w kierunku czułków, aby dodatkowo dostarczyć im tlen oraz plankton. Ruchy pulsacyjne pomagają także meduzie oczyścić się z nalotu czy piasku, który mógłby ją zagrzebać na dnie i pozbawić glony dostępu do światła. Meduzy z rodzaju *Cassiopea* występują tylko w płytkich i tym samym silnie nasłonecznionych wodach morskich. Nie spotyka się ich w pobliżu skał czy wewnątrz zarośli mangrowych, które zanadto by je zacieniały.

Skrzydła ważki poruszają się niezależnie, dlatego owad może latać w dowolny sposób, w tym z głową do dołu.

LOT DO GÓRY NOGAMI

Ważki to jedne z najsprawniejszych lotników w świecie zwierząt. Potrafią latać do góry nogami, do tyłu, w bok, a nawet zawisać w powietrzu niczym helikopter. Ta ponadprzeciętna zwinność i manewrowość wynika z faktu, że ich dwie pary skrzydeł mogą poruszać się i kontrolować kąt nachylenia niezależnie od siebie. Larwy ważek rozwijają się w wodzie, gdzie są prawdziwym postrachem wśród małych zwierząt – to bezwzględni drapieżnicy. Gdy jednak przychodzi moment przeobrażenia się do stadium owada dorosłego (imago), larwa wychodzi z wody na roślinę wodną. Zazwyczaj wyszukuje poziomo położony liść, pod którym usadawia się do góry nogami. Pozycja taka gwarantuje larwie łatwe wyjście z za ciasnego oskórka. Oswobodzony owad jeszcze długo znajduje się w pozycji z głową do dołu, zanim w jego skrzydła wpompuje się hemolimfa.

Wiele innych owadów czy pajęczaków porusza się po różnych powierzchniach do góry nogami. Pospolicie występujące muchy, pszczoły czy pająki spotkać można tak samo często na stole, jak i na suficie. Zwierzęta te są na tyle małe i mają tak prostą budowę, że organizm jakoś szczególnie nie odczuwa dyskomfortu w związku z odmienną pozycją. Poza tym odnóża większości owadów czy pajęczaków są wyposażone w różnego rodzaju przylgi, włoski czy haczyki, dzięki którym mogą przyczepić się w zasadzie do każdej powierzchni.

dr inż. Radosław Kożuszek
Wykładowca Uniwersytetu Wrocławskiego,
podróżnik, organizator wypraw trekkingowych, przyrodniczych i kulinarnych

eprasa.pl 58d11eda9a

Swift posiada trzy teleskopy: gamma, rentgenowski i optyczny.

RATUJMY SWIFTA

Na początku lipca rozpoczęła się bezprecedensowa misja. Duży samolot odrzutowy wypuścił wysoko nad Ziemią rakietę, która wyniosła w przestrzeń kosmiczną sondę mającą uratować teleskop Swift.

PRZEMEK BERG

SWIFT został wystrzelony przez NASA na niską orbitę okołoziemską w 2004 r., a jego zadaniem jest wykrywanie błysków gamma (*gamma ray bursts*). Wspaniale wykonywał i w zasadzie wciąż wykonuje swoją pracę. Namierzył już tysiące takich błysków i zidentyfikował najsilniejsze, bardzo odległe oraz nietypowe. Warta pół miliarda dolarów misja teleskopu napotkała jednak nie lada wyzwanie. Wzmożona aktywność Słońca w ostatnich kilku latach spowodowała nagrzanie się i powiększenie atmosfery ziemskiej na tyle, że Swift zwolnił z powodu oporu atmosferycznego, z którym musi się zmagać na swojej drodze wokół Ziemi, i zaczął coraz bardziej zacieśniać orbitę, czyli zniżać ją i niebezpiecznie zbliżać się do naszej planety. Początkowo orbitował na wysokości 600 km nad Ziemią, teraz ta wysokość zmalała do trzystu kilkudziesięciu km. Oszacowano, że Swift zejdzie poniżej bezpiecznej granicy 300 km już w październiku br. Grozi mu więc zderzenie z warstwami atmosfery i spłonięcie. Niestety, nie posiada on systemu korekcji położenia, a więc silników, które odpalone w odpowiednim czasie i w odpowiednim kierunku mogłyby podwyższyć orbitę. Potrzebna była misja ratunkowa z Ziemi.

SAMOLOT, RAKIETA I SONDA

Misja Swift Boost rozpoczęła się 3 lipca. Rakietę znanej zbrojeniowo-kosmicznej korporacji Northrop

eprasa.pl 58d11eda9a

Grumman o nazwie Pegasus XL podwieszono pod potężnym odrzutowcem tej firmy L-1011 Stargazer (zmodernizowana wersja samolotu Lockheed Martin). Pegasus to trzystopniowa rakieta o długości 16,9 m na paliwo stałe, zdolna do przenoszenia na niską orbitę okołoziemską prawie półtonowych ładunków. Zadebiutowała w 1990 r. i od tego czasu wykonała 45 misji. Obecna będzie prawdopodobnie jej ostatnią. To konstrukcja dość unikalna. Ponieważ startuje z pokładów odpowiednio przystosowanych samolotów, może wyruszyć w kosmos z różnych lotnisk na Ziemi. Nie potrzebuje specjalnych centrów lotów kosmicznych czy kosmodromów. Na jej pokładzie znalazł się teraz robotyczny satelita serwisowy o nazwie LINK, zbudowany w ekspresowym tempie przez firmę Katalyst Space Technologies z Arizony. LINK mierzy 1,5 m wysokości i jest wyposażony w ramiona przeznaczone do schwytania Swifta, który z kolei ma 3,9 m długości.

Pegasus XL został odpalony z odrzutowca nad Wyspami Marshalla na Oceanie Spokojnym. Rakieta w nieco ponad 10 min osiągnęła niską orbitę okołoziemską (LEO) i wyniosła na nią LINK-a. Ten podążył w stronę Swifta i będzie mu towarzyszyć przez kilka tygodni, by wybrać odpowiednie miejsce operacji. Musi trzema ramionami robotycznymi uchwycić teleskop, zadokować do niego, a następnie odpalić kilka silników jonowych i przetransportować go wyżej, na wysokość 600 km od Ziemi. Korekta ta potrwa kilka miesięcy.

LINK będzie pierwszym prywatnym satelitą, który spróbuje przechwycić bezzałogowy statek kosmiczny. NASA wybrała firmę Katalyst Space Technologies do tego zadania we wrześniu 2025 r., więc miała ona mniej niż rok na sporządzenie projektu, jego wykonanie i testy LINK-a. Pomimo to cała misja ratunkowa do Swifta będzie kosztować NASA tylko 30 mln dol.

WAŻNY TELESKOP

Swift pracuje w kosmosie od 22 lat i zdołał już odkryć wiele. Zaprojektowano go do badania rozbłysków gamma, ale później wykorzystano też jako obserwatorium wielofalowe o ogólnym przeznaczeniu, szczególnie do szybkiego śledzenia i charakteryzowania przejściowych zjawisk astrofizycznych wszelkiego rodzaju. Na podstawie ciągłych skanów powierzchni nieba może autonomicznie i szybko kierować się w stronę możliwych błysków gamma. Nazwa „Swift" nie jest akronimem misji, lecz odnosi się do szybkiego przesuwania się instrumentu na podobieństwo zwinnego jerzyka, czyli ptaka o tej samej nazwie, spędzającego większość życia w locie. Wszystkie dane trafiają na Ziemię i są dostępne dla innych obserwatoriów, które dołączają do Swifta w obserwacji rozbłysków gamma. Teleskop wykrywa ich ok. 100 rocznie.

Błyski gamma są tak ważne i ciekawe, bo to najbardziej energetyczne zjawiska w kosmosie, dużo mówiące o ewolucji różnych obiektów. Rozróżniamy ich kilka rodzajów, przy czym najwięcej (ok. 70%) i najlepiej

Pod ten potężny samolot odrzutowy korporacji Northrop Grumman podwieszono rakietę Pegasus XL.

Rakieta Pegasus XL

Fot. NASA's Goddard Space Flight Center/Chris Smith (KBRwyle), NASA/Ron Beard (2)

eprasa.pl 58d11eda9a

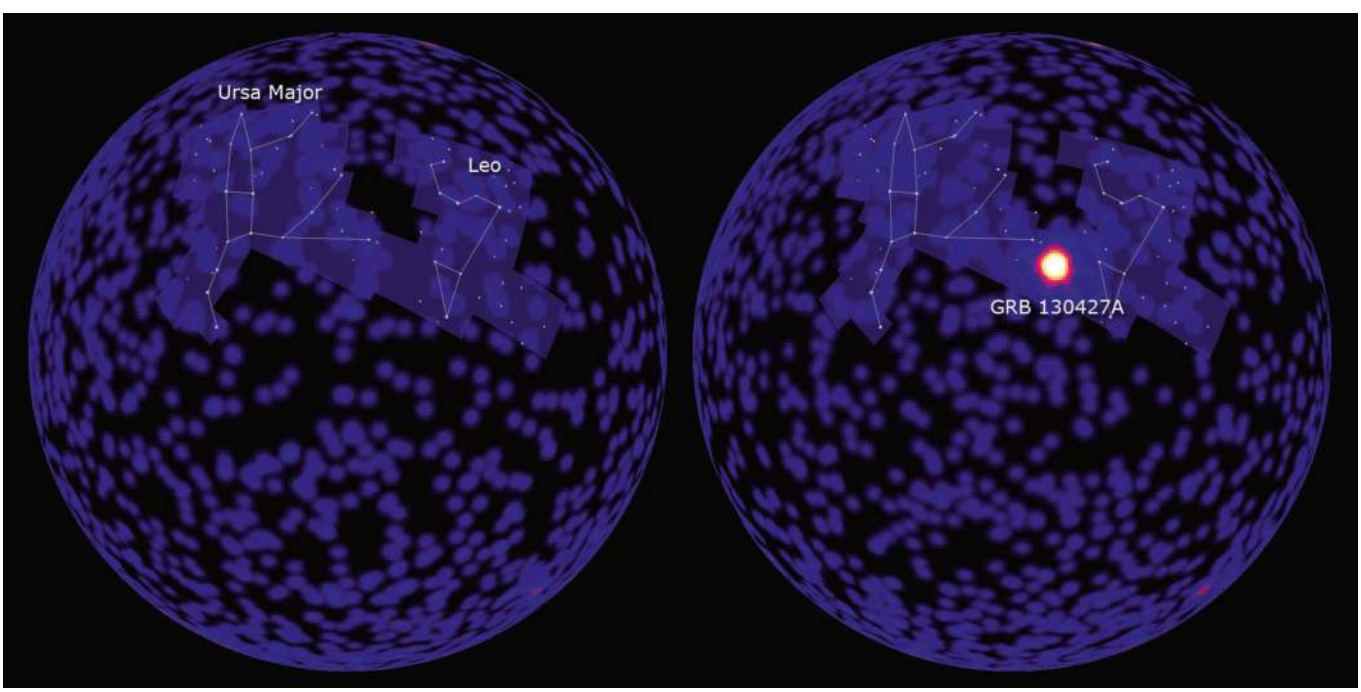
Testy wibracyjne satelity LINK, które symulują drgania, jakim obiekt będzie podlegał podczas wyniesienia w przestrzeń kosmiczną. Goddard Space Flight Center.

poznanych należy do kategorii rozbłysków długich, trwających od dwóch do kilkuset sekund. Ich moc jest niewyobrażalnie wielka – w niektórych przypadkach równa mocy promieniowania wielu galaktyk podobnych do naszej, a więc zawierających po kilkaset miliardów gwiazd. Energia typowego długiego błysku gamma jest porównywalna z tą wytwarzaną przez Słońce w ciągu całego jego życia (ok. 10 mld lat). Jej wartość jest rzędu milionów elektronowoltów (MeV). Najpotężniejsze błyski mają miliardy elektronowoltów (czyli gigaelektronowoltów, GeV).

Od chwili odkrycia błysków gamma naukowcy przyjmowali, że powstają one prawdopodobnie wskutek wybuchów szczególnego rodzaju gwiazd supernowych. Słynny nieżyjący już prof. Bohdan Paczyński, który pierwszy odgadł naturę tych zjawisk, zasugerował nawet, by gwiazdy te nazwać hipernowymi. Przy czym hipernowe wcale nie muszą być potężniejsze od klasycznych supernowych – przekonywał. Chodzi raczej o to, jak wybuchają. Wybuchy, którym towarzyszą błyski gamma, zwykle nie są symetryczne sferycznie. Są to raczej wytryskujące z ogromną energią wąskie strugi gazu i promieniowania, często skierowane w naszą stronę, obserwatora. Ocenia się, że na niebie dochodzi średnio do dwóch błysków na dobę, ale nie wszystkie oczywiście da się szybko zlokalizować i zbadać. Sonda Swift wykrywa i bada ok. 100 na rok. Dochodzi do nich w całym kosmosie, ale głównie bardzo daleko i w obszarach galaktyk, w których obserwuje się wzmożoną aktywność gwiazdotwórczą (powstaje tam stosunkowo dużo młodych gwiazd), czyli w galaktykach młodych, bardzo oddalonych. To dotyczy jednak tylko błysków długich, najliczniej występujących.

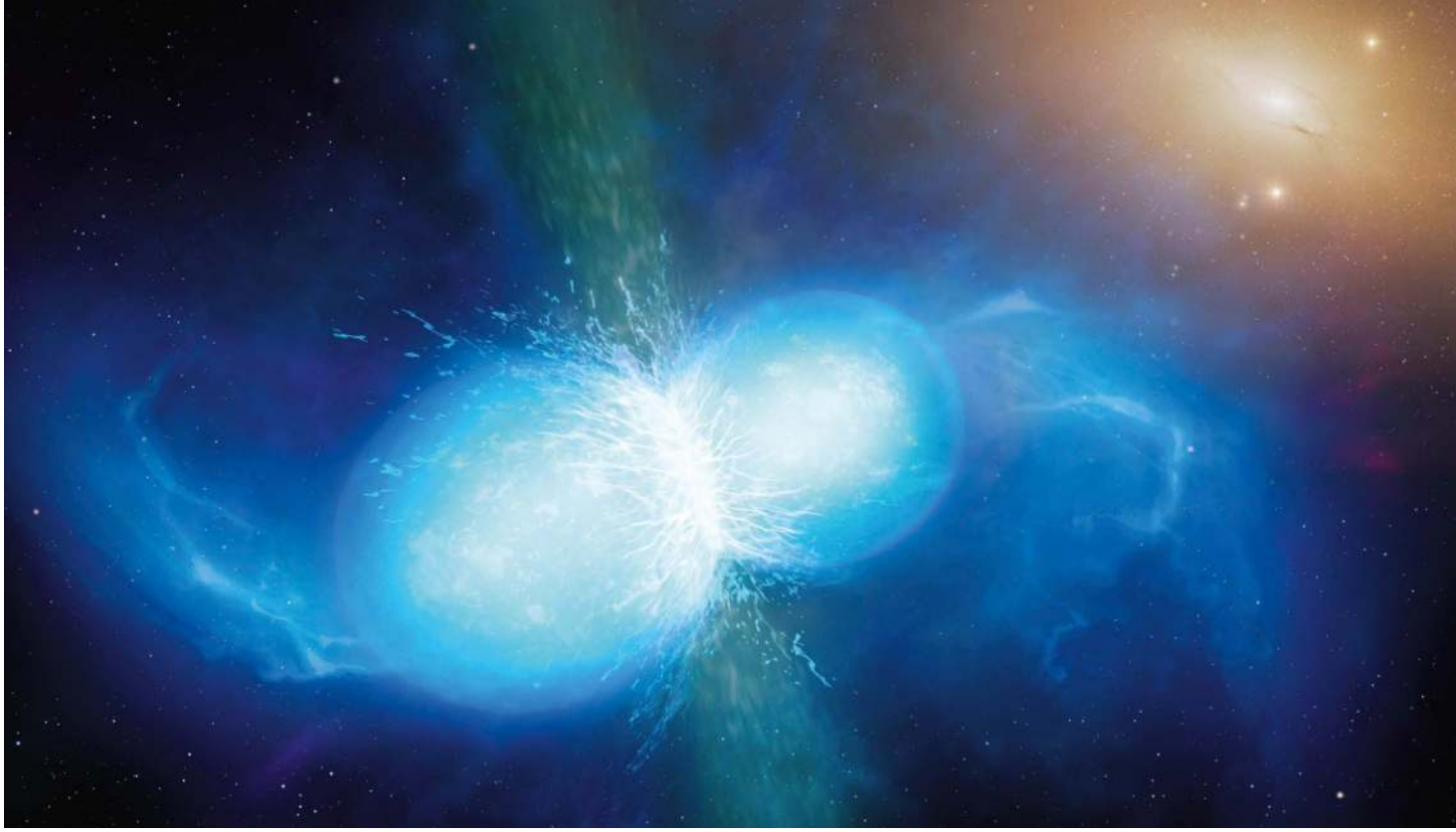
SUPERNOWE I GWIAZDY NEUTRONOWE

Gdy 27 kwietnia 2013 r. o godzinie 3:47 w nocy czasu wschodniego Swift wykrył najpotężniejszy błysk w historii (*„monster" gamma-ray burst*), oznaczony symbolem GRB 130427A, którego trzysekundowy pik promieniowania gamma osiągnął wartość 94 Gev, stało się jasne, że zdarzenie to przejdzie do historii. Przez odpowiedni system komunikacyjny Swift zaalarmował kilka teleskopów naziemnych, by skupiły się na miejscu błysku w poszukiwaniu poświaty. Teleskopy odnalazły ją i zidentyfikowały odległość do błysku – 3,6 mld l.św. Choć w skali ziemskiej jest to odległość niewyobrażalna, dla takich zjawisk jak błyski gamma dość mała. Kwietniowe wydarzenie pozwoliło astronomom powiązać błysk z wybuchem supernowej i po raz pierwszy potwierdzić obserwacyjnie,



Mapa stworzona dzięki obserwacjom Teleskopu Kosmicznego Fermi. Ten sam fragment nieba przed błyskiem gamma o energii 100 mln elektronowoltów i po jego wykryciu

eprasa.pl 58d11eda9a



Koalescencja dwóch gwiazd neutronowych to fale grawitacyjne, poświata w postaci tzw. gwiazdy kilonowej i krótki rozbłysk gamma

Fot. NASA/Sophia Roberts and Scott Wiessinger, NASA/DOE/Fermi LAT Collaboration, Mark Garlick/University of Warwick

że oba zjawiska są ściśle związane. Wcześniej zależność ta była jedynie przewidywana teoretycznie.

Poza opisanymi wyżej długimi rozbłyskami gamma istnieją jeszcze inne, o których badacze nieba dowiadują się coraz więcej. Przede wszystkim są to błyski krótkie (ok. 30% wszystkich), trwające niedłużej niż 2 s, a średnio tylko ok. 0,2 s. Rejestrowane są one w całym kosmosie, z tym że część z nich wykrywa się bliżej niż błyski długie. Zwykle dochodzi do nich w rejonach, gdzie nie tworzą się już nowe gwiazdy, a więc generalnie w galaktykach starszych. Naukowcy długo podejrzewali, że źródłem błysków krótkich są kolizje i scalenia dwóch gwiazd neutronowych. W 2017 r. te podejrzenia ostatecznie potwierdzono; po raz pierwszy bowiem wykryto takie zdarzenie, ale zarejestrowano wówczas po raz pierwszy nie tylko falę grawitacyjną powstałą po kolizji dwóch gwiazd neutronowych (GW170817), ale też wyraźną poświatę pochodzącą z wyrzuconej w wyniku tego zdarzenia materii (SSS17a). Zjawisko to nazywa się kilonową.

Kilonowa to krótkotrwały obiekt, który mocno jaśnieje na niebie, podobnie jak gwiazda nowa (też krótkotrwała), ale ma blask mniej więcej tysiąc razy silniejszy. Można ją dokładnie śledzić optycznie. Gdy analizowano jej skład, zauważono wyraźne linie widmowe ciężkich pierwiastków takich jak złoto lub platyna, ale także wielu cięższych. Oznaczało to, że w materii widocznej pod postacią kilonowej dochodzi do błyskawicznych i silnych reakcji termojądrowych, w których wyniku powstaje bardzo wiele ciężkich elementów. Do tego pierwszego wykrytego zderzenia dwóch gwiazd neutronowych – i rozbłysku kilonowej – doszło w dużej galaktyce eliptycznej NGC 4993 w konstelacji Hydra, 130 mln l.św. od nas, czyli jak na realia kosmiczne bardzo blisko. Koalescencji towarzyszył dodatkowo właśnie krótki, ale wyraźny błysk gamma.

Ostatnią kategorią rozbłysków są błyski bardzo długie, trwające wiele godzin. Tu jednak naukowcy nie są niczego pewni i nie potrafią podać zadowalającej interpretacji zjawiska. Uważają jedynie, że bardzo długie błyski gamma mogłyby powstawać przy implozjach ogromnych gwiazd typu niebieski nadolbrzym (*luminous blue variable*). By zinterpretować to zjawisko, biorą pod uwagę możliwość zaistnienia błysku z interakcji gwiazdy neutronowej z gwiazdą zwykłą, tyle że bardzo masywną.

Błyski gamma były wykrywane i badane przez inne sondy kosmiczne: Beppo SAX, Kosmiczne Obserwatorium Comptona, Integral, które już zakończyły działanie. W 2008 r. w kosmos wyruszyła misja Fermi GST (Gamma-ray Space Telescope), też wyspecjalizowana w śledzeniu błysków gamma. To ambitny amerykańsko-europejsko-japoński projekt, ale Fermi od 2018 r. nieco szwankuje, a Stany Zjednoczone zamierzają w tym roku wycofać się z finansowania tego przedsięwzięcia. Tymczasem Swift ma się świetnie i jeśli ratunkowa wyprawa z udziałem satelity LINK się powiedzie, to misję, jak sądzą znawcy, da się z powodzeniem kontynuować co najmniej jeszcze przez kilka lat. Być może już w końcu tego roku dowiemy się, czy wyprawa kosmiczna Swift Boost zakończyła się sukcesem i co będzie dalej z niezwykłym Jerzykiem.

Przemek Berg
Dziennikarz naukowy tygodnika „Polityka”, na stałe związany także z miesięcznikiem „Wiedza i Życie”. Specjalizuje się w tematyce kosmicznej i fizycznej. Absolwent Uniwersytetu Warszawskiego.

eprasa.pl 58d11eda9a

Żubr to największy lądowy gatunek żyjący na terenie Europy

eprasa.pl 58d11eda9a

PRZEPIS NA ŻUBRA

Niewiele brakowało, by żubr dołączył do listy gatunków wymarłych. Jego przetrwanie zawdzięczamy dosłownie kilku osobnikom i dużej dozie szczęścia.

EWA NIECKUŁA

Naukowcy badają czaszkę żubra stepowego, który występował w Hiszpanii w czasach, gdy neandertalczycy zamieszkiwali Europę.

WĘDROWAŁAM leśnym duktem niedaleko Topiła, niewielkiej osady w Puszczy Białowieskiej na południe od Hajnówki. Był pogodny letni ranek, majestatyczny gąszcz dokoła. Szłam powoli, trochę bez celu. I nagle kilkadziesiąt metrów przede mną przez drogę przebiegło kilka żubrów. Mój senny nastrój zniknął w sekundę. Teraz co sił wyciągałam nogi, żeby jak najszybciej znaleźć się dokładnie w tym miejscu. Próbowałam żubry wypatrzyć, ale ani nie dostrzegłam zwierząt (w końcu niemałych), ani nawet nie słyszałam odgłosów przedzierania się przez gęste poszycie. Tylko na drodze zostały ślady wielu nóg i słabnąca smuga ich zapachu. Same żubry rozpłynęły się jak duchy. Ot, perfekcyjna sztuka znikania! Zaczęłam się zastanawiać, dlaczego jest ich tak mało na świecie.

WYMIERANIE

W plejstocenie, czyli podczas epoki lodowcowej, na terenie całej Europy było mnóstwo tych zwierząt, ale wraz z końcem ostatniego globalnego zlodowacenia rozpoczął się szybki spadek ich liczebności, a do tego kurczył się zasięg ich występowania. Proces wymierania szczególnie przyspieszył w XVI w. wraz z upowszechnieniem się broni palnej. Mało brakowało, by żubry po prostu wybito, jak wiele innych gatunków. Ostatnie wolne sztuki ustrzelono w Puszczy Białowieskiej (1919 r.) i na Kaukazie (1927 r.). Szczęśliwie z osobników przetrzymywanych w ogrodach zoologicznych w mniej niż 100 lat udało się odtworzyć dziko żyjącą populację. I tu już mówimy o sztandarowym sukcesie ochrony przyrody XX w., bo przecież największy ssak lądowy Europy wrócił do lasów.

Naukowcy postawili sobie za cel szczegółowo wyjaśnić, dlaczego gatunek ten znalazł się na skraju wyginięcia, wychodząc z założenia, że taka wiedza bardzo się przyda w dłuższej perspektywie. Jedna z hipotez zakłada, że żubr europejski to gatunek związany z terenami otwartymi, podobnie jak jego krewniak zza Atlantyku – bizon. Gdy Eurazja wychodząca z ostatniego zlodowacenia stopniowo pokrywała się drzewami, żubry europejskie zostały uwięzione w siedliskach, które nie są dla tego gatunku optymalne. Za tą teorią przemawiałaby budowa głowy, mająca cechy dobrej kosiarki. Szeroki pysk oraz długie zęby przystosowane do ścierania bardzo się przydają, gdyż trawa zawiera dużo krzemionki, która mocno niszczy zęby. Ale też trawożerca pobiera pokarm tuż nad ziemią, czyli zanieczyszczony piachem i pyłem, co także dobre dla uzębienia nie jest. Dlatego po długości, a precyzyjniej: wysokości koron zębowych można poznać, jakimi roślinami żywi się dane zwierzę.

Szkielet Wikinga – na wpół oswojonego żubra z Puszczy Białowieskiej

Fot. Shutterstock, SPL/Indigo, Agencja Wschód/Forum

eprasa.pl 58d11eda9a

Ważnych dowodów na to, że żubr (dziś zwany królem puszczy) zamieszkiwał kiedyś porośnięte trawami tereny otwarte, dostarczyła analiza składu izotopowego kości współczesnych i kopalnych żubrów. Najstarsze kości, jakie udało się znaleźć (m.in. w muzeach), sprzed 12–10 tys. lat, pochodziły z północnych Niemiec, Danii i południowej Szwecji. Wyniki badania prowadzonego m.in. przez prof. Rafała Kowalczyka z Instytutu Biologii Ssaków PAN w Białowieży są bezsporne – w czasie holocenu żubr zmienił adres z terenów otwartych na obszary zadrzewione.

Skład izotopowy węgla i azotu w organizmie zwierzęcia odzwierciedla skład izotopowy jego diety oraz charakter środowiska, w którym zwierzę żeruje. Dzięki tej prawidłowości można zrekonstruować dietę zwierząt dawno żyjących, ale też sprawdzić, jak wyglądała konkurencja różnych gatunków o pokarm i miejsce do życia. Badania te opierają się na różnicach w wartościach składu izotopowego węgla (czyli proporcji ^{13}C do ^{12}C) w roślinach typu C3 (większość roślin dzikich i uprawnych), które mogą rosnąć w różnych warunkach. Np. proporcje izotopów węgla w lesie będą inne niż na terenie otwartym, a to dlatego, że wzrost pod gęstymi koronami drzew wiąże się z mniejszą ilością światła, procesami rozkładu ściółki i słabszą wentylacją. Zjawisko to – określane mianem efektu baldachimu – pozostawia ślad w tkankach roślin i zwierząt, w tym kopytnych. Np. badając tą metodą kości łosia, stwierdzono, że preferuje liście i pędy drzew i krzewów. Natomiast renifer to wyspecjalizowany trawożerca z rejonów arktyczno-alpejskich. W świetle tych wyników żubr europejski ma dietę mieszaną, złożoną z liści drzew i traw, zatem z pewnością dawniej nie ograniczał się do lasów.

Badacze z Białowieży w ramach współpracy z naukowcami z University of Adelaide stworzyli modele zasięgu występowania żubra w ciągu ostatnich 20 tys. lat. Do tego celu wykorzystali datowane radiowęglowo kopalne szczątki i wyizolowane z nich DNA, a także dane na temat klimatu, środowiska oraz obecności siedzib ludzkich. Wiadomo, że dieta ludzi z późnego plejstocenu w 10% składała się z białka pochodzącego z mięsa tura i żubra (dane z badań izotopowych kości). Na początku holocenu w Europie stabilny i cieplejszy klimat umożliwił ekspansję ludzi i rozwój rolnictwa, co spowodowało zmiany w środowisku na coraz większym obszarze. Ludzie zasiedlali coraz bardziej na północ położone tereny, wypalali, karczowali lasy, polowali na potęgę. Coraz częściej na żubry dla ich mięsa i skór, ale i dla prestiżu. Zatem siła złego na jednego. Człowiek bezpośrednio i pośrednio (zmieniając sposób użytkowania gruntu) przesądził o losie tych zwierząt. Na podstawie tych modeli powstały mapy ukazujące regiony, na których żubry występowały najliczniej jeszcze w XV w., zanim zaczęto na nie polować z użyciem broni palnej, co znacznie przyspieszyło ich znikanie w Europie). Należą do nich Polska, niektóre obszary Ukrainy, zachodnia Rosja, ale też Słowacja, Rumunia i Kaukaz. To także tereny, na których dzisiaj żyją te zwierzęta. Ponadto duża populacja żubrów zamieszkiwała też kiedyś tereny współczesnych Niemiec, Czech, Bułgarii i Serbii, co sugeruje, że i obecnie mogą one stać się miejscem reintrodukcji, pod warunkiem znalezienia tam bardziej naturalnych środowisk.

„Podsumowując tę pracę, najlepsze dla wprowadzenia żubrów są tereny górskie oraz pokryte mozaiką lasów i terenów otwartych, a nie lite obszary leśne. Dobrym przykładem reintrodukcji jest w Polsce Zachodniopomorskie, gdzie liczba tych zwierząt w ciągu ostatnich 20 lat wzrosła z 24 do 465, ich obszar występowania zwiększył się wielokrotnie, a przy tym szkody przez nie powodowane są niskie", wyjaśnia prof. Rafał Kowalczyk.

Żubry policzone

W Polsce żubry żyją wolno w puszczach Białowieskiej, Knyszyńskiej, Boreckiej, w Bieszczadach, w woj. zachodniopomorskim, Lasach Janowskich, Puszczy Augustowskiej i Rominckiej. Według liczenia przeprowadzonego w lutym 2026 r. w polskiej części Puszczy Białowieskiej mamy 1176 osobników. Natomiast bieszczadzka populacja liczy 940 żubrów, z czego 880 zwierząt po stronie polskiej, a 60 po słowackiej. Na świecie żyje 47 wolnych populacji i 18 półwolnych. Najwięcej jest populacji małych i średnich, których liczebność nie przekracza 100 osobników. Większość zwierząt przebywa we wschodniej części pierwotnego areału żubra – na terenie Polski, Białorusi, Litwy, Rosji i Ukrainy. W sumie na terenie Europy w wolnych populacjach żyje ok. 11 tys. osobników.

Bizon (po lewej) i żubr europejski są blisko spokrewnione, gdyż mają wspólnego przodka. Bizon pozornie sprawia wrażenie większego od żubra, ale tył jego ciała jest niższy i drobniejszy, zwierzę ma też krótsze i cieńsze rogi. Różni je także kształt nosa.

eprasa.pl 58d11eda9a

ŻUBR W RZEPAKU

W lesie żubr znajduje latem dużo łatwostrawnego pokarmu – w runie zioła, a na drzewach i krzewach liście. Problemy z napełnieniem żołądka zaczyna mieć jesienią, gdy ta roślinność zanika. „Od przełomu września i października aż do kwietnia w lesie brakuje pokarmu dla tak dużego roślinożercy. Co prawda może jeść pędy i korę, ale to dla niego za mało. Potrzebuje dużej ilości (objętościowo) pokarmu, bo ma duże potrzeby. Dorosłe zwierzę zjada do 50 kg biomasy dziennie. Dlatego żubry muszą być zimą dokarmiane, bo inaczej migrują na tereny otwarte. Kiedyś były to naturalne łąki, które są o wiele bardziej produktywne niż lasy. Tam nie tylko biomasa pokarmu jest o wiele większa niż w środowiskach leśnych, ale też zostaje na zimę w postaci suchych roślin. Obecnie celem zimowych wędrówek żubrów częściej są pola rzepaku, ozimych zbóż i kukurydzy, na których po skoszeniu zostaje dużo kolb. To dobrej jakości pokarm, chętnie przez nie zjadany. Nie możemy się dziwić, że żubry migrują na pola nawet w miejscach, gdzie są dokarmiane. Tak dzieje się np. w Puszczy Boreckiej, gdzie zimą podaje im się kiszonkę kukurydzianą wzbogaconą zmielonym zbożem. Mimo to żubry regularnie odwiedzają tam pola rzepaku", mówi prof. Rafał Kowalczyk.

Przez okrągły rok żubr może przetrwać tylko w bogatym lesie poprzecinanym dolinami rzecznymi albo tam, gdzie istnieje mozaika środowisk, jak w Bieszczadach: poza bogatym lasem są tereny otwarte – pozostałości po wsiach. Niestety, nadal populacje żubra tworzone są w litych, ubogich lasach np. sosnowych, jak Puszcza Augustowska czy Lasy Janowskie, chociaż od kilkunastu lat wiemy, że żubr nie jest gatunkiem leśnym, i poznaliśmy mechanizmy zepchnięcia go do lasów. Wypuszczając żubry do środowisk leśnych, możemy zakładać, że prędzej czy później wyjdą na tereny otwarte, bo to ich naturalne środowisko, a zimą znajdują tam atrakcyjny pokarm. Intensywne dokarmianie i opieka człowieka nie zmienią tego zachowania – przestrzega ekolog z Białowieży.

DZIKA OSTOJA TYLKO Z ŻUBREM

Żubr stał się wizytówką działań przebiegających pod hasłem Rewildering Europe, czyli zmienianie Europy w bardziej dziki kontynent. Jest to niezwykle atrakcyjne zwierzę i tam, gdzie się zadomowi, przyciąga turystów i rzesze fotografów przyrody. Można więc na jego obecności budować nawet strategie rozwoju całego regionu. Ale i lista korzyści dla przyrody, o których naukowcy potrafią coraz więcej powiedzieć, jest dosyć długa. Przede wszystkim żubr utrzymuje w ryzach krzewy i drzewa, które próbują zarastać śródleśne łąki. „W Puszczy Białowieskiej za pomocą fotopułapek sprawdzaliśmy, co na takich terenach otwartych żeruje, i monitorowaliśmy zagęszczenie drzew i krzewów. Im pułapki częściej odnotowywały obecność żubrów, tym skuteczniej wkraczanie drzewiastych gatunków było hamowane. Tak nie działo się w przypadku łosia, sarny czy jelenia. To dlatego, że żubry swoimi szerokimi pyskami pobierają duże kęsy roślin i ścinają je przy samej ziemi, a ponadto na żerowaniu spędzają kilkakrotnie więcej czasu niż inne kopytne. Poza tym żubry żerują stadnie po kilkanaście, a nawet kilkadziesiąt osobników" – wskazuje prof. Kowalczyk.

Z innych badań wynika, że w miejscach, gdzie te zwierzęta często się pasą, wzrasta bioróżnorodność roślin zielnych, ponieważ tłumią dominujące gatunki i dają szansę innym. Jak ważnym są środkiem transportu (dalekobieżnego) dla nasion, obrazuje fakt, że średnio z jednej żubrzej kupy kiełkuje do 150 roślin z blisko 15 gatunków. Na samych odchodach potrafi się pożywić ok. 20 gatunków żuków. Sierść, którą zostawiają na pniach, czochrając się w czasie wiosennej wymiany futra, zbierają ptaki i wykorzystują do moszczenia gniazd. Żubr jest też cenny po śmierci! „W Puszczy Białowieskiej ponad 80% żubrów umiera z przyczyn naturalnych, co przy obecnej liczebności populacji oznacza, że co roku pada ich blisko 40. Szczególnie zimą to ważny pokarm dla

Żubroń powstał ze skrzyżowania żubra i krowy.

Ciekawostki

- W Puszczy Białowieskiej dieta żubra składa się ze 105 gatunków roślin, z czego 59% stanowią drzewa i krzewy, a rośliny zielne (niebędące trawami) prawie 34%. Największe przysmaki to malina i grab (tych je najwięcej i najczęściej).
- Samce mogą ważyć nawet 900 kg, a samice – 600 kg. Jedno zwierzę może w ciągu roku zjeść do 22 t różnorodnego pokarmu roślinnego. To gatunek bardzo wymagający pod względem przestrzeni koniecznej do życia.
- Roczny żubr zjada 8,5 kg zieleniny dziennie, dwu-, trzylatek – nawet ponad 28,5 kg, a dorosły osobnik – do 60 kg.
- Żubroń, czyli żubrokrowa, to mieszaniec żubra i bydła domowego. Po raz pierwszy w Polsce otrzymano go w XIX w. Do tego pomysłu wrócono po II wojnie światowej, bo chciano uzyskać nową rasę bydła – dającą wysokowartościowe mięso, niewymagającą przetrzymywania w pomieszczeniach podczas zimy i zadowalającą się paszą gorszej jakości niż tradycyjne rasy bydła. Do 1984 r. udało się wyhodować 550 zwierząt. Eksperyment przerwano, gdy po wielu latach prób okazało się, że wszystkie samce i spora część samic są bezpłodne. Ponadto żubronie były nieprzewidywalne w zachowaniu i mogły zachowywać się agresywnie wobec człowieka.

Fot. Shutterstock (3)

eprasa.pl 58d11eda9a

ponad 30 gatunków padlinożernych ptaków i ssaków. Wystarcza na o wiele dłużej niż martwy jeleń czy dzik, bo to dużo większe zwierzę" – dodaje ekolog.

JAK DOBRZE ZADOMOWIĆ ŻUBRA

Obecnie w Europie na wolności żyje blisko 11 tys. żubrów, z czego nieco ponad 3 tys. osobników przypada na Polskę. Co pewien czas podejmowane są próby restytucji i ochrony tego gatunku w różnych miejscach. O dużym powodzeniu takiej akcji mogą mówić Rumuni. Reintrodukowane żubry w Górach Fogaraskich mają się bardzo dobrze bez dokarmiania zimowego. Tamtejsze lasy trochę przypominają Bieszczady, gdyż po wypasie owiec, który tam mocno ostatnio się zmniejszył, pozostały duże otwarte przestrzenie, gdzie żubry pożywiają się zimą. Swój udział w tworzeniu dobrych miejsc wypasu dla żubra ma też intensywnie prowadzona tam gospodarka leśna, bo powstające w jej wyniku zręby obfitują w rośliny zielne.

Zdarza się też niestety, że zwierzęta wypuszczane są tam, gdzie nie mają szansy na znalezienie dobrych warunków. A za chybione decyzje płaci zawsze żubr. Przykładem takich nietrafionych działań są introdukcje tego gatunku w Hiszpanii. Jak powiedział „Wiedzy i Życiu" prof. Carlos Nores, biolog z Universidad de Oviedo, problem w gruncie rzeczy sprowadza się do pytania, czy w obecnych i przyszłych warunkach klimatycznych żubr może przetrwać w Hiszpanii i Portugalii jako dziki gatunek. „Większość modeli środowiskowych opracowanych specjalnie dla niego wskazuje, że nasze siedliska są słabo dostosowane do jego potrzeb. Żubr wymaga przede wszystkim chłodniejszego klimatu – a zwłaszcza mroźniejszych zim niż te, które panują u nas". Co najmniej 6 prób reintrodukcji zakończyło się śmiercią większości zwierząt. We wszystkich hiszpańskich projektach obserwuje się skrajnie niski wskaźnik urodzeń przy jednoczesnej wysokiej śmiertelności, czyli zupełne przeciwieństwo sytuacji panującej w populacjach w Europie Wschodniej. W rezultacie utrzymanie eksperymentów aklimatyzacyjnych w Hiszpanii jest możliwe jedynie dzięki ciągłemu sprowadzaniu zwierząt z innych części Europy.

Nieudaną próbą było także wypuszczenie żubrów w Niemczech w górach Rothaar. Reintrodukcję zaplanowano w lasach świerkowych, ale żubry szybko przewędrowały do lasów prywatnych i zaczęły je uszkadzać. Przez wiele lat toczyła się dyskusja na temat celowości takiego eksperymentu przyrodniczego i w końcu wszystkie zwierzęta umieszczono na ogrodzonym terenie, żeby zakończyć konflikt. To, że obecność żubrów może prowadzić do problemów, wiemy także z własnego podwórka. W skali roku odszkodowania wypłacane za straty powodowane przez te zwierzęta w uprawach rolnych dochodzą do 5 mln zł. Choć to niezbyt dużo w porównaniu z bobrami, za których działalność odszkodowania przekraczają już 35 mln zł rocznie.

„Populacje żubra wymagają mądrego zarządzania, bazującego na wiedzy naukowej, a nie na subiektywnych opiniach i zootechnicznych praktykach. To największe zwierzę lądowe Europy, które wędruje po dużym obszarze, więc jego monitorowanie wymaga i ludzi, i sprzętu. Obecnie te działania finansowane są w ramach różnych projektów, które prędzej czy później się skończą. Żubrom potrzebne jest wsparcie państwa i na Polsce, gdzie odtwarzano populację gatunku po wyginięciu w stanie dzikim, spoczywa w tym zakresie szczególna odpowiedzialność" – podkreśla prof. Kowalczyk.

Ewa Nieckuła
Dziennikarka popularyzująca biologię, ekologię, medycynę.
Tłumaczka książek popularnonaukowych. Stale współpracuje z „Wiedzą i Życiem".

Żubry każdego roku zmieniają sierść z zimowej na letnią. Najczęściej linienie zaczyna się na początku marca. Sierść zimowa wypada najpierw na szyi, bokach i nogach. W końcu lipca zwierzęta mają już tylko „letnie" futro.

Co grozi żubrom

Susza, coraz częściej występująca w Polsce, oznacza nie tylko brak wody pitnej, ale też pogorszenie pokarmu i silniejszą konkurencję ze strony innych zwierząt kopytnych. Żubry mogą zapadać na choroby wirusowe, bakteryjne i pasożytnicze. Narastającym problemem jest telazjoza powodowana przez nicienie z rodzaju *Thelazja*, bytujące w gałkach ocznych, przewodach łzowych i pod powiekami. Nie ma możliwości jej leczenia u zwierząt dziko żyjących. Telazjoza prowadzi do utraty wzroku i w końcu do śmierci. Pasożyty są roznoszone przez muchy, żywiące się wydzieliną z oczu zwierząt, a rozprzestrzenianiu się choroby sprzyja wzrost zagęszczenia populacji żubrów w Puszczy Białowieskiej i Bieszczadach. Ponadto ocieplenie klimatu sprawia, że muchy są dłużej aktywne w ciągu roku.

Długo nie potrafiono znaleźć przyczyny nekrotycznego zapalenia napletka (NZN). NZN obserwowano u samców żubra w białoruskiej części Puszczy Białowieskiej od 1962 r., a po stronie polskiej – od 1980. Niestety, NZN prowadzi do śmierci zwierzęcia wskutek ogólnoustrojowego stanu zapalnego. Choroba może wystąpić w każdym wieku, dotykając zarówno dorosłe samce, jak i cielęta, szacuje się, że corocznie 6% osobników. Ostatnie badania ujawniają, że nekrotyczne zapalenie napletka ma podłoże genetyczne.

Fot. Nature/BE&W

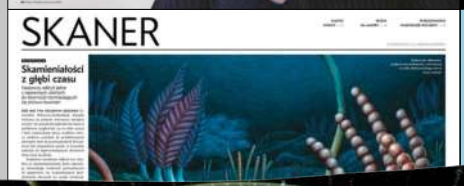
eprasa.pl 58d11eda9a

ŚWIAT NAUKI

SCIENTIFIC AMERICAN

KUP TERAZ

Inni piszą o nauce, nasi autorzy ją tworzą



Wrześniowy numer już w punktach sprzedaży prasy

Prenumerata cyfrowa:
projektpulsar.pl

Prenumerata druk:
sklep.polityka.pl/sn

Prenumerata także z bezpłatną dostawą do wybranego przez Ciebie

InPost Paczkomat 24/7

eprasa.pl 58d11eda9a

Rozsiewacz rozprowadza nawóz równomiernie po polu.

eprasa.pl 58d11eda9a

OD BŁYSKAWICY DO NAWOZU

Choć nawozy mineralne jeszcze przez wiele lat będą podstawą intensywnego rolnictwa, coraz więcej wskazuje na to, że wzbogacanie gleby będzie polegało na łączeniu osiągnięć chemii z rozwiązaniami podpatrzonymi w naturze.

JUSTYNA JOŃCA

ZWIĄZKI azotu są niezbędne do syntezy białek, kwasów nukleinowych i chlorofilu. Umożliwiają one wzrost roślin oraz funkcjonowanie wszystkich organizmów żywych. W przyrodzie zdecydowana większość azotu występuje w postaci cząsteczkowej (N_2), która stanowi ok. 78% objętości atmosfery. Ze względu na niezwykle trwałe wiązanie potrójne między atomami forma ta jest jednak praktycznie niedostępna dla większości organizmów żywych. Aby rośliny mogły wykorzystać ten pierwiastek, musi on ulec przekształceniu w związki przyswajalne, takie jak jony amonowe (NH_4^+) lub azotanowe (NO_3^-). Proces ten nazywamy wiązaniem azotu atmosferycznego.

Główną rolę odgrywają tu bakterie żyjące w symbiozie z roślinami motylkowatymi, takimi jak groch, fasola, bób, lucerna czy koniczyna. Mikroorganizmy te zasiedlają brodawki korzeniowe, gdzie dzięki enzymowi zwanemu nitrogenazą przekształcają azot atmosferyczny w związki azotowe niezbędne do prawidłowego funkcjonowania rośliny. W zamian bakterie otrzymują od gospodarza substancje organiczne, stanowiące źródło energii niezbędnej m.in. w procesie wiązania azotu. Dzięki tej współpracy rośliny motylkowate od wieków wykorzystuje się w płodozmianie do naturalnego wzbogacania gleby w azot i poprawy jej żyzności. Bakterie odpowiadają za większą część biologicznego wiązania tego gazu zachodzącego w przyrodzie.

Innym naturalnym sposobem wprowadzania azotu do łańcucha troficznego są wyładowania atmosferyczne, w czasie których cząsteczki azotu i tlenu reagują ze sobą, tworząc tlenek azotu (NO), szybko utleniający się do dwutlenku azotu (NO_2). Następnie w atmosferze zachodzi szereg reakcji prowadzących do powstania kwasu azotowego(V), który rozpuszcza się i dysocjuje w kroplach deszczu. W tej postaci azot trafia wraz z opadami do gleby jako jony azotanowe (NO_3^-), stanowiące łatwo przyswajalne przez rośliny źródło azotu.

Naturalne procesy wiązania azotu – zarówno podczas burz, jak i dzięki działalności bakterii – od milionów lat utrzymują równowagę w przyrodzie, ale wraz z rozwojem cywilizacji przestały wystarczać do zaspokojenia rosnącego zapotrzebowania na azot, niezbędny do użyźniania gleb i wyżywienia coraz liczniejszej populacji. To właśnie dlatego człowiek postanowił nauczyć się robić to, co natura – tylko znacznie szybciej i na ogromną skalę.

Bakterie *Rhizobium* (zielone) w brodawce korzeniowej fasoli. Pokolorowany obraz spod mikroskopu elektronowego

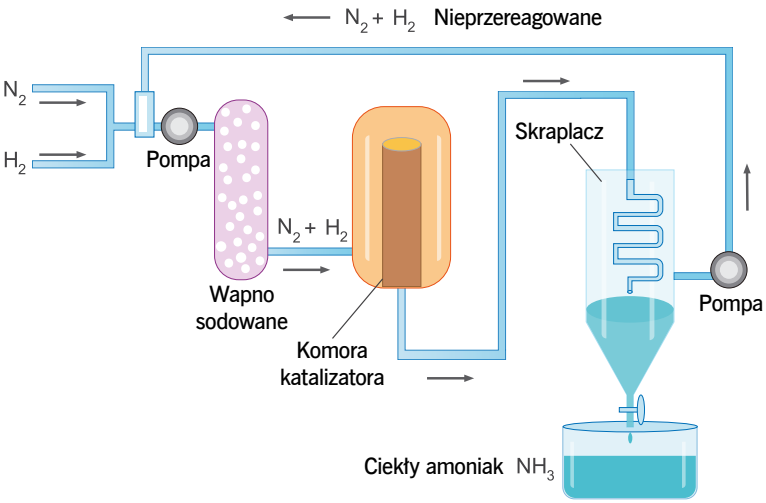
Fot. Shutterstock, SPL/Indigo

eprasa.pl 58d11eda9a

OD AMONIAKU DO NAWOZU

Na początku XX w. niemieccy naukowcy Fritz Haber i Carl Bosch opracowali przemysłową syntezę amoniaku, nazwaną od ich nazwisk procesem Habera–Boscha. Umożliwiła ona wydajne łączenie azotu z wodorem w celu otrzymania amoniaku. Aby zmusić te pierwiastki do reakcji, konieczne są wysoka temperatura (ok. 450°C), ciśnienie rzędu 150–250 atm oraz katalizator żelazowy. Azot pochodzi z powietrza, a wodór otrzymuje się głównie z gazu ziemnego. Niestety, obecnie większość wodoru produkuje się z gazu ziemnego, co wiąże się z emisją dużych ilości dwutlenku węgla. Szacuje się, że przemysł amoniakalny odpowiada dziś za 1–2% światowej emisji CO_2. Dlatego naukowcy i inżynierowie intensywnie pracują nad alternatywnymi metodami pozyskiwania wodoru. Zamiast otrzymywać go z gazu ziemnego, coraz częściej wykorzystuje się elektrolizę wody zasilaną energią pochodzącą z farm wiatrowych lub elektrowni słonecznych. Dzięki temu cały proces produkcji amoniaku może przebiegać niemal bez emisji dwutlenku węgla. Jednym z liderów rozwoju tej technologii jest norweska firma Yara International. Jeśli metoda ta zostanie wdrożona na szeroką skalę, może znacząco ograniczyć wpływ wytwarzania nawozów na klimat.

Amoniak stał się surowcem do produkcji wielu związków chemicznych, z których najważniejsze znalazły zastosowanie w rolnictwie. To właśnie z niego powstają takie nawozy jak saletra amonowa, zawierająca ok. 34% azotu, obecnego jednocześnie w dwóch formach – amonowej (NH_4^+) oraz azotanowej (NO_3^-). Dzięki temu część azotu jest dostępna dla roślin niemal natychmiast, a część pozostaje w glebie nieco dłużej, więc rośliny mają stopniowy dopływ potrzebnego pierwiastka. To właśnie dlatego saletra amonowa od dziesięcioleci należy do najważniejszych nawozów stosowanych na całym świecie.



Schemat procesu Habera–Boscha, prowadzącego do otrzymania amoniaku (NH_3)

Innym ważnym nawozem azotowym jest mocznik, zawierający ok. 46% azotu, czyli więcej niż większość pozostałych nawozów azotowych. Produkuje się go z amoniaku oraz dwutlenku węgla pod wysokim ciśnieniem i w wysokiej temperaturze. Po zastosowaniu na polu mocznik pod wpływem ureazy, obecnego w glebie enzymu, ulega rozkładowi, a powstały amoniak przekształca się w formy azotu pobierane przez rośliny. Co ciekawe, mocznik nie jest wyłącznie produktem przemysłu chemicznego. Powstaje również naturalnie w organizmach ludzi i zwierząt jako końcowy produkt przemian białek i innych związków azotowych, ostatecznie wydalany wraz z moczem. Związek ten znajduje zastosowanie nie tylko jako nawóz. Wykorzystuje się go także do produkcji żywic i klejów, niektórych kosmetyków oraz płynu AdBlue, który pomaga ograniczać emisję szkodliwych tlenków azotu w spalinach z silników Diesla.

Granulowany nawóz azotowy ułatwia równomierne nawożenie upraw.

Wnętrze instalacji do produkcji odnawialnego wodoru: zbiornik czystej wody i pompy obiegowe

eprasa.pl 58d11eda9a

KIEDY NAWOZU JEST ZA DUŻO

Azot jest jednym z najważniejszych składników pokarmowych roślin, ale mogą one wykorzystać tylko ograniczoną jego ilość. Gdy nawozów stosuje się zbyt dużo lub w niewłaściwym czasie, nadmiar związków azotu nie zostaje pobrany przez rośliny. A wtedy – zamiast wspierać wzrost upraw – zaczyna krążyć w środowisku, prowadząc do szeregu niekorzystnych zmian. Długotrwałe nadmierne nawożenie może powodować zakwaszenie gleby, zaburzać aktywność pożytecznych mikroorganizmów oraz stopniowo pogarszać strukturę gleby. W efekcie maleje jej żyzność, a utrzymanie wysokich plonów wymaga coraz większych nakładów.

Część związków azotu zostaje wypłukana przez wodę opadową i trafia do rzek, jezior oraz wód gruntowych. Tam może wywoływać jedno z najlepiej poznanych zjawisk związanych z nadmiernym dopływem składników odżywczych – eutrofizację. Nadmiar związków azotu i fosforu powoduje gwałtowny rozwój glonów oraz sinic. Choć początkowo może się wydawać, że w zbiorniku wodnym pojawia się więcej życia, po obumarciu tych organizmów ich bakteryjny rozkład zużywa ogromne ilości tlenu. W rezultacie ryby i inne organizmy wodne zaczynają się dusić, a cały ekosystem stopniowo ulega degradacji.

Nie wszystkie związki azotu pozostają w glebie lub wodzie. Część przedostaje się do atmosfery. Szczególnie istotny jest podtlenek azotu (N_2O), który powstaje podczas przemian azotu zachodzących w gruncie. Jest on jednym z gazów cieplarnianych i przyczynia się do zmian klimatu. Do atmosfery może ulatniać się również amoniak, który bierze udział w powstawaniu pyłów zawieszonych i pośrednio wpływa na jakość powietrza. Choć tlenki azotu (NO i NO_2) kojarzone są przede wszystkim ze spalaniem paliw, mogą powstawać także w glebach rolniczych, zwłaszcza przy intensywnym nawożeniu.

Historia nawozów azotowych pokazuje więc, że w ich wypadku znaczenie ma nie tylko ich ilość, lecz przede wszystkim sposób ich wykorzystania. Odpowiednio dobrane dawki zwiększają plony i poprawiają jakość upraw, natomiast nadmiar azotu może negatywnie wpływać na glebę, wodę i atmosferę.

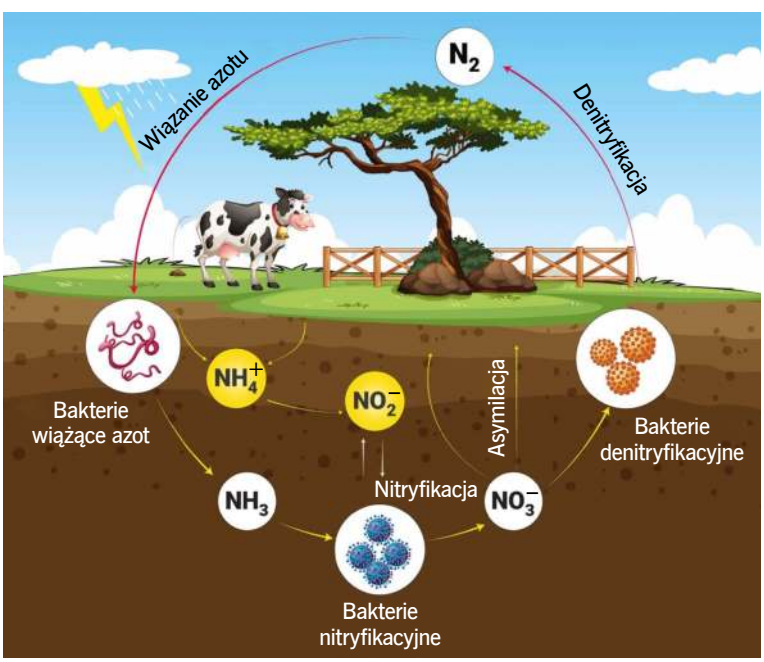
JAK NAWOZIĆ MĄDRZEJ?

Ponieważ nawozy azotowe są jednocześnie niezbędne i potencjalnie szkodliwe dla środowiska, współczesne rolnictwo coraz częściej stawia na ich efektywniejsze wykorzystanie. Jednym z najważniejszych rozwiązań jest rolnictwo precyzyjne. Wykorzystuje ono systemy GPS, mapy pól, czujniki, drony oraz zdjęcia satelitarne, które pomagają określić, gdzie rośliny rzeczywiście potrzebują dodatkowych składników odżywczych. Dzięki temu nawóz trafia dokładnie tam, gdzie jest potrzebny, zamiast być rozsiewany równomiernie na całym polu. Coraz większą popularność zdobywają również nawozy o kontrolowanym uwalnianiu. Przykładem jest mocznik otoczkowany, którego granulki pokrywa specjalna otoczka zapewniająca stopniowe uwalnianie azotu. Dzięki temu składnik odżywczy jest udostępniany roślinom przez kilka tygodni lub nawet miesięcy, co ogranicza jego wymywanie do wód gruntowych. W nowoczesnym rolnictwie coraz większego znaczenia nabierają również nawozy organiczne, takie jak obornik czy kompost. Nie tylko dostarczają składniki odżywcze, ale i zwiększają zawartość próchnicy w glebie, poprawiając jej strukturę oraz zdolność

Fritz Haber – geniusz o dwóch twarzach

Historia Fritza Habera należy do najbardziej niezwykłych i jednocześnie najbardziej kontrowersyjnych w dziejach nauki. W 1918 r. otrzymał on Nagrodę Nobla za opracowanie metody syntezy amoniaku z azotu i wodoru. Jego odkrycie umożliwiło produkcję nawozów azotowych na ogromną skalę. Jednocześnie podczas I wojny światowej Haber kierował niemieckim programem badań nad bronią chemiczną. Pod jego nadzorem przygotowano pierwsze masowe użycie chloru podczas bitwy pod Ypres w 1915 r. Chmura toksycznego gazu spowodowała śmierć ponad tysiąca żołnierzy i zapoczątkowała nowy rozdział w historii działań wojennych. W kolejnych latach obie strony konfliktu zaczęły stosować również inne gazy bojowe, takie jak fosgen czy iperyt. Dla jednych więc Haber jest naukowcem, którego odkrycia pomogły wyżywić miliardy ludzi, dla innych – symbolem etycznych dylematów związanych z wykorzystaniem osiągnięć nauki.

Schemat obiegu azotu



Fot. Shutterstock (3), Lindsay Leirikjaer/Yara, ETH Zurich

eprasa.pl 58d11eda9a

do zatrzymywania wody. Dzięki temu gleba staje się odporniejsza na okresowe susze.

Równie ważny jak wybór nawozu jest termin jego zastosowania. Nawet najlepszy preparat nie spełni swojej funkcji, jeśli zostanie rozsiany przed obfitymi opadami lub w okresie, gdy rośliny nie mogą jeszcze intensywnie pobierać składników odżywczych. W takich warunkach znaczna część azotu zostaje wypłukana do rzek i jezior lub przedostaje się do atmosfery.

BIOLOGICZNE WIĄZANIE AZOTU

Obecnie coraz więcej zespołów badawczych zwraca się w kierunku biologicznego wiązania azotu, próbując wykorzystać naturalne mechanizmy wypracowane przez ewolucję do ograniczenia zużycia nawozów mineralnych. Jak już wspomniano, niektóre bakterie wiążą azot atmosferyczny i dostarczają go roślinom bez udziału wysokiej temperatury, ogromnego ciśnienia i energochłonnych instalacji przemysłowych. Badania koncentrują się więc na wykorzystaniu tych naturalnych mechanizmów. Można przenosić geny odpowiedzialne za wiązanie azotu z bakterii posiadających tę zdolność do bakterii, które jej nie wykazują. Jednym z pionierów tych analiz był prof. Raymond Dixon z brytyjskiego John Innes Centre, który wykazał, że da się przenieść geny pałeczki zapalenia płuc (*Klebsiella pneumoniae*) do pałeczki okrężnicy (*E. coli*). Problem polega jednak na tym, że za biologiczne wiązanie azotu nie odpowiada jeden gen, lecz cały zespół genów, a ich prawidłowe działanie wymaga bardzo precyzyjnej regulacji.

Naukowcy próbują również sprawić, by zboża takie jak pszenica, kukurydza i ryż mogły tworzyć z bakteriami wiążącymi azot taką samą symbiozę, jaka od milionów lat istnieje z roślinami motylkowatymi. Tę technologię rozwijają m.in. badacze z Aarhus Universitet w Danii, którzy wykazali, że odpowiednie modyfikacje receptorów znajdujących się na powierzchni komórek korzeni jęczmienia umożliwiają rozpoznawanie takich bakterii. Choć rozwiązanie to wciąż znajduje się na etapie analiz, daje nadzieję na znaczące ograniczenie zużycia nawozów azotowych w przyszłości.

Równolegle rozwijane są także preparaty mikrobiologiczne zawierające wyselekcjonowane szczepy bakterii wspomagających wzrost roślin i poprawiających wykorzystanie azotu. Stosuje się przedstawicieli rodzajów *Azotobacter, Azospirillum* czy *Bacillus*, którzy kolonizują strefę korzeniową roślin i mogą poprawiać wykorzystanie składników pokarmowych. Badania nad tego typu rozwiązaniami prowadzone są również w Polsce. Naukowcy z Instytutu Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa w Puławach przebadali ponad 1100 próbek gleb z całego kraju, wykazując, że bakterie z rodzaju *Azotobacter* występują w ok. 43% z nich. Obecnie trwają prace nad wyborem najaktywniejszych szczepów, które mogłyby znaleźć zastosowanie w takich preparatach. Mimo obiecujących wyników ich skuteczność nadal zależy od gatunku rośliny, rodzaju gleby oraz warunków pogodowych, dlatego nie mogą one całkowicie zastąpić nawozów mineralnych. Być może największą rewolucją XXI w. nie będzie opracowanie nowego nawozu, lecz nauczenie się skuteczniejszego wykorzystywania bakterii, które od milionów lat potrafią robić to, czego człowiek dopiero się uczy.

dr Justyna Jońca

Absolwentka Wydziału Chemii Uniwersytetu Warszawskiego, doktorat uzyskała na Université Paul Sabatier we Francji. Jej specjalnością jest nanotechnologia, szczególnie w zakresie tworzenia czujników środowiskowych, katalizatorów i warstw antybakteryjnych. Współpracuje z „WiŻ" od 2016 r.

Czujnik monitoruje warunki uprawy truskawek.

Polski Robot niebawem pojawi się na rynku. Sam sieje, pieli, prowadzi opryski i dozuje środki ochrony roślin oraz nawozy. Rozpoznaje rośliny i tworzy mapę plonów.

Fot. Abaca/Forum, Daniel Hoffmann/Łukasiewicz - Poznański Instytut Technologiczny

eprasa.pl 58d11eda9a

POD ZNAKIEM MENORY

W sprzedaży

108 stron

KUP TERAZ

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

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

eprasa.pl 58d11eda9a

Kriogeniczny system szybkiego transferu danych

Płytki chłodzą budynki bez prądu

Skóra afrykańskiego słonia zainspirowała naukowców z University of Pennsylvania. Stworzyli oni tanie płytki cementowe, które pochłaniają wodę i powoli ją odparowują, obniżając temperaturę powierzchni bez użycia klimatyzacji. Skórę słoni pokrywa sieć zmarszczek, które zatrzymują wodę po kąpieli i umożliwiają długotrwałe chłodzenie poprzez parowanie. Dokładnie tę zasadę wykorzystali architekci i materiałoznawcy. Ich płytki składają się z cementu portlandzkiego zmieszanego z diatomitem (porowatą ziemią okrzemkową). Dzięki kontrolowanemu procesowi suszenia powstaje na nich regularna sieć mikrokanalików – precyzyjnie zaprojektowanych „żyłek", które rozprowadzają wodę po całej powierzchni, nawet pod kątem. W testach płytki utrzymywały temperaturę ok. 32°C, podczas gdy zwykły tynk rozgrzewał się do 42–52°C. System jest całkowicie pasywny i tani w produkcji. Płytki da się nanosić na duże powierzchnie za pomocą standardowych narzędzi budowlanych. Rozwiązanie może znacząco obniżyć zużycie energii na chłodzenie budynków i pomóc w walce z miejskimi wyspami ciepła.

Płytki chłodzące inspirowane skórą słonia

Fot. Courtesy of Steys/Openverse, University of Pennsylvania, Shutterstock, Queen Mary University of London

eprasa.pl 58d11eda9a

Superszybki transfer danych

Opracowano nowy laser działający w warunkach kriogenicznych (cryo-VCSEL), który umożliwia ultraszybką transmisję danych przy minimalnym wydzielaniu ciepła. To przełomowe rozwiązanie w dziedzinie nowoczesnych sensorów kriogenicznych i matryc detektorów, które wymagają szybkości transmisji danych powyżej 100 Gb/s. Tradycyjne miedziane połączenia elektryczne powodują zbyt duże straty ciepła i ograniczają wydajność w temperaturach bliskich zera absolutnego. Nowy laser oznacza zastąpienie połączeń elektrycznych optycznymi, co drastycznie redukuje generowane ciepło i znacznie zwiększa przepustowość. Technologia jest szczególnie ważna dla zaawansowanych systemów detekcji w astronomii, fizyce cząstek, obrazowaniu medycznym oraz kwantowych komputerach, gdzie każdy dodatkowy mikrowat ciepła może zakłócić precyzyjne pomiary.
Rozwiązanie łączy zalety laserów powierzchniowych (VCSEL) z optymalizacją pod ekstremalnie niskie temperatury, zapewniając stabilną pracę i wysoką efektywność energetyczną. Dzięki temu kriogeniczne sensory mogą „przełączyć się na światło", co otwiera drogę do szybszych, bardziej skalowalnych i energooszczędnych systemów.
To ważny krok w rozwoju technologii kwantowych i detekcyjnych następnej generacji, gdzie zarządzanie ciepłem i przepustowością danych staje się kluczowym ograniczeniem.

Rosyjska plastikowa mina przeciwpiechotna, tzw. motylek

Drony wykrywają plastikowe miny

Naukowcy z Binghamton University (Nowy Jork) opracowali system wykorzystujący kamerę zamontowaną na dronie i algorytmy uczenia maszynowego do wykrywania plastikowych min lądowych PFM-1, popularnie zwanych motylkami. Te nieduże, trudne do zlokalizowania miny zawierają bardzo niewiele metalu, co czyni tradycyjne detektory metali mało skutecznymi. Nowe rozwiązanie działa całkowicie offline i wykorzystuje tanie, dostępne komponenty: prosty dron, kamerę oraz zwykły laptop. System rejestruje obrazy z niewielkiej wysokości (10–20 m), a następnie algorytm analizuje je w terenie, identyfikując miny na podstawie kształtu i cech wizualnych. Dzięki łączeniu obrazów powstają mapy obszarów, które znacząco przyspieszają rozminowywanie i zwiększają bezpieczeństwo saperów. Rozwiązanie ma ogromny potencjał. Technologia jest prosta we wdrożeniu, tania i może być używana przez lokalne zespoły bez zaawansowanej infrastruktury.

Wiele hologramów naraz

Chińscy naukowcy z Southeast University opracowali programowalną metapowierzchnię – ultracienki materiał, który jednocześnie generuje aż 62 różne hologramy. Metapowierzchnia składa się z 6144 niezależnie sterowanych elementów. Dzięki temu urządzenie manipuluje falami elektromagnetycznymi w zaawansowany sposób. Klucz do sukcesu to nowy algorytm ST-GS, który efektywnie projektuje wielohologramowe obrazy. Powierzchnia osiąga bardzo wysoką prędkość odświeżania – ponad 1 MHz. Technologia może zrewolucjonizować zaawansowane obrazowanie medyczne, precyzyjne sensory, śledzenie celów oraz przyszłe wyświetlacze holograficzne i systemy AR/VR. Zamiast jednego statycznego obrazu cienka płytka wyświetla wiele hologramów jednocześnie lub zmienia je w ułamku sekundy. Praca została opublikowana w prestiżowym „Nature Electronics". Naukowcy planują dalsze ulepszenia zarówno algorytmu, jak i samej metapowierzchni. To kolejny dowód na to, że metapowierzchnie mają ogromny potencjał, by zastąpić wiele tradycyjnych, znacznie większych elementów optycznych.

Robot „widzi" dotyk

Zespół z Queen Mary University of London stworzył rewolucyjny sensor dotykowy, który zmienia kolor pod wpływem nacisku, pozwalając robotom „widzieć" dotyk w czasie rzeczywistym za pomocą zwykłej kamery. Zamiast tysięcy elektronicznych czujników nowy materiał mechanochromiczny wizualizuje naprężenia, nacisk i punkty kontaktu w postaci pola kolorów. Rozwiązanie eliminuje potrzebę skomplikowanych algorytmów rekonstrukcji, czyniąc system prostszym, szybszym i znacznie tańszym.

Roboty wyposażone w taki sensor będą mogły sprawniej manipulować delikatnymi obiektami, co otwiera nowe możliwości m.in. w precyzyjnej produkcji i chirurgii robotycznej. Kolorowa reakcja daje natychmiastową informację wizualną, którą standardowa kamera łatwo przetwarza. Technologia zbliża nas do robotów o bardziej ludzkim zmyśle dotyku – czułych na siłę nacisku, teksturę i deformację. Może to znacząco poprawić bezpieczeństwo i efektywność współpracy człowiek–robot.

Mirosław Dworniczak

eprasa.pl 58d11eda9a

GRZYBOBRANIE

Uszkodzone grzyby zmieniają barwę bądź się rozpływają. Czasami mylimy je ze śluzowcami.

PAWEŁ JEDYNAK

UWAGA!
Redakcja nie ponosi odpowiedzialności za ewentualne szkody powstałe wskutek doświadczeń.

ZESTAW PRZYRZĄDÓW I MATERIAŁÓW

ziemia do kwiatów, doniczka z podstawką, alkohol 96%, 4 pojemniki na mocz, podgrzybki, pojemnik śniadaniowy, ręcznik papierowy, płatki kukurydziane

Niewliczone w cenę: garnek, nóż

Koszt: 70 zł

Lakówka ametystowa nie jest zbyt smaczna, za to doprawia potrawy swoim kolorem.

Doświadczenie 1

Znajdź w lesie charakterystyczne fioletowe owocniki lakówki ametystowej i zakop je w doniczce z kwiatami. Poczekaj kilka miesięcy.

Wyjaśnienie: Lakówka ametystowa może być grzybem saprofitycznym – może rozwijać się z zarodników lub fragmentów owocnika, przerastając glebę i odżywiając się materią organiczną. Co kilka miesięcy, szczególnie jesienią, w doniczce pojawiają się blade owocniki.

Doświadczenie 2

Od września do października przyglądaj się miejskim trawnikom – często wyrasta na nich czernidłak kołpakowaty. Zbierz kilka owocników. Podziel każdy wzdłuż na pół. Jedną połówkę pozostaw na kartce papieru (jeśli w mieszkaniu masz bardzo suche powietrze, umieść ją na wilgotnym papierowym ręczniku lub w pudełku) na 24 godz. Drugą wrzuć do wrzącej wody i gotuj 5 min. Podobnie podziel drugi owocnik i jedną połówkę wrzuć do słoika z wodą, a drugą do zakręcanego słoika z 96-procentowym alkoholem (jeśli się nie mieszczą, możesz pokroić je na mniejsze kawałki). Obserwuj przez kolejne dni.

Wyjaśnienie: Czernidłak kołpakowaty jest smacznym grzybem jadalnym, ale w mieście może kumulować zanieczyszczenia. Jego owocniki rozpływają się w mazistą czarną masę zarodnikową (takiej postaci już się nie jada), której w dawnych wiekach używano jako namiastki atramentu. Jest to proces autolizy, samostrawienia, katalizowany przez liczne enzymy wydzielane przez komórki owocnika – m.in. β-glukozydazy i chitynazy. Owocniki w ciągu 24–48 godz. rozpływają się, zaczynając od krawędzi kołpakowatego kapelusza ku szczytowi. Ponieważ enzymy białkowe ulegają denaturacji w wysokiej temperaturze, gotowana połówka owocnika się nie rozpływa. Alkohol również denaturuje białka i nasączony nim owocnik także się nie rozpływa.

Czernidłak kołpakowaty ulega enzymatycznemu samostrawieniu do postaci mazi.

eprasa.pl 58d11eda9a

Doświadczenie 3

Jeśli w lesie (lub na targu) znajdziesz maślaka pstrego lub podgrzybka brunatnego, przekrój je lub palcem zgnieć spodnią stronę kapelusza (hymenofor) i obserwuj przez 30 min (możesz zrobić zdjęcia przed i po).

Wyjaśnienie: Niektóre grzyby zmieniają barwę w miejscu uszkodzenia – w zmiażdżonych tkankach mieszają się zwykle odseparowane od siebie związek organiczny (np. kwas kserokomowy) i enzym, który wykorzystując tlen z powietrza, utlenia i łączy kilka cząsteczek w jedną większą i silnie zabarwioną, zwykle na niebiesko. Stąd niektóre grzyby mają w nazwie „siniak" lub „siniejący". Część grzybów wykorzystuje inne związki i powstaje czerwony barwnik (np. czubajka czerwieniejąca).

Doświadczenie 4

Przygotuj białą i czarną kartkę papieru. Połóż na nich po jednym kapeluszu (odetnij trzonek) tego samego gatunku grzyba (blaszkami dociśniętymi do papieru). Jeśli w mieszkaniu masz suche powietrze, nałóż na okazy miskę. Obejrzyj papier następnego dnia.

Wyjaśnienie: Jedną z ważnych cech pozwalających na odróżnianie gatunków grzybów, zwłaszcza jadalnych od trujących, jest kolor zarodników. Wiele gatunków ma białe zarodniki, dlatego przydaje się także czarna kartka papieru. Np. opieńka miodowa wytwarza białe, ale trująca hełmówka jadowita – rdzawobrązowe i oliwkowe. Najładniej wysyp zarodników wygląda u gatunków z hymenoforem (warstwą je produkującą) blaszkowanym, ale wyróżnia się też hymenofor rurkowaty (jak u borowika), kolczasty (jak u jadalnego kolczaka obłączastego), fałdowany (u kurek) lub gładki (uszak bzowy).

Rulik nadrzewny to śluzowiec

Doświadczenie 5

Podczas grzybobrania sprawdź, czy na próchniejących pniakach pojawiają się małe (wielkości ziarna grochu) różowe, pomarańczowe, a po dojrzeniu brązowe kulki. Dojrzały owocnik można przekłuć i wtedy podobnie jak purchawka uwalnia chmurę zarodników. Zbierz kilka owocników, a po ich dojrzeniu przekrój je i wysyp zarodniki na wilgotny papier (wyściel nim dno zamykanego pojemnika śniadaniowego) z dodatkiem rozmoczonego okruszka chleba lub płatka kukurydzianego. Obserwuj przez kolejne 3 tyg.

Wyjaśnienie: Podczas grzybobrania, szczególnie jeśli padało co najmniej przez tydzień, można w lesie napotkać grzybopodobne śluzowce. Jednym z nich jest rulik, czyli *Lycogala* – „wilcze mleko", bo tak kojarzyły się naszym przodkom te podbarwione na czerwono „krople". Zarodniki kiełkują w wilgotnym środowisku i ciemności i chętnie żywią się skrobią i mikroorganizmami namnażającymi się na chlebie. Gołym okiem widać je jako przezroczystą, lekko różową galaretkę – to śluźnia, olbrzymia ameba powstała z połączenia licznych komórek. Mimo podobieństwa do grzybów śluzowce są wielkimi pierwotniakami.

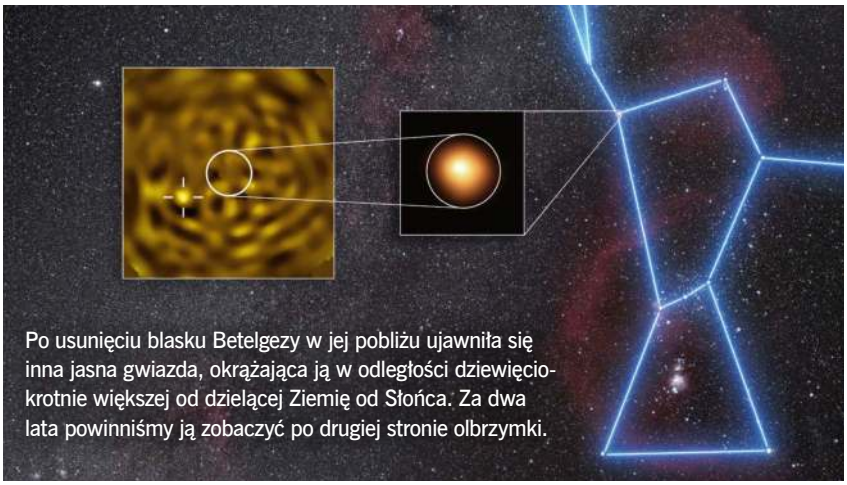
Fot. Shutterstock (3)

WIEDZA W PIGUŁCE

Opisując grzyby, najczęściej mamy na myśli te wielkoowocnikowe, czyli z widocznymi owocnikami. Twory te stanowią zaledwie maleńką część plechy. Większość grzybni ukryta jest w glebie i może być imponujących rozmiarów (słynna opieńka z lasów Oregonu zajmuje 8,8 km^2). Publikacja w magazynie „Science" z br. wskazuje, że 1 cm^3 gleby zawiera strzępki o łącznej średniej długości 4,4 m. Na podstawie 16 tys. próbek z całego świata oszacowano, że górne 15 cm przeciętnej gleby przerośnięte jest 110 biliardami ($1{,}1 \times 10^{17}$) km grzybowych nici, co oznacza, że z wielokrotnym naddatkiem można by połączyć Słońce z najbliższą gwiazdą Proxima Centauri. Masa tej plechy jest 4–6 razy wyższa niż masa wszystkich ludzi na Ziemi.
Wyliczenia badaczy dotyczyły tylko grzybów mikoryzowych, czyli wchodzących w symbiozę z roślinami. Dostarczają one np. drzewom składniki mineralne (azot i fosfor) z rozłożonej materii, w zamian pozyskując cukry.
Czasami działają jako pośrednicy między drzewami, ale wbrew propagowanej początkowo przez Suzanne Simard hipotezie *wood wide web*, przedstawiającej las jako antropomorficzną, niemal świadomą, zgodnie współpracującą strukturę, grzyb nie jest bezinteresowny i dzieli się zasobami tylko wtedy, gdy mu się to opłaca.
Znaczenie mikoryz jest jednak ogromne – dlatego w rolnictwie stosuje się od dawna szczepionki mikoryzowe, które znacząco zwiększają plony. Właśnie dzięki mikoryzie grzybiarze wiedzą też, jakich grzybów szukać pod konkretnymi gatunkami drzew, ale sieci powiązań są bardziej skomplikowane – borowik szlachetny wymaga pomocy nie tylko np. świerków, ale także grzybni muchomora czerwonego (zatem niszcząc „psie" owocniki, utrudniasz życie borowikom). Często owocniki obu gatunków zobaczysz razem. Warto poszukać borowika, jeśli zobaczysz owocnik muchomora obok świerka.
Wiele grzybów jest saprofitami. Żywią się martwą materią organiczną (podczas rozkładu drewna uwalniają się m.in. toksyczne polifenole i nadtlenki, opieńka miodowa usuwa je, przy okazji świecąc!). Brak gatunków grzybów trawiących ligninę był jedną z kilku przyczyn zalegania materii roślinnej, z której powstały pokłady węgla kopalnego.
Wśród grzybów zdarzają się patogeny, drapieżniki i pasożyty.

dr Paweł Jedynak
Popularyzator nauki i pracownik Wydziału Biochemii, Biofizyki i Biotechnologii UJ w Krakowie. Bada nowe możliwości wykorzystania mikroorganizmów w biotechnologii i molekularne mechanizmy rozwoju roślin.

eprasa.pl 58d11eda9a



Po usunięciu blasku Betelgezy w jej pobliżu ujawniła się inna jasna gwiazda, okrążająca ją w odległości dziewięciokrotnie większej od dzielącej Ziemię od Słońca. Za dwa lata powinniśmy ją zobaczyć po drugiej stronie olbrzymki.

Odnaleziona kompanka

Po raz pierwszy udało się dokładniej dostrzec tajemniczą towarzyszkę Betelgezy.

WERONIKA ŚLIWA

CHOĆ lato dopiero się kończy, warto pomyśleć chwilę o klasycznej bohaterce zimowego nieba, Betelgezie. Tę bardzo jasną gwiazdę zobaczymy w lewym ramieniu Oriona. Dziewiąta (a w Polsce nawet siódma) pod względem jasności gwiazda nocnego nieba od dawna zaprząta naszą wyobraźnię jako najpewniejsza kandydatka na przyszłą supernową. Jak szacują badacze, jej eksplozja może się wydarzyć w ciągu najbliższych kilkudziesięciu tysięcy lat, a więc z punktu widzenia astronoma lada dzień. Od dawna prowadzono więc obserwacje tej tykającej bomby – niełatwe z powodu jej dużego blasku, wymagającego dodatkowych zabezpieczeń wielkich teleskopów.

Betelgeza jak większość gwiazd u schyłku życiowej ścieżki żyje niestabilnie – jej jasność rośnie i maleje, niekiedy gwiazdę przyćmiewają wyrzucane przez nią gaz i pył. Badacze już od 100 lat podejrzewali, że niestabilne zachowanie gwiazdy jest spowodowane nie tylko jej zaawansowanym etapem ewolucyjnym. Betelgeza prawdopodobnie ma też towarzyszkę. Nie byłoby to czymś bardzo szokującym – większość gwiazd nie podąża przez kosmos samotnie. Szczególnie często w układach podwójnych i wielokrotnych znajdują się bardzo masywne gwiazdy, a więc podobne do naszej niemal dwudziestokrotnie masywniejszej od Słońca bohaterki. Odkrycie i zbadanie drugiej gwiazdy z układu może dostarczyć kluczowych danych dotyczących ich dawnej, a także przyszłej ewolucji. Jak tego dokonać?

Pozornie sprawa jest prosta, wystarczy przecież zrobić zdjęcie. Ale Betelgeza jest bardzo jasna i wypatrzenie blisko niej znacznie słabszej gwiazdy wymaga specjalnych technik. Pierwsze oznaki sukcesu pojawiły się dopiero rok temu dzięki nie do końca jednoznacznym obserwacjom teleskopu Gemini North. Latem 2026 r. sprawa została rozstrzygnięta: kolejne obserwacje, tym razem wykonane przez Bardzo Wielki Teleskop (VLT), pokazały gwiazdę koło olbrzymki. Jak szacują badacze, nie jest ona wcale taka mała – jej masa mniej więcej trzykrotnie przekracza słoneczną. Jest niezbyt zaawansowana ewolucyjnie. W świecie gwiazd obiekty masywne żyją wielokrotnie szybciej od lekkich, więc gdy Betelgeza powoli kończy życie, jej towarzyszka dopiero niedawno weszła w dorosłość i spokojnie spala wodór. Prawdopodobnie jej życie nie będzie jednak zbyt monotonne, gdyż niedługo czeka ją bliska supereksplozja. Czy ją przeżyje? Być może na to pytanie uda się z czasem odpowiedzieć przyszłym ziemskim astronomom.

Fot. SO/M. Montargès et al. Background: N. Risinger (skysurvey.org); Infografiki Wawrzyniec Święcicki

Wrzesień

Wrzesień to czas równonocy. Słońce odwiedzi równik niebieski, a tym samym rozpocznie jesień 23. dnia miesiąca o 2:05. Dni robią się krótsze od nocy – gdy na początku miesiąca trwają od 5:47 do 19:24, pod koniec pory wschodu i zachodu przesuwają się odpowiednio na 6:35 i 18:16. Maleje również maksymalna wysokość Słońca nad horyzontem, od której w znacznym stopniu zależy ilość otrzymywanej przez Ziemię energii – maksymalny kąt, pod jakim zobaczymy Słońce, maleje we wrześniu z 46° do 34,9°. Pomimo coraz krótszego dnia i on dostarczy nam czasem okazji do nieoczywistych obserwacji. 14 września około południa księżycowa tarcza zasłoni Wenus. Takie zjawisko mogą obserwować bardziej zaawansowani miłośnicy astronomii, którzy będą umieli bezpiecznie odnaleźć w ciągu dnia planetę ginącą w słonecznym blasku. A nocą? Możemy powoli witać się z jesiennymi gwiazdozbiorami – coraz wyżej na wschodnim niebie unoszą się Pegaz, Andromeda i Ryby. Wieczorne niebo nad południowym horyzontem gości we wrześniu Wodnika, Koziorożca i chylącego się już ku zachodowi Strzelca. Jeśli wciąż jeszcze planujemy urlop, otuchy doda nam nadal widoczny wielki trójkąt letni, charakterystyczny układ złożony z gwiazd Lutni, Łabędzia i Orła.

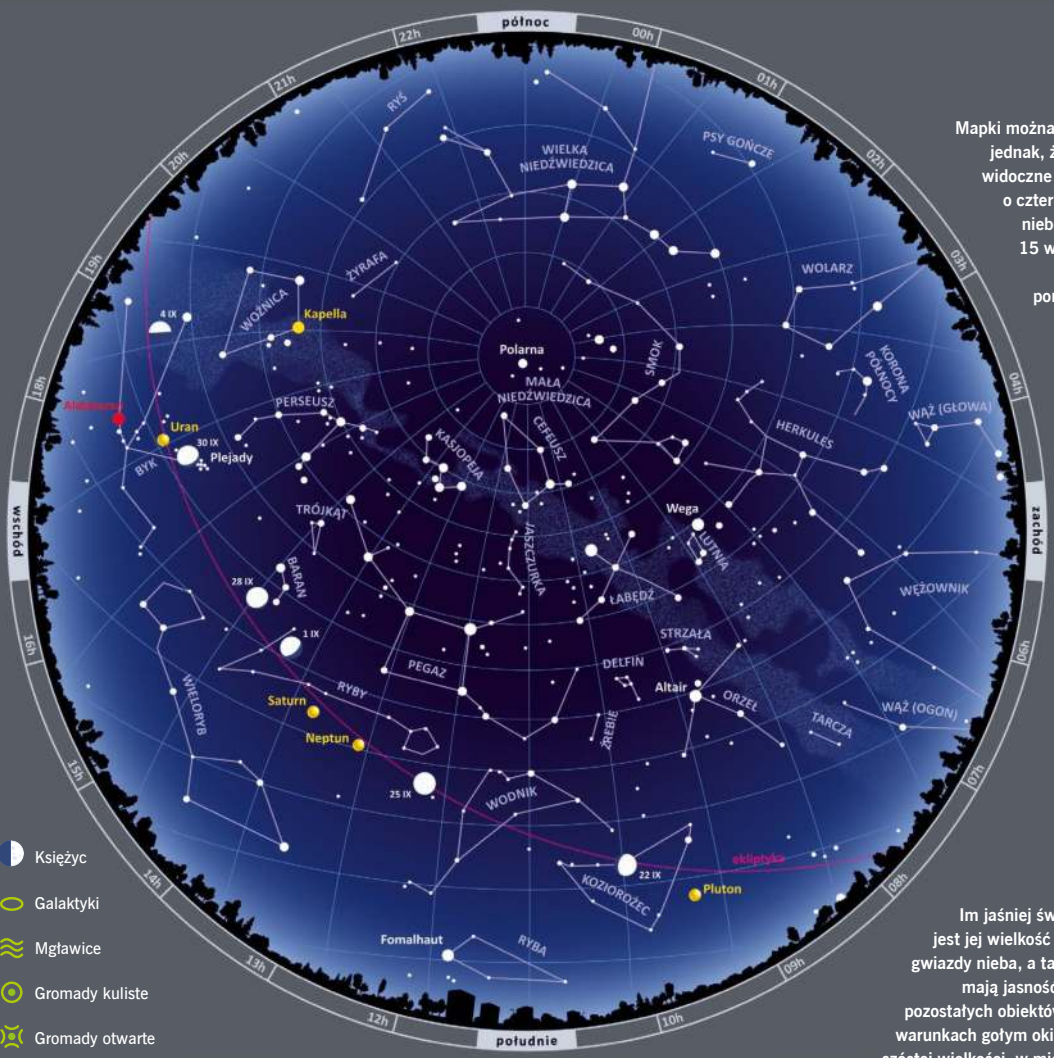
Wędrówki planet

Merkury i Wenus są obecnie bardzo blisko Słońca i nie da się ich łatwo obserwować. Marsa ($1{,}2^m$) odnajdziemy w drugiej połowie nocy w gwiazdozbiorze Bliźniąt. Nad ranem możemy się też wyprawić na podziwianie Jowisza ($1{,}7^m$). Planeta wędruje we wrześniu z Raka do Lwa. Saturn ($0{,}4^m$) zbliża się już do opozycji, jest więc widoczny od późnego wieczora do rana. Planeta wędruje w tym miesiącu z Ryb do Wieloryba. Urana ($5{,}7^m$) zobaczymy w drugiej połowie nocy w gwiazdozbiorze Byka. Neptuna ($7{,}8^m$) możemy obserwować niemal przez całą noc w gwiazdozbiorze Ryb – 26 września planeta znajdzie się w opozycji do Słońca. Ceres ($8{,}8^m$) poszukajmy w porannych Bliźniętach.

eprasa.pl 58d11eda9a

Poranne planety

niebo nad Polską w nocy z 1 na 2 września o godz. 24:00



Mapki można używać przez cały miesiąc, pamiętając jednak, że każdej następnej nocy gwiazdy zajmą widoczne na niej ustawienie względem horyzontu o cztery minuty wcześniej. Mapka przedstawia niebo, jakie zobaczymy 1 września o 24:00, 15 września o 23:00 i 30 września o 22:00. Jeżeli rozpoczniemy obserwacje przed porą, którą opisuje mapka, część obiektów zaznaczonych na jej wschodniej stronie nie będzie jeszcze widoczna na niebie, a nisko nad zachodnim horyzontem ujrzymy niewidoczne na ilustracji gwiazdy (można je znaleźć na mapce z poprzedniego miesiąca).

Księżyc
Galaktyki
Mgławice
Gromady kuliste
Gromady otwarte
Mgławice planetarne

FAZY KSIĘŻYCA

- ostatnia kwadra 4.09 o 9:52
- nów 11.09 o 5:27
- pierwsza kwadra 18.09 o 22:44
- pełnia 26.09 o 18:49

SKALA JASNOŚCI

Im jaśniej świeci gwiazda, tym mniejsza jest jej wielkość gwiazdowa ^{m}. Najjaśniejsze gwiazdy nieba, a także jasno świecące planety mają jasność mniejszą od zera, jasności pozostałych obiektów są dodatnie. W idealnych warunkach gołym okiem można dostrzec obiekty szóstej wielkości, w mieście rzadko widać gwiazdy słabsze niż czwartej wielkości gwiazdowej.

-1^m
0^m
1^m
2^m
3^m
4^m

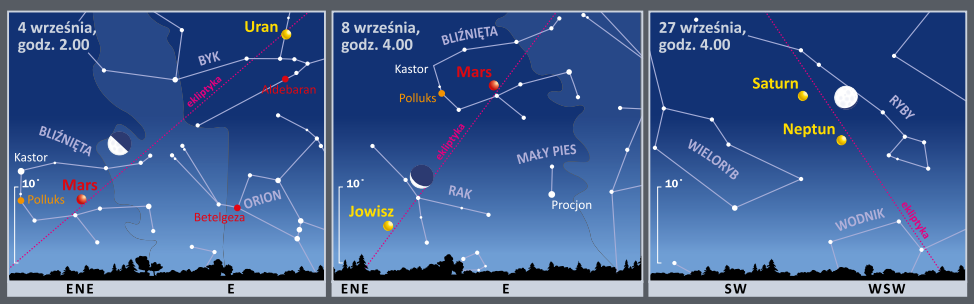
Przystępując do obserwacji, należy obrócić mapkę w taki sposób, by oznaczenie strony świata, ku której jesteśmy zwróceni, znalazło się na dole. Gwiazdy widoczne tuż nad horyzontem będą wówczas odpowiadały gwiazdom znajdującym się na dole mapki.

Oprócz gwiazd na mapce znajdują się widoczne gołym okiem planety. Zaznaczono także położenia Księżyca w kilkudniowych odstępach. Jasności obiektów oznaczono za pomocą różnych rozmiarów kółek – największe przedstawiają najjaśniejsze gwiazdy i planety. Prócz planet na mapce zaznaczono schematycznie obszar Drogi Mlecznej oraz przedstawiono położenie ekliptyki, wzdłuż której w ciągu roku porusza się Słońce. W pobliżu tej linii odnajdziemy wszystkie planety i Księżyc.

Śladem Księżyca i planet

Już 4 września zobaczymy Księżyc koło Marsa w Bliźniętach. 8. dnia miesiąca Srebrny Glob przesunie się do konstelacji Raka, w której odwiedzi Jowisza. 27 września nasz satelita zbliży się do Saturna w Rybach.

dr Weronika Śliwa



eprasa.pl 58d11eda9a

JERZY BRALCZYK

Błyskawica

O SŁOWACH językoznawcy mówią czasem, że mogą być homologiczne lub heterologiczne. Słowa homologiczne kształtem są podobne do swego znaczenia, takie są onomatopeje (*szeleścić*, *kukać*), a także niektóre inne, zwłaszcza wypowiadane tak, by przypominały to, co oznaczają (*gładki* vs. *szorstki* czy *chropowaty*, *twardy* vs. *miękki*). Słowa heterologiczne wskazują na znaczenia odmienne od kształtu. Słowo *polski* jest homologiczne, słowo *angielski* – heterologiczne, bo nie jest angielskie, tak samo krótkie słowo *krótki* jest homologiczne, a równie krótkie słowo *długi* – heterologiczne. Zastanawiano się też na przykład, czy angielskie słowo *ugly* jest brzydkie (dla mnie jest, nawet jak na słowo angielskie).

A jakie jest słowo *błyskawica*? Wskazuje na coś szybkiego, najszybszego, ale jest długie (wymawia się je długo). Słowo *błysk* zaś wymawiamy szybko i wyjątkowo gładko. Tak ze słowami bywa. Słowo *cierpliwość* jest raczej słusznie dość długie, ale słowo *niecierpliwość* powinno być zastępowane jakimś znacznie krótszym.

Dawniej, w XV wieku, mieliśmy dwa słowa: *bliskać* i *łyskać*. *Łyskać* do dziś spotykamy, a był kiedyś i *łysk*, który obecnie brzmi w *połysku*. Pochodzą od praindoeuropejskiego *leuk*, co znaczyło „lśnić", „świecić", „jaśnieć", a dają też skojarzenia z *łysym* (tu chodzi o wygląd) – i, przenośnie, z walorami intelektu, którym można *lśnić*.

Prasłowiańskie *bliskati* dało przymiotnik *bliskav*, który znaczył „błyskający", „błyszczący", a w XVI wieku był i w polskim języku (w Biblii Leopolity) przymiotnik *bliskawy*. Stąd krok do rzeczownika *błyskawica* (przyrostek *-ica* był częsty). To zresztą swojego rodzaju połączenie dwóch wcześniej istniejących i wpływających na siebie form: *bliskawica* i *łyskawica*, które potem dało często (może nawet zbyt często) używany, zwłaszcza w języku emocjonalnym, pełnym przesady, wygodny i mocny przymiotnik *błyskawiczny*. Był dawniej i *łyskawiczny*, ale znikł. Właściwie *błyskawicznie* (też nadużywany przysłówek).

Błyskawicę widzimy, nie słyszymy jej. I słowo odnosi się przede wszystkim do widoku i tempa. Grozy tu mniej niż w *piorunie*, *gromie* czy *grzmocie* nawet. Dźwięku *błyskawica* nie ma, bo oddaje go grzmotowi. Kiedyś mówiono na nią też *błyskota*, co przypomina dziś niegroźną już zupełnie, a nawet szczególnie błahą *błyskotkę*. Widok *błyskawicy*, czyli sama *błyskawica*, *rozdziera niebo*, ale i je *rozwidnia*, i *błyskawica* jest piękna. To piękno łączy ją z innymi *błyskami* i *błyszczeniami*, którymi dobrze jest *błyszczeć* albo chociaż *błysnąć* czasem – a to *inteligencją*, a to *wiedzą*, a to *urodą* i w ogóle *sukcesami*, które, kiedy są *błyskotliwe*, są bardziej widoczne.

Drugie, może nawet silniejsze skojarzenie, które daje *błyskawica*, to szybkość, czyli *błyskawiczność*. *Błyskawica* jest tak szybka, że jak mówimy o czymś szybkim, najszybszym, porównujemy to z nią właśnie. Dawniej był też bliższy może *błyskawicy* przymiotnik *błyskawicowy* (u Słowackiego mamy na przykład *wicher błyskawicowy*), częściej związany znaczeniem z nią samą, nie tylko z jej szybkością. *Błyskawiczny* bywa dziś i *ruch*, i *lot* (*lotem błyskawicy*), i w ogóle *tempo*, ale też na przykład *wojna* (tłumaczenie z *Blitzkrieg*) i wręcz *zamek*, który szybko daje się zapiąć (i rozpiąć też).

Błyskawica nie jest specjalnie groźna sama w sobie. Lubimy zresztą przecież i jasność, i szybkość. Owszem, gdy czyjeś oczy *miotają błyskawice*, to nie wróży nic dobrego – ale to nie *ciskanie piorunami* czy *gromienie*, a nawet *grzmienie* (najczęściej przeciw komuś).

Błyskawica nie jest specjalnie groźna sama w sobie. Lubimy zresztą przecież i jasność, i szybkość. Owszem, gdy czyjeś oczy *miotają błyskawice*, to nie wróży nic dobrego – ale to nie *ciskanie piorunami* czy *gromienie*, a nawet *grzmienie* (najczęściej przeciw komuś). Atrybutami boskimi bywają raczej pioruny i gromy, rzadziej *błyskawice*. Ta część wyładowania atmosferycznego dostarcza raczej pozytywnych wrażeń estetycznych.

Cokolwiek zapowiadają, są piękne.

Fot. Agnieszka Łukaszewicz/iFoto

eprasa.pl 58d11eda9a

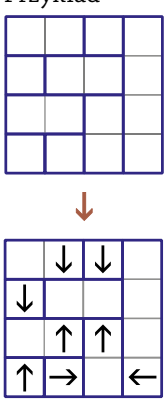
PUZELAND

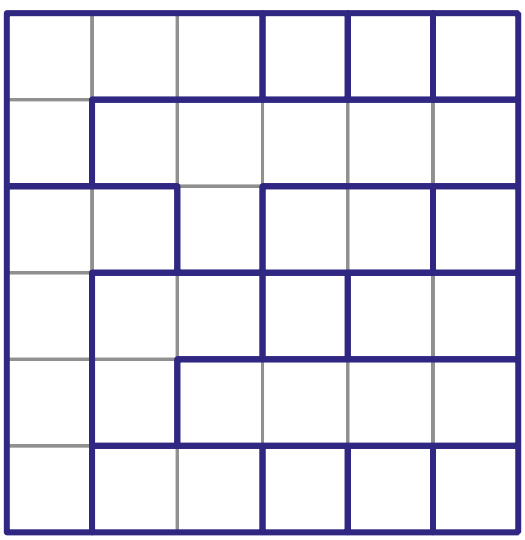
MAREK PENSZKO

NA SIEBIE

Do niektórych kratek diagramu należy wstawić strzałki tak, aby:
– w każdym wielokącie z niebieskim brzegiem znalazła się tylko jedna strzałka, wskazująca jeden z czterech głównych kierunków (E, N, S, W);
– strzałki tworzyły pary, czyli wskazywały na siebie nawzajem, a między każdą taką parą nie było innej strzałki;
– dwa wielokąty z parą „patrzących" na siebie strzałek nie graniczyły ze sobą.

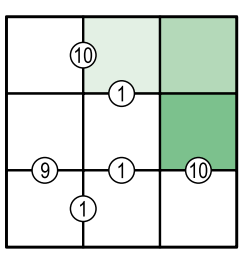
Przykład





NONETKA

Do 9 pól należy wpisać 9 różnych cyfr od 1 do 9 tak, aby:
– każda liczba w kółku na granicy dwu pól była sumą lub różnicą dwu cyfr znajdujących się w tych polach;
– im ciemniejsza zielona kratka, tym mniejsza cyfra powinna się w niej znaleźć.



MOC PLUSÓW

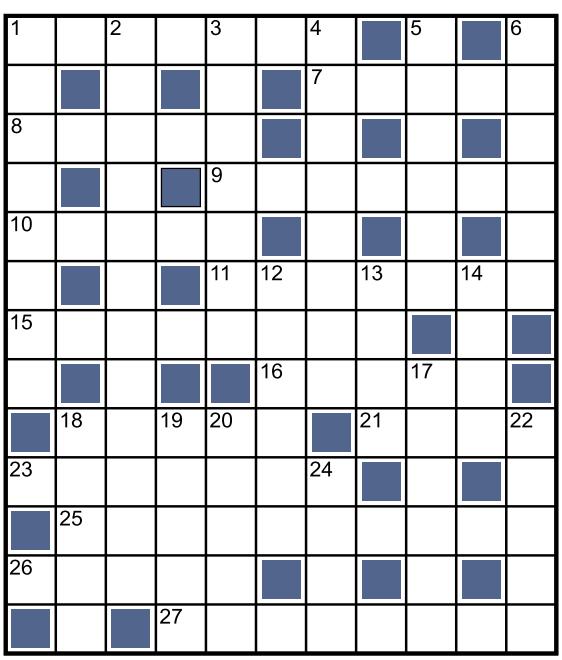
Siedem składników (liczb całkowitych dodatnich) i ich suma tworzą złożone z 9 cyfr dodawanie, w którym każda cyfra jest inna. Jaka jest suma sum wszystkich różnych dodawań, jeśli pomijamy przemienność dodawania jako różnicę między dodawaniami (inaczej mówiąc: dodawania różniące się tylko kolejnością składników uważamy za jednakowe)?

Rys. Marek Penszko

WIEDZÓWKA

Poziomo:
1) z góry ustalona ogólna kwota do zapłaty
7) w parze z krzesiwem
8) nietrwałe organiczne związki chemiczne podobne do fenoli
9) drżenie granego dźwięku
10) zboże, które bywa głuche
11) obozowisko turystyczne
15) skrobia do usztywniania
16) Erich, autor „Ucieczki od wolności"
18) imię odkrywcy drogi morskiej z Europy do Indii
21) odpowiednik prezbiterium w starożytnych świątyniach greckich
23) plastron + karapaks
25) niezapominajka potocznie
26) pała dla nieuka
27) ogólnie o chorym na stawy

Pionowo:
1) żabka drzewna
2) gryzoniowe ukrywanie na zapas
3) największy lodowiec alpejski
4) ... z Merseburga – średniowieczny kronikarz niemiecki
5) płyną nad nami
6) wielki egzotyczny nietoperz, zwany też psem latającym
12) starożytny dzban dwuuszny
13) ileś q z ha
14) verne'owski kapitan
17) karny lub poselski
18) wiceprezydent Stanów Zjednoczonych
19) między kulisami a widownią
20) pierwszy Juliusz światowej sławy
22) Sarsa, Arya lub Brandon z „Gry o tron"
24) świątynia protestancka



Rozwiązania w następnym numerze.

eprasa.pl 58d11eda9a

WIEDZA I ŻYCIE
TWOJE PISMO O NAUCE

nr **1101** ukazuje się od 1910 roku
regularne wydania od 1926 roku

www.wiz.pl

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

Redakcja „Wiedzy i Życia"
e-mail: wiedzaizycie@wiz.pl
Redaktor naczelna
OLGA ORZYŁOWSKA-ŚLIWIŃSKA
e-mail: o.orzylowska@wiz.pl
Sekretarz redakcji
GRAŻYNA NAWROCKA
Redaktor
RENATA BUBROWIECKA
Opracowanie graficzne i łamanie
KRZYSZTOF SZCZYGIELSKI
Projekt okładki
KRZYSZTOF SZCZYGIELSKI
Fotoedycja
MARCIN KAPICA
Korekta
GRAŻYNA NAWROCKA
Współpracownicy
PRZEMEK BERG, JERZY BRALCZYK, MIROSŁAW DWORNICZAK, ANDRZEJ HOŁDYS, JUSTYNA JOŃCA, KATARZYNA KORNICKA-GARBOWSKA, KAMIL NADOLSKI, EWA NIECKUŁA, KRZYSZTOF SZYMBORSKI, WERONIKA ŚLIWA, PAWEŁ WALEWSKI
Rada Naukowa
Prof. dr hab. EWA BARTNIK
Prof. dr hab. MAREK DEMIAŃSKI
Prof. dr hab. MICHAŁ KLEIBER
Prof. dr hab. ANDRZEJ KAJETAN WRÓBLEWSKI
Wydawca
POLITYKA Sp. z o.o. SKA
ul. Słupecka 6, 02-309 Warszawa
tel. 22 451 61 33/34
www.polityka.pl; e-mail: polityka@polityka.pl
Prezes zarządu
JERZY BACZYŃSKI
Dyrektor wydawniczy
PIOTR ZMELONEK
tel. 22 451 61 33/34
Biuro reklamy, kampanii i projektów specjalnych
IZABELA KOWALCZYK-DUDEK, Dyrektor
tel. 22 451 61 45,
e-mail: reklama@polityka.pl
Dział Dystrybucji
MARCIN PAŚNICKI, kierownik
e-mail: dystrybucja@polityka.pl
Kontakt w sprawie bezpieczeństwa produktu
e-mail: gpsr@polityka.pl
Druk
P/mint House of Print Sp. z o.o. P/mint
Copyright © POLITYKA Sp. z o.o. SKA 2026
Wszelkie prawa zastrzeżone
Przedruki po uzyskaniu zgody Wydawcy.
Kontakt: Justyna Sadowska
tel. 22 451 61 50
e-mail: przedruki@polityka.pl

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.

Nakład Kontrolowany NAKŁAD KONTROLOWANY

Listy czytelników

Szanowna Redakcjo,
jak zawsze z przyjemnością sięgnąłem po kolejny numer „Wiedzy i Życia" (3/2026). Tym razem chciałbym zwrócić uwagę na pewną nieścisłość, a właściwie sprzeczność, jaka pojawiła się w artykule „Morze pełne elektroniki" Jakuba Chabika. Możemy tam znaleźć taki fragment: „[...] COSPAS-SARSAT: grupa satelitów krążących wokół Ziemi na geostacjonarnych średnich (MEO) i niskich (LEO) orbitach. Najważniejsze są te ostatnie: poruszające się po orbitach okołobiegunowych". Jeśli mnie pamięć nie myli, to orbita geostacjonarna jest jedna i nie ma średnich ani niskich. A poza tym kolejne zdanie stoi w sprzeczności z poprzednim... Przypuszczam, że jednak wkradł się chochlik drukarski i w pierwszym zdaniu zamiast „geostacjonarnych" powinno być „okołobiegunowych".

POZDRAWIAM,
ZDZISŁAW

Panie Zdzisławie,
bardzo dziękujemy za wnikliwą lekturę naszego pisma. Jest Pan niezwykłym czytelnikiem, drobiazgowym i spostrzegawczym, i jak zwykle ma Pan rację. Po słowie „geostacjonarnych" brakuje przecinka. Gratulujemy bystrego umysłu i czekamy na kolejne Pana maile.

REDAKCJA

Szanowna Redakcjo,
z przyjemnością przeczytałem w lipcowym numerze „WiŻ" bardzo ciekawy artykuł „Niezwykłe dzieje bawełny". Zostały w nim wspomniane dwa wynalazki, które zapoczątkowały rewolucję przemysłową: „[...] skonstruowana w 1765 r. mechaniczna przędzarka (ówczesny model nazywał się Spinning Jenny) i opracowana w 1793 odziarniarka (znana jako *cotton gin* [...]". A obok na sąsiedniej stronie jest umieszczone zdjęcie z podpisem: „Dawna przędzarka – ang. *cotton gin*". Chyba chochlik drukarski spłatał figla. Jakie urządzenie było nazywane *cotton gin*?

POZDRAWIAM,
ZDZISŁAW

Szanowny Czytelniku
Ma Pan rację, przedstawione urządzenie na s. 33 to wiekowa i zakurzona odziarniarka, nie przędzarka.

REDAKCJA

Polacy stworzą cyfrowego bliźniaka Bałtyku
Naukowcy z Uniwersytetu Warszawskiego, Instytutu Oceanologii PAN i Instytutu Budownictwa Wodnego PAN opracują cyfrowego bliźniaka Morza Bałtyckiego. Projekt MERMAID ma pomóc w bezpieczniejszym planowaniu działań na morzu – od żeglugi i pracy portów po ochronę środowiska i reagowanie na zagrożenia. Liderem projektu jest prof. dr hab. Piotr Gwiazda z Instytutu Matematycznego PAN i Interdyscyplinarnego Centrum Modelowania Matematycznego i Komputerowego Uniwersytetu Warszawskiego. Cyfrowy bliźniak Bałtyku będzie zaawansowanym modelem komputerowym, który odtworzy warunki panujące na morzu, m.in. temperaturę wody i powietrza, siłę i kierunek wiatru, ciśnienie, wysokość fal, kierunek falowania oraz prądy morskie. Narzędzie prognostyczne odpowie na praktyczne pytania: jakie warunki będą panowały za kilka lub kilkadziesiąt godzin, czy możliwe będzie bezpieczne wejście jednostki do portu, kiedy zaplanować prace serwisowe na morzu albo w którym kierunku mogą przemieszczać się zanieczyszczenia.
Pomiary na morzu są bardzo kosztowne i z natury punktowe. Model numeryczny pozwala przetworzyć te rozproszone dane w spójny obraz i przewidywać dalsze działania. Morze przez większą część roku bywa trudnym środowiskiem pracy. Jesienią, zimą i wiosną okna pogodowe, pozwalające na bezpieczne prowadzenie operacji morskich, mogą być bardzo krótkie. Szczególnie istotne jest to w polskiej części Bałtyku. Nasze wybrzeże to w dużej mierze piaszczyste plaże, długie odcinki bez dużych portów i stosunkowo trudne warunki operacyjne. To oznacza, że potrzebujemy modelu właśnie tego obszaru. Jednym z najważniejszych zastosowań cyfrowego bliźniaka Bałtyku będzie wspieranie decyzji operacyjnych. Nabiera to znaczenia w kontekście rozwoju morskich farm wiatrowych, terminali LNG, portów serwisowych oraz planowanych inwestycji związanych z energetyką jądrową. Na Bałtyku powstaje coraz więcej infrastruktury, która nie funkcjonuje wyłącznie latem i przy dobrej pogodzie. Jeżeli coś trzeba serwisować zimą, decyzja o wyjściu w morze musi być oparta na bardzo dobrej informacji o warunkach.

FUNDACJA NA RZECZ NAUKI POLSKIEJ

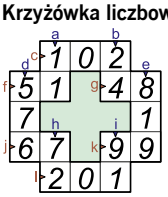
Zapraszamy **do pisania listów** na adres **wiedzaizycie@wiz.pl**

ROZWIĄZANIA ZADAŃ Z SIERPNIOWEGO PUZELANDU

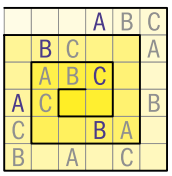
Alfagram. Poziomo: sęk, wół, ufność, przyjaźń.
Pionowo: iterb, służący, gad, holm.

Dwujęzycznie. W szkole jest 81 uczniów.
W I semestrze czeskiego uczyło się 54, słowackiego – 45, czeskiego i słowackiego – 18.
W II semestrze czeskiego – 48, słowackiego – 45, czeskiego i słowackiego – 12.

Krzyżówka liczbowa



Ślimak A-B-C



Rys. Marek Penszko

Przepraszamy za błąd w objaśnieniu krzyżówki liczbowej. W a) pionowo powinno być „c-i".

Numer październikowy „Wiedzy i Życia" trafi do kiosków 30 września 2026 r.

eprasa.pl 58d11eda9a

PRENUMERATA „WIEDZY I ŻYCIA”

Prenumeruj druk

KUP TERAZ

Prenumerata roczna
180 zł

Prenumerata półroczna
100 zł

Klasyczne, papierowe wydanie „Wiedzy i Życia” 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
299 zł

Prenumerata półroczna
169 zł

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

Prenumeruj w pakiecie ze „Światem Nauki”

KUP TERAZ

Prenumerata roczna
339 zł

Prenumerata półroczna
189 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? @ **prenumerata@wiz.pl**

sklep.polityka.pl

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

eprasa.pl 58d11eda9a

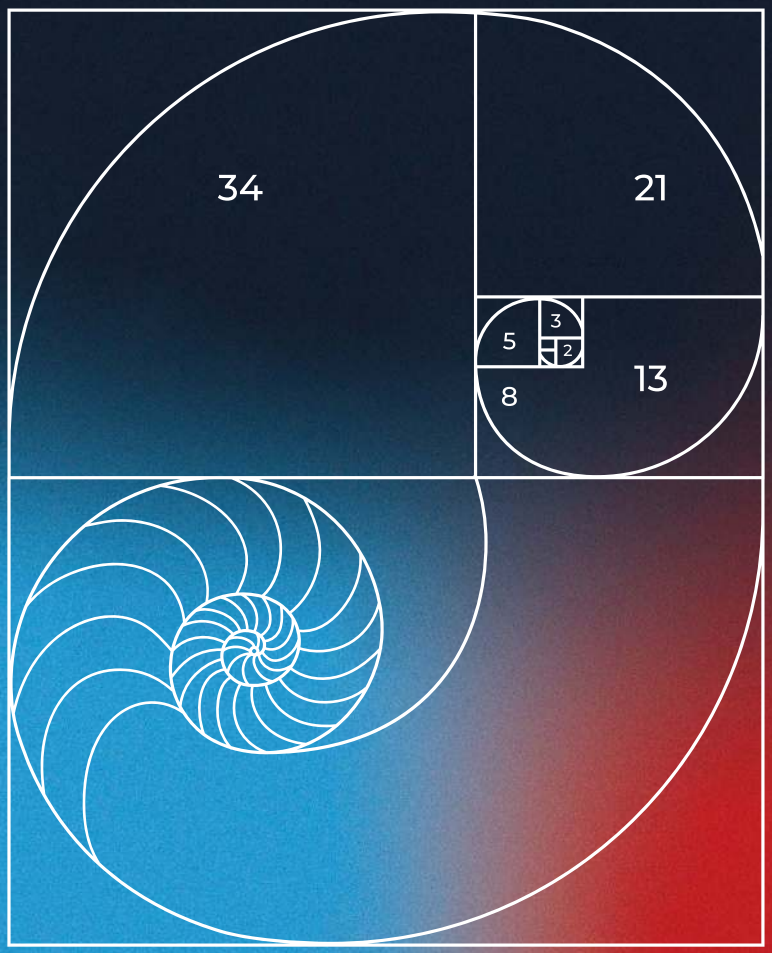
UNIWERSYTET WARSZAWSKI

MISMaP

ZAPRASZAMY NA JEDYNE TAKIE W POLSCE

INTERDYSCYPLINARNE

STUDIA W UNIWERSYTECIE WARSZAWSKIM!



WWW.MISMAP.UW.EDU.PL

KOLEGIUM MIĘDZYWYDZIAŁOWYCH INDYWIDUALNYCH STUDIÓW MATEMATYCZNO-PRZYRODNICZYCH PROWADZI STUDIA MIĘDZYOBSZAROWE W NAUKACH:

- ŚCISŁYCH
- PRZYRODNICZYCH
- SPOŁECZNYCH
- HUMANISTYCZNYCH

eprasa.pl 58d11eda9a