

WSZECHŚWIAT

PISMO PRZYRODNICZE

Tom 98 Nr 1

Styczeń 1997



*Życie na Marsie?
Nobel '96 dla immunologii
Zwalczanie raka rakiem?*



MUSZLA SZCZEŻUI WIELKIEJ *Anodonta cygnea* L. Fot. Cezary Tajer



Wszechświat

Z polskimi przyrodnikami od 3 kwietnia 1882

Zalecany do bibliotek nauczycielskich i licealnych od r. 1947 (pismo Ministra Oświaty nr IV/Oc-2734/47)

Wydano z pomocą finansową Komitetu Badań Naukowych
i

Wojewódzkiego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w Krakowie



023711

Treść zeszytu 1 (2397)

J. Weiner, Życie na Marsie i w innych dziwnych miejscach	3
J. Weiner, Meteor z Marsa	9
J. Vetulani, Zapomniany spór o istnienie życia w Kosmosie	13
Nobel 1996 w dziedzinie medycyny (B. Płytycz)	14
Drobiazgi	
Jezioro Mono — „Morze Martwe” amerykańskiego Zachodu (W. Wilczyński)	17
Mutant kontra mutant czyli nowa taktyka walki z rakiem (J. Vetulani)	19
Ślady dżdżownic (A. Górz)	20
Wszechświat przed 100 laty (oprac. JGV)	21
Rozmaiitości	22
Lekarze obserwują zmiany klimatu (P.J.A. Ropuszyński). — Paleo-DNA (S. Dubiski). — Biologiczna kontrola liczebności populacji ropuchy agi w Australii (A. Żyłka)	
Recenzje	
K. Kozuchowski, R. Przybylak: Efekt cieplarniany (P. Ropuszyński)	23
Ekslibrisy przyrodnicze z kolekcji J.T. Czosnyki	24

* * *

Rada redakcyjna: Henryk Szarski (przewodniczący), Jerzy Vetulani (z-ca przewodniczącego), Adam Łomnicki (sekretarz).
Członkowie: Stefan W. Alexandrowicz, Wincenty Kilarski, Adam Kotarba, Halina Krzanowska, Barbara Płytycz, Adam Zajac, Kazimierz Zarzycki

Komitet redakcyjny: Jerzy Vetulani (redaktor naczelny), Halina Krzanowska (z-ca redaktora naczelnego), Stefan W. Alexandrowicz, Barbara Płytycz, Adam Zajac, Wanda Lohman (sekretarz redakcji)

Adres Redakcji: Redakcja Czasopisma *Wszechświat*, 31-118 Kraków, ul. Podwale 1, tel. (0-12) 22-29-24

PRZEPISY DLA AUTORÓW

1. Wstęp

Wszechświat jest pismem upowszechniającym wiedzę przyrodniczą, przeznaczonym dla wszystkich interesujących się postępem nauk przyrodniczych, a zwłaszcza młodzieży licealnej i akademickiej.

Wszechświat zamieszcza opracowania popularyzatorskie ze wszystkich dziedzin nauk przyrodniczych, ciekawe obserwacje przyrodnicze oraz fotografie i zaprasza do współpracy wszystkich chętnych. *Wszechświat* nie jest jednak czasopismem zamieszczającym oryginalne doświadczalne prace naukowe.

Nadsyłane do *Wszechświata* materiały są recenzowane przez redaktorów i specjalistów z odpowiednich dziedzin. O ich przyjęciu do druku decyduje ostatecznie Komitet Redakcyjny, po uwzględnieniu merytorycznych i popularyzatorskich wartości pracy. Redakcja zastrzega sobie prawo wprowadzania skrótów i modyfikacji stylistycznych. Początkującym autorom Redakcja będzie nieść pomoc w opracowaniu materiałów lub wyjaśniała powody odrzucenia pracy.

2. Typy prac

Wszechświat drukuje materiały w postaci artykułów, drobiazgów i ich cykli, rozmaitości, fotografii na okładkach i wewnątrz numeru oraz listów do Redakcji. *Wszechświat* zamieszcza również recenzje z książek przyrodniczych oraz krótkie wiadomości z życia środowisk przyrodniczych w Polsce.

Artykuły powinny stanowić oryginalne opracowania na przystępnym poziomie naukowym, napisane żywo i interesująco również dla laika. Nie mogą ograniczać się do wiedzy podręcznikowej. Pożądane jest ilustrowanie artykułu fotografiami, rycinami kreskowymi lub schematami. Odradza się stosowanie tabel, zwłaszcza jeżeli mogą być przedstawione jako wykres. W artykułach i innych rodzajach materiałów nie umieszcza się w tekście odnośników do piśmiennictwa (nawet w formie: autor, rok), z wyjątkiem odnośników do prac publikowanych we wcześniejszych numerach *Wszechświata* (w formie: „patrz *Wszechświat* rok, tom, strona”). Obowiązuje natomiast podanie źródła przedrukowywanej lub przerysowanej tabeli bądź ilustracji oraz — w przypadku opracowania opierającego się na pojedynczym artykule w innym czasopiśmie — odnośnika dotyczącego całego źródła. Przy przygotowywaniu artykułów rocznicowych należy pamiętać, że nie mogą się one, ze względu na cykl wydawniczy, ukazać wcześniej niż 4 miesiące po ich złożeniu do Redakcji.

Artykuły (tylko one) są opatrzone opracowaną przez Redakcję notką biograficzną. Autorzy artykułów powinni podać dokładny adres, tytuł naukowy, stanowisko i nazwę zakładu pracy, oraz informacje, które chcieliby zamieścić w notce. Ze względu na skromną objętość czasopisma artykuł nie powinien być dłuższy niż 9 stron.

Drobiazgi są krótkimi artykułami, liczącymi 1—3 strony maszynopisu. Również i tu ilustracje są mile widziane. *Wszechświat* zachęca do publikowania w tej formie własnych obserwacji.

Cykl stanowi kilka *Drobiazgów* pisanych na jeden temat i ukazujących się w kolejnych numerach *Wszechświata*. Chętnych do opracowania cyklu prosimy o wcześniejsze porozumienie się z Redakcją.

Rozmaitości są krótkimi notatkami omawiającymi najciekawsze prace ukazujące się w międzynarodowych czasopiśmie przyrodniczych o najwyższym standardzie. Nie mogą one być tłumaczeniami, ale powinny być oryginalnymi opracowaniami. Ich objętość wynosi 0,3 do 1 strony maszynopisu. Obowiązuje podanie źródła (skrót tytułu czasopisma, rok, tom: strona).

Recenzje z książek muszą być interesujące dla czytelnika: ich celem jest dostarczanie nowych wiadomości przyrodniczych, a nie informacji o książce. Należy pamiętać, że ze względu na cykl redakcyjny i listę czekających w kolejce, recenzja ukaże się zapewne wtedy, kiedy omawiana książka już dawno zniknie z rynku. Objętość recenzji nie powinna przekraczać 2 stron maszynopisu.

Kronika drukuje krótkie (do 1,5 strony) notatki o ciekawszych sympozjach, konferencjach itd. Nie jest to kronika towarzyska i dlatego prosimy nie robić wylizanki autorów i referatów, pomijając tytuły naukowe i nie rozwodzić się nad ceremoniami otwarcia, a raczej powiadomić czytelnika, co ciekawego wyszło z omawianej imprezy.

Listy do Redakcji mogą być różnego typu. Tu drukujemy m. in. uwagi dotyczące artykułów i innych materiałów drukowanych we *Wszechświecie*. Objętość listu nie powinna przekraczać 1,5 strony maszynopisu. Redakcja zastrzega sobie prawo selekcji listów i ich edytowania.

Fotografie przeznaczone do ewentualnej publikacji na okładce lub wewnątrz numeru mogą być czarno-białe lub kolorowe. Każde zdjęcie powinno być podpisane na odwrocie. Podpis powinien zawierać nazwisko i adres autora i proponowany tytuł zdjęcia. Należy podać datę i miejsce wykonania zdjęcia. Przy fotografiach zwierząt i roślin należy podać nazwę gatunkową polską i łacińską. Za prawidłowe oznaczenie odpowiedzialny jest fotografujący.

Przy wykorzystywaniu zdjęć z innych publikacji prosimy dołączyć pisemną zgodę autora lub wydawcy na nieodpłatne wykorzystanie zdjęcia.

3. Forma nadsyłanych materiałów

Redakcja przyjmuje do druku tylko starannie wykonane, łatwo czytelne maszynopisy, przygotowane zgodnie z Polską Normą (30 linijek na stronę, ok. 60 uderzeń na linijkę, strony numerowane na górnym marginesie, lewy margines co najmniej 3 cm, akapity wcięte na 3 spacje), napisane przez czarną, świeżą taśmę. Bardzo chętnie widzimy prace przygotowane na komputerze. Wydruki komputerowe powinny być wysokiej jakości (NLQ lub HQ) i pisane na świeżej taśmie.

Tabele należy pisać nie w tekście, ale każdą na osobnej stronie. Na osobnej stronie należy też napisać spis rycin wraz z ich objaśnieniami. Ryciny można przysyłać albo jako fotografie, albo jako rysunki kreskowe w tuszu, na kalce technicznej. Powinny być ponumerowane i podpisane z tyłu lub na marginesie ołówkiem.

Fotografie ilustrujące artykuł muszą być poprawne technicznie. Przyjmujemy zarówno zdjęcia czarno-białe, jak i kolorowe (pozytywy i negatywy).

Materiały powinny być przysyłane z jedną kopią. Kopie maszynopisów i rycin, ale nie oryginały, mogą być kserogramami. Kopie rycin są mile widziane, ale nie obowiązkowe.

Zaakceptowana praca po recenzji i naniesieniu uwag redakcyjnych zostanie zwrócona autorowi celem przygotowania wersji ostatecznej. Przesłanie ostatecznej wersji na dyskietce znacznie przyspieszy ukazanie się pracy drukiem.

Prace należy nadsyłać pod adresem Redakcji (Podwale 1, 31-118 Kraków). Redakcja w zasadzie nie zwraca nie zamówionych materiałów.

Autor otrzymuje bezpłatnie jeden egzemplarz *Wszechświata* z wydrukowanym materiałem.



PISMO POLSKIEGO TOWARZYSTWA PRZYRODNIKÓW IM. KOPERNIKA
WYDAWANE PRZY WSPÓŁDZIAŁE POLSKIEJ AKADEMII UMIEJĘTNOŚCI

TOM 98
ROK 116

STYCZEŃ 1997

ZESZYT 1
(2397)

JANUARY WEINER (Kraków)

ŻYCIE NA MARSIE I W INNYCH DZIWNYCH MIEJSCACH

W połowie sierpnia 1996 świat obiegła sensacyjna wiadomość: amerykańscy badacze z NASA ogłosili, że znaleźli ślady życia w meteorycie, który pochodzi z Marsa. Oficjalna wersja tego doniesienia ukazała się 16 sierpnia 1996 w prestiżowym tygodniku naukowym „Science”¹. Przez kilka dni prasa, radio i telewizja poświęcały temu wydarzeniu wiele miejsca, po czym zajęły się tym, co zwykle: polityką, sportem i gwiazdami... rocka. Dla kosmologów, biologów, filozofów i w ogóle dla wszystkich, którym nieobca jest refleksja nad istotą fenomenu zwanego życiem, była to jednak wiadomość bardzo ważna. Gdyby udało się ponad wszelką wątpliwość stwierdzić, że życie istniało lub istnieje gdziekolwiek poza Ziemią, byłoby to zapewne najważniejsze odkrycie przyrodnicze 20 wieku, o konsekwencjach bardziej doniosłych, niż zbadanie struktury DNA i inne wielkie osiągnięcia współczesnej biologii.

Zagadka powstania życia jest dla biologii problemem fundamentalnym. W tej najważniejszej kwestii formułowane są poglądy skrajne, ale argumentacja nie wychodzi poza spekulacje. Czy życie powstało w wyniku przypadku — wysoce nieprawdopodobnego wydarzenia, które przytrafiło się jeden jedyny raz, akurat na naszej planecie? Wybitny biolog, laureat nagrody Nobla, Jacques Monod, skłaniał się ku takiemu właśnie stanowisku. Inny noblista, też biolog, Christian de Duve, jest przeciwnego zdania: życie jest ściśle deterministyczną konsekwencją właściwości ma-

terii i nieuchronnie pojawia się wszędzie tam, gdzie są po temu warunki — a odpowiednie warunki są rozpowszechnione we Wszeczeświecie.

Czy wyniki badań meteorytu, któremu przypisuje się pochodzenie marsjańskie, rzeczywiście dowodzą pochodzenia życia poza naszą planetą? Za wcześniej o tym wyrokować. Sami autorzy sławnego artykułu z „Science” bardzo ostrożnie interpretują wyniki swoich badań, dopuszczając inne hipotezy wyjaśniające istnienie znalezionych przez nich struktur; twierdzą jednak, że hipoteza o ich genezie biologicznej wydaje się najbardziej spójna. Wielu uczonych bardzo krytycznie przyjęło doniesienie o śladach życia na Marsie. „Niezwyczajna hipoteza wymaga niezwykłych dowodów” — powiedział William Schopf, mikropaleontolog z Uniwersytetu Kalifornijskiego w Los Angeles, uważany za najwybitniejszego badacza wczesnych śladów życia na Ziemi. Uczeń brytyjski, którzy już kilka lat temu opublikowali wyniki własnych badań innego marsjańskiego meteorytu, zasadniczo zgodne z wynikami Amerykanów, zachowali wówczas większą powściągliwość i nie postawili tezy, iż są to ślady życia.

Jednakże, mimo zawodowego sceptycyzmu specjalistów, którym trzeba wielu jeszcze dowodów, aby wiadomość o odkryciu życia na Marsie uznać za prawdziwą, większość z nich hipotezę taką traktuje bardzo poważnie. Jeszcze kilkanaście lat temu nie byłoby to możliwe. Paradoksalnie, o możliwości istnienia życia na innych planetach bardziej niż badania meteorów przekonują nas odkrycia dokonane na Ziemi. Już po tym, jak człowiek stanął na Księżycu, odkryto na Ziemi przedziwne ekosystemy głębinowych źródeł hydroter-

¹ D.S. McKay, E.K. Gibson Jr., K.L. Thomas-Keptra, Lockheed Martin, H. Vali, C.S. Romanek, S.J. Clemett, X.D.F. Chilliier, C.R. Maechling, R.N. Zare, 1996: *Search for Past Life on Mars: Possible Relic Biogenic Activity in Martian Meteorite ALH84001*, „Science” 273 (5277): 924-930.

malnych. Długo po tym, jak automatyczne sondy fotografowały z bliska księżycy Jowisza i poszukiwały przejawów życia na Marsie, dowiedzieliśmy się o istnieniu obfitego życia w głębi skał ziemskiej litosfery. Doniesienia o tych odkryciach nie zajęły miejsca na pierwszych stronach gazet, chociaż ich znaczenie trudno przecenić. Obok postępów paleontologii archeozoiku oraz osiągnięć filogenetyki molekularnej, odkrycia organizmów dziwnych środowisk rzucają nowe światło na istotę życia i tajemnicę jego pochodzenia.

Czym jest życie?

Co właściwie oznacza pytanie „czy jest życie na Marsie (albo gdziekolwiek indziej we Wszechświecie, poza Ziemią)? Obecność jakich struktur lub procesów musielibyśmy dostrzec, aby stwierdzić istnienie życia? Co to właściwie jest życie?

Chociaż biologia jest nauką o życiu, biolodzy rzadko stawiają wprost takie pytanie. Niechętnie też definiują przedmiot swoich zainteresowań. Formalną definicję życia trudno znaleźć w przyrodniczych encyklopediach i leksykonach. Zazwyczaj biolodzy uciekają się do wymienienia listy atrybutów żywego organizmu: zdolność do replikacji („rozmnażanie”), zdolność do przetwarzania materii i energii („metabolizm”), jedność strukturalną żywych organizmów, które nieodmiennie zbudowane są z kwasów nukleinowych i białek (a te z kilku pierwiastków: C, H, O, N, S, P). Wszystkie znane organizmy zdolne są do życia jedynie dzięki budowie komórkowej, to znaczy istnieniu błoniastych struktur, wybiórczo oddzielających od siebie poszczególne fazy procesów biochemicznych, a całe organizmy — od otoczenia. Do stałych atrybutów żywych organizmów należy produkowanie licznych potomków, z których tylko część daje początek następnym generacjom. Drobne różnice pomiędzy osobnikami, powstające przypadkowo, ale odziedziczalne, umożliwiają selekcję („dobór naturalny”), a co za tym idzie — ewolucję.

Zdolność do replikacji, metabolizm i określony skład chemiczny to atrybuty pojedynczych osobników, jednak podleganie doborowi naturalnemu i ewolucji może tylko dotyczyć zbioru licznych organizmów. Żaden pojedynczy organizm nie może istnieć inaczej niż jako jeden z wielu równocześnie bytujących organizmów, w intensywnych interakcjach z otaczającym nieożywionym środowiskiem. Czy zatem życie to zespół cech pojedynczych osobników, czy też może — całej biosfery (ziemskiej albo jakiejś innej)?

Znając tylko jeden taki fenomen: życie na Ziemi, niechętnie nadalibyśmy taką nazwę zjawisku, któremu zabrakłoby chociaż jednego z wymienionych wyżej atrybutów. Naukowcy z NASA również sugerują istnienie na Marsie takiego samego życia, jak ziemskie: opartego na podobnych procesach biochemicznych, a nawet tworzącego podobne struktury. Kiedy zaczynamy rozważać możliwość istnienia życia poza Ziemią, albo gdy usiłujemy dociec w jaki sposób życie powstało — musimy ustalić kryteria, przy pomocy których odróżniać będziemy rozmaite abiotyczne procesy fizykochemiczne od takich, które nazwiemy życiem.

Czy obecność nawet najbardziej złożonych cząstek związków organicznych wystarczyłaby nam ja-

ko dowód istnienia życia? Wiemy przecież, że bardzo złożone związki chemiczne mogą łatwo powstawać z prostych substratów. Dowodzą tego eksperymenty laboratoryjne oraz powszechne — wręcz masowe — występowanie takich związków poza Ziemią: w meteorytach, kometach, w przestrzeni międzygwiazdnej. Znajduje się tam nawet aminokwasy.

Czy uznamy za przejaw życia zdolność do dziedziczenia, powielania się i podlegania doborowi? Przecież dokładnie tak potrafią się zachowywać programy komputerowe, choćby tzw. „wirusy”!

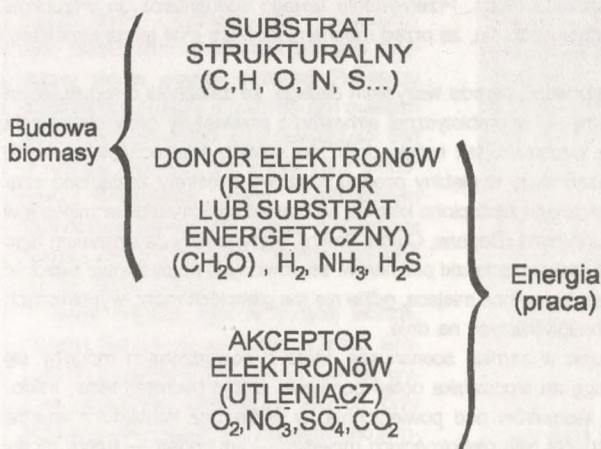
A może wystarczy stwierdzenie przejawów metabolizmu? James Lovelock, geofizyk wsławiony wymysleniem tzw. „hipotezy Gai”, proponował aby tak właśnie rozpoznawać istnienie życia na odległych planetach. Charakterystyczną i unikatową cechą Ziemi jest skład atmosfery daleki od równowagi termodynamicznej: równoczesna obecność cząsteczkowego tlenu, metanu i wielkiej masy zredukowanych związków węgla na powierzchni globu. Wiemy, że stan ten utrzymuje się tylko dzięki działalności żywych organizmów, które wykorzystują energię Słońca, aby ciągle na nowo „napinać” potencjał redoks. Jest rzeczą umowną, czy symptom taki uznalibyśmy za warunek wystarczający dla stwierdzenia istnienia życia. Być może jakiś nieznan proces fizykochemiczny — bez dziedziczenia, ewolucji, rozmnażania — też mógłby doprowadzić do podobnych skutków globalnych. Czy „efekt Lovelocka” jest warunkiem koniecznym dla stwierdzenia życia na jakiejś planecie? Gdybyśmy poszukiwali przejawów życia takiego, jakie dziś panuje na Ziemi, należałoby odpowiedzieć twierdząco. Ale przez pierwsze dwa miliardy lat trwania życia na Ziemi żadne organizmy nie prowadziły fotosyntezy tlenorodnej, a i przez następne miliony lat skład atmosfery ziemskiej niewiele się zmienił, gdyż tlen produkowany przez fotoautotrofy pochłaniany był przez minerały skorupy ziemskiej. A więc życie — i to bujne — może istnieć bez wyraźnych manifestacji na powierzchni planety.

Kryterium odróżniania „żywego” od „nieżywego” byłoby bardziej obiektywne, gdybyśmy mogli ustalić, które z atrybutów życia są ze sobą nieodłącznie związane, wzajemnie się determinując. Na przykład, czy tylko kwasy nukleinowe mogą stanowić materialną podstawę dziedziczenia (tzn. czy środowisko umożliwiające powstanie kwasów nukleinowych jest warunkiem powstania życia)? Czy możliwe jest podtrzymanie procesu obiegu pierwiastków bez ewolucji biorących w nim udział molekuł? Innymi słowy, czy bez ustawicznego i dziedzicznego różnicowania się osobników, podlegających następnie doborowi, życie może się utrzymać przez dłuższy czas? Nauka mozolnie próbuje odpowiedzieć na takie pytania. Jedno wszakże nie ulega kwestii: podstawowym warunkiem wystąpienia wszystkich innych cech jest metabolizm. Rozmnażanie — to przetwarzanie prostych substratów na złożone struktury organizmów. Pobieranie i przetwarzanie substratów jest — w sensie fizycznym — pracą; życie jest procesem endoergicznym, wymaga zasilania strumieniem energii. Aby istniało życie, muszą więc istnieć odpowiednie warunki termodynamiczne. Wiemy, że takie warunki istnieją obecnie na Ziemi i utrzymują się dzięki strumieniowi energii słonecznej; aby odpowiedzieć, gdzie jeszcze panują

RÓŻNORODNOŚĆ STRATEGII METABOLICZNYCH

Wszystkie organizmy żywe potrzebują trzech rodzajów substratów:

1. **Strukturalnego**, przede wszystkim C, H, O, N, S. Szczególne znaczenie ma źródło węgla; mogą to być związki organiczne lub CO_2 .
2. **Donora elektronów**, który utleniając się dostarcza energii, albo umożliwi zredukowanie CO_2 w celu wytworzenia związków organicznych. Donorem elektronów mogą być związki organiczne albo np. H_2 , NH_3 , H_2S , H_2O .
3. **Utleńiacza**, czyli **akceptora elektronów**, który w reakcji z substratem energetycznym uwolni energię potrzebną do wykonania pracy. Może to być tlen O_2 lub np. NO_3^- , SO_4^{2-} , $(\text{CH}_2\text{O})_n$, CO_2 .



Ten sam związek chemiczny może być wykorzystany na różne sposoby, np. organiczne związki węgla mogą być równocześnie substratem budulcowym i energetycznym, siarczan może być źródłem siarki do budowy białka oraz akceptorem elektronów przy oddychaniu. Donor elektronów jest niezbędny we wszystkich procesach biosyntezy i oddychania. Ze względu na źródło węgla wyróżnia się dwie główne strategie: pobieranie gotowych związków organicznych (**heterotrofia**) i samodzielne ich produkowanie przez redukcję CO_2 (**autotrofia**). Energię organizmy mogą zdobywać w drodze utlenienia zredukowanych substratów nieorganicznych lub organicznych, wykorzystując rozmaite akceptory elektronów. Niezależnie od tego szereg grup organizmów posiada zdolność wykorzystywania energii promieniowania słonecznego.

Mamy więc dwa główne źródła węgla: CO_2 i związki organiczne; dwa główne źródła energii: utlenianie substratów i promieniowanie słoneczne; dwie grupy donorów elektronów: związki mineralne i związki organiczne; trzy typy akceptorów elektronów: tlen, różne związki nieorganiczne oraz związki węgla. Wśród istot zamieszkujących Ziemię można znaleźć większość z możliwych kombinacji tych szlaków metabolicznych, ale największe znaczenie mają foto- i chemoautotrofy oraz tlenowe i beztlenowe heterotrofy.

Samożywne bakterie i Archea, które korzystają z nieorganicznych donorów elektronów noszą nazwę **chemolitoautotrofów**. Wszystkie dokonują redukcji CO_2 , który jest jedynym źródłem węgla. Jako donora elektronów używają rozmaitych związków nieorganicznych, ostatecznym akceptorem elektronów (oprócz CO_2) może być tlen albo azotan. Do tej grupy należy wiele gatunków otwartych środowisk; żyją również na dnie oceanów i w głębi skał litosfery. Są niezależne od promieniowania słonecznego i od innych grup organizmów. Jeżeli meteoryt z Marsa zawiera rzeczywiście ślady bakterii, to właśnie z tej grupy. Typowymi przedstawicielami są **bezbabarne bakterie siarkowe**, które jako donora elektronów wykorzystują HS^- , utleniając go do siarczynu. Podobny metabolizm mają niektóre Archea, np. termofilny *Sulfolobus* z gorących źródeł siarkowych. Pospolite **bakterie nityfikacyjne** w obecności tlenu utleniają amoniak oraz azotyny do azotanów. **Bakterie żelaziste** utleniają żelazo Fe^{2+} do Fe^{3+} . Np. *Thiobacillus ferrooxidans*, który używa żelaza albo siarki jako donora elektronów, jest bardzo pospolity na wysypiskach i w ściekach. Wreszcie **bakterie wodorowe** jako donora elektronów wykorzystują H_2 . Jako ostateczny akceptor elektronów mogą wykorzystywać tlen lub azotan. **Metanotrofy** zużywają metan (produkowany przez metanogeny lub pochodzenia mineralnego) jako donora elektronów i jako jedyne źródło węgla. Wszystkie są tlenowcami i występują pospolicie na lądach i wodach. Niektóre żyją jako symbionty zwierząt (małży) przy ciepłicach głębinowych.

Fotoautotrofy jako źródło energii wykorzystują promieniowanie słoneczne. Są dwa typy fotosyntezy: tlenorodna, jak u roślin i sinic, oraz beztlenowa fotosynteza bakterii zielonych i purpurowych. W fotosyntezie tlenorodnej donorem elektronów jest cząsteczka wody, rozłożona przy wykorzystaniu energii świetlnej. Bakterie korzystające z fotosyntezy beztlenowej jako donora elektronów używają zredukowanych związków siarki, wodoru, rzadziej związków organicznych lub zredukowanego żelaza (Fe^{2+}).

Utleńianie substratu organicznego, uwalniające energię, zdolną do wykonania pracy, nazywamy **oddychaniem**. Dziś w biosferze dominują organizmy używające najbardziej wydajnego akceptora elektronów — tlenu (O_2). Jest też wiele odmian oddychania beztlenowego, z których, po oddychaniu tlenowym, najpospolitsza jest **denityfikacja**. Bakterie z tej grupy wykorzystują wysoki potencjał utleniający azotanów i azotynów. Dla innych bakterii ostatecznym akceptorem elektronów jest SO_4^{2-} (**desulfuryzacja**). Jako donora używają związków organicznych i wodoru. Są szeroko rozpowszechnione w beztlenowych środowiskach, gdzie powodują charakterystyczne czernienie osadów (wytrącają siarczki metali). Niektóre gatunki są termofilne. Funkcjonalnie do tej grupy zaliczają się skrajnie termofilne Archea (optymalna temperatura $> 90^\circ\text{C}$), np. *Archaeoglobus*.

Dwie grupy drobnoustrojów jako akceptor elektronów potrafią wykorzystać CO_2 . **Metanogeny** (Archea) używają CO_2 jako ostatecznego akceptora elektronów dla wodoru. Metanogeneza jest ogromnie rozpowszechniona w beztlenowych środowiskach: na bagnach, w osadach dennych, w przewodach pokarmowych przeżuwaczy i termitów. Niektóre metanogeny są skrajnie termofilne, np. *Methanopyrus*, który żyje w głębinowych źródłach temp. $85-110^\circ\text{C}$. **Bakterie octanorodne** są beztlenowymi chemolitoautotrofami, które produkują kwas octowy jako jedyne produkt utleniania dwutlenkiem węgla różnych substratów (wodoru lub zw. organicznych). Tu zaliczają się niektóre bakterie głębokiej litosfery. Dużą rolę geochemiczną odgrywają bakterie, które w celu utlenienia substratu redukują żelazo Fe^{3+} do Fe^{2+} lub mangan Mn^{4+} do Mn^{2+} .

W środowiskach, gdzie brakuje nieorganicznych akceptorów elektronów, wiele mikroorganizmów ucieka się do **fermentacji**. Jest to wewnętrznie zrównoważona reakcja redoks, w trakcie której jedne produkty akceptują, a inne oddają elektrony, z uwolnieniem energii. Innymi słowy, substrat organiczny utlenia się częściowo, bez udziału osobnego akceptora elektronów. Istnieje ogromna różnorodność fermentacji. Substratami mogą być cukry, kwasy tłuszczowe, związki cykliczne, a nawet aminokwasy. Produktami fermentacji są kwasy tłuszczowe, alkohole, dwutlenek węgla, wodór lub metan, jak np. w fermentacji octanu: $\text{CH}_3\text{COOH} \rightarrow \text{CH}_4 + \text{CO}_2$.

ŻYCIE NA MARSIE A POWSTANIE ŻYCIA NA ZIEMI

Mars tradycyjnie był brany pod uwagę — i to nie tylko przez autorów „science fiction” — jako miejsce, gdzie jakieś formy życia byłyby możliwe. Jednak im lepiej poznawano warunki na tej planecie, tym mniej prawdopodobna wydawała się ta hipoteza. Wprawdzie Marsa otacza śladowa atmosfera, obecne są niewielkie ilości wody, ale na powierzchni planety panują bardzo niskie temperatury i brak choćby rudymetów „efektu Lovelocka”.

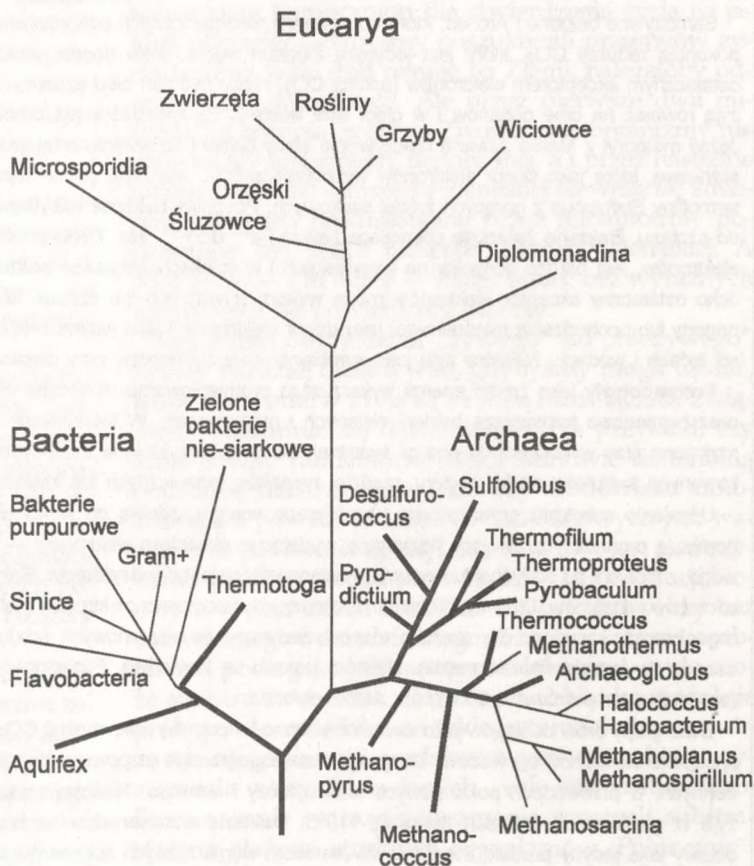
Tradycyjne teorie biogenezy (ziemskiej), wywodzące się jeszcze od Oparina i Haldane'a, rozwijane następnie przez Ureya, Millera, Foxa i in., jako środowisko powstania życia brały pod uwagę pokrytą wodami proceanu powierzchnię Ziemi. Tylko tam docierała energia Słońca potrzebna do przeprowadzenia endoenergetycznej syntezy wielkocząsteczkowych związków organicznych, tam — w atmosferze — miały się znajdować odpowiednie substraty (metan, amoniak), a obecność wody pozwalała zarówno na wykorzystywanie energii promieniowania słonecznego, jak na ucieczkę przed jego niszczącą mocą. Przeniesienie takiego scenariusza do warunków marsjańskich wydaje się zupełnie nierealne. Chyba że potwierdzą się przypuszczenia, że przed milionami lat Mars miał gęstą atmosferę, a jego powierzchnię pokrywały oceany.

Lepsze poznanie prehistorii Ziemi i tak poddało ten scenariusz w wątpliwość, przede wszystkim dlatego, że założenie o redukującym składzie pra-atmosfery nie daje się utrzymać. Jeżeli — jak dziś sądzimy — w prebiotycznej atmosferze przeważały gazy chemicznie obojętne: dwutlenek węgla, para wodna i azot, to nie sposób sobie wyobrazić, jak mogło dojść do syntezy wielkocząsteczkowych związków organicznych. Napisano więc odmienny scenariusz, przenosząc akcję w głębinę oceanu. Gazowe substraty zastąpiono cząstkami rozpuszczonymi w wodzie morskiej; energię promieniowania słonecznego zastąpiono katalizą na powierzchni kryształów minerałów ilastych. Rozważania teoretyczne, potwierdzone eksperymentami laboratoryjnymi (Degens, Cairns-Smith), przemawiały za uznaniem tego scenariusza za realistyczny. Rzeczywiście, mogły w ten sposób powstać makrocząsteczki polimerów, stanowiących podstawowe składniki żywych organizmów. Ale i tego scenariusza nie da się przenieść na Marsa, ani w inne miejsce, gdzie nie ma głębokich mórz, wypełnionych roztworem wielu jonów, z drobnokrystaliczną zawiesiną i osadem minerałów ilastych na dnie.

W latach 90. zaczęto kwestionować dawniejsze poglądy, proponując w zamian scenariusze, które z powodzeniem mogłyby się rozgrywać w wielu miejscach poza powierzchnią Ziemi. Zwrócono uwagę na środowiska dotąd pomijane: źródła hydrotermalne, mikroskopijne szczeliny w skałach skorupy ziemskiej, jedne i drugie kilka kilometrów pod powierzchnią, w ogóle bez kontaktu z energią słoneczną (czy jakąkolwiek inną energią dostępną na powierzchni globu). Na tych głębokościach mniejszy — lub żaden — wpływ mogły wywierać zderzenia z dużymi asteroidami i kometami, które względnie często przytrafiały się w okresie powstawania życia na Ziemi (około 4 mld lat temu). Obliczono, że takie katastrofy mogły być doprowadzać do wielokrotnego wysterylizowania powierzchni globu (np. przez wygotowanie większości wód oceanów, za czym szedłby wzrost ciśnienia do 270 atmosfer i wzrost temperatury nawet do 1500 K). Hipoteza o powstawaniu życia poza zasięgiem katastrof, w głębi litosfery lub na dnie oceanu, daje temu procesowi więcej czasu.

Źródła hydrotermalne musiały działać — i to może bardziej powszechnie — przed miliardami lat. Badania genetyczne współczesnych mikroorganizmów (Woese) pokazują, że do najstarszych form życia w ogóle zaliczyć trzeba skrajnie termofilne i metabolicznie dziwaczne (chemoautotroficzne) Archaea, dawniej zwane archebakteriami. Można więc dopuścić hipotezę, że życie powstało w warunkach stosunkowo wysokich temperatur i w obecności agresywnych związków siarki i azotu. A takie warunki można sobie wyobrazić w wielu miejscach: na Ziemi, zanim powstało życie, na Marsie, na niektórych księżycach Jowisza, zapewne na niektórych planetach krążących wokół innych słońc.

Pomysł, że życie powstało poza Ziemią, pojawiał się wielokrotnie w historii nauki, począwszy od hipotezy panspermii Arrheniusa, poprzez spekulacje na temat możliwości powstania życia w przestrzeni międzygwiazdnej, proponowanej przez astrofizyka Freda Hoyle'a, aż do hipotezy „panspermii kierowanej” (przeszczepiania życia z planety na planetę przez jakieś wyższe istoty), którą trudno brać poważnie, mimo że autorem jest sam Francis Crick, odkrywca struktury DNA. Nowe dane nie stanowią dowodu, że życie mogło powstać poza Ziemią, ale czynią taką hipotezę bardziej dopuszczalną.



„Drzewo życia”, zbudowane na podstawie podobieństw rybosomowego RNA, ilustruje związki filogenetyczne pomiędzy bakteriami, Archaea i Eucarya. Pogrubione gałęzie odnoszą się do mikroorganizmów termofilnych. Zwróć uwagę na nazwy Archaea, sugerujące ich osobliwość metaboliczną.

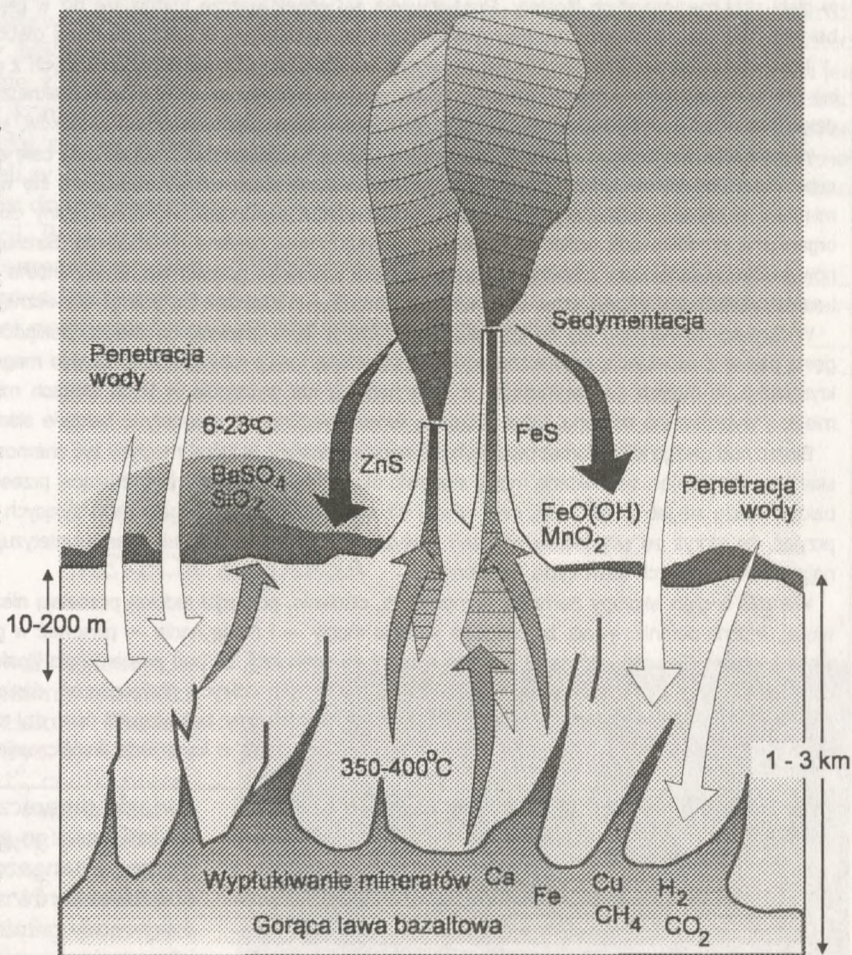
EKOSYSTEMY ŹRÓDEŁ HYDROTHERMALNYCH

W roku 1977 odkryto ekosystemy ciepłych głębinowych (źródeł hydrotermalnych), w których rolę producentów pełnią wyłącznie bakterie chemosyntetyzujące. Wiadomo dziś, że ekosystemy takie są szeroko rozpowszechnione w strefach podwodnych grzbietów oceanicznych, gdzie rozstępuje się dno morskie i przy olbrzymich ciśnieniach dochodzi do kontaktu magmy i wody morskiej. Powstaje przy tym cała gama różnych związków chemicznych, wydobywających się ze szczelin w dnie, w formie gorących roztworów, gazów i zawiesin; w mieszaninie tej powstaje gradient potencjału redoks, co umożliwia przebieg reakcji endoergicznych - takich jak redukcja dwutlenku węgla do związków organicznych. Sytuację tę wykorzystują liczne gatunki bakterii chemoautotroficznych.

Rolę donorów elektronów pełnią zredukowane związki siarki (HS^- , S^0 , $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$), wodor (H_2) oraz metan (CH_4), amoniak (NH_4^+), żelazo (Fe^{2+}) i mangan (Mn^{2+}); ostatecznym akceptorem elektronów jest tlen znajdujący się w wodzie morskiej. Pomiedzy światem fotosyntezy a podwodnym światem chemosyntezy istnieje więc powiązanie: tlen w wodzie morskiej może być tylko produktem fotosyntezy roślin. Ostatecznym akceptorem elektronów mogą być jednak również obecne w wodzie morskiej utlenione aniony (SO_4^{2-} , NO_3^-).

Liczne bakterie żyją w gorącej wodzie, niektóre Archea są w stanie przeżyć temperatury powyżej 100°C , ale są również wyższe organizmy (robaki), u których przy źródłach hydrotermalnych rejestrowano temperatury w granicach $80-90^\circ\text{C}$, a nawet 105°C . Organizmy wyższe żywią się bakteriami chemoautotroficznymi lub żyją z nimi w bliskiej symbiozie.

Odkrycie ekosystemów ciepłych głębinowych ukazało zjawisko życia na Ziemi w nowej perspektywie; wskazało na możliwość biogenezy w innych warunkach niż dotychczas brane pod uwagę (źródła hydrotermalne musiały także działać — i to może bardziej powszechnie — przed miliardami lat). Mimo iż organizmy żyjące dziś w tych zbiorowiskach należą do tych samych tasksonów, które znane są z innych środowisk (z pewnością nie są wynikiem osobnej ewolucji, ani świadkami początków życia na Ziemi), istnienie ekosystemów źródeł hydrotermalnych dowodzi, że możliwe jest życie bez zasilania energią promieniowania słonecznego.



Schemat ciepłej głębinowej

warunki sprzyjające istnieniu życia, musimy bliżej określić, na czym polega owa niezbędna do życia „przemiana materii i energii”.

Co to jest metabolizm?

Związki zawierające węgiel, azot i siarkę, z których zbudowane są organizmy, odznaczają się niższym stopniem utlenienia niż substraty, z których powstały. Na przykład cząsteczka glukozy jest mniej utleniona (bardziej zredukowana) niż cząsteczka dwutlenku węgla; grupa aminowa w białkach ($-\text{NH}_2$) jest bardziej zredukowana niż azot atmosferyczny, a grupa sulfhydrylowa aminokwasów ($-\text{SH}$) jest bardziej zredukowana niż jon siarczanowy w roztworze gleby. Komórka cyjanobakterii (sinicy), dokonująca syntezy związków organicznych z mineralnych substratów, musi dokonać redukcji dwutlenku węgla, azotu i siarczana. Jest to pro-

ces wymagający nakładu energii. Energii może dostarczyć proces odwrotny: utlenienie związków zredukowanych, na przykład spalanie cząsteczki glukozy w tlenie. Upraszczając, można powiedzieć, że podstawowe reakcje metaboliczne żywych organizmów są procesami redoks, polegają na utlenianiu i redukcji, to znaczy — na przepływie elektronów. Cząsteczka, która ulega redukcji, pobiera elektrony od innych cząsteczek, które tym samym ulegają utlenieniu. Warunkiem podtrzymania życia jest więc obecność odpowiednich substratów: źródeł pierwiastków, z których zbudowana jest żywa materia (przede wszystkim C, H, O, N, S i P), oraz reduktora — donora elektronów. Bez nich zbudowanie molekuł organicznych z mineralnych substratów jest niemożliwe. Do przeprowadzenia tej reakcji niezbędne jest również źródło energii, którym może być inna reakcja redoks, a więc inna para substratów: donora i akceptora elektronów (reduktora i utleniacza).

EKOSYSTEMY GŁĘBOKIEJ LITOSFERY

Energia zasilająca ekosystemy źródeł hydrotermalnych pochodzi z zapasów związków chemicznych nagromadzonych w czasie tworzenia się naszej planety. Zapasy te nieprędko ulegną wyczerpaniu, zwłaszcza że ciągle trwający w głębi Ziemi rozpad radioaktywny nadal dostarcza energii; to, co ogranicza możliwość wykorzystania energii chemicznej przez organizmy żywe, to konieczność zgromadzenia w jednym miejscu związków chemicznych o różnym potencjale redoks, aby możliwy był przepływ elektronów. Warunki takie istnieją nie tylko przy ciepłicach głębinowych. Wpływ gorących roztworów i gazów obserwuje się również na lądzie, w rejonach głównych uskoków. Znajduje się tam również związki organiczne, np. węglowodory, a także metan. Należałoby się więc spodziewać śladów życia w głębi skał macierzystych litosfery. Poszukiwania są jednak jeszcze trudniejsze niż w głębi oceanu. Możliwe do wykorzystania przez bakterie warunki ograniczają się do niewielkich porów i szczelin w skałach, na dużej głębokości w litosferze.

Jednak szczątki bakterii znajduje się regularnie w próbkach materiałów pochodzących z głębokich i supergłębokich wierceń. Znajduje się tam również żywe mikroorganizmy termofilne, wytrzymujące temperatury nawet przekraczające 100°C. Mogą się utrzymać i rozmnażać dzięki przenikaniu wody z powierzchni, a z głębi Ziemi takich zredukowanych związków, jak metan, wodór i inne.

W głębokich wierceniach w stanie Washington (USA), na głębokości 1 km odkryto całe ekosystemy chemoautotroficzne (tzw. SLIME: subsurface lithoautotrophic microbial ecosystems), zasilane wodorem wydzielającym się w reakcji pomiędzy wodą a żelazistymi krzemianami w skałach bazaltowych². Wodór stanowi donor elektronów, wykorzystywany do redukcji CO₂ (produkcji biomasy). Materię organiczną produkowaną przez chemoautotrofy wykorzystują bakterie cudzożywne. Strategie metaboliczne tych bakterii nie są niczym nowym dla bakteriologów (choć odkrywa się wiele gatunków nowych dla nauki). Istotne jest to, że bakterie te stanowią autotroficzne i samowystarczalne ekosystemy, oparte na geochemii — niezależne od energii słonecznej.

W Szwecji dowieziono się na głębokości 6,7 km, w litym granicie, do dużych pokładów drobnoziarnistego magnetytu, tworzącego gęstą papkę z substancją organiczną podobną do lekkiej frakcji ropy naftowej. Zwykle magnetyt w granicie występuje w postaci dużych kryształów, w małych koncentracjach, a ropa naftowa nie występuje w litych skałach magmowych. Potem znaleziono więcej takich miejsc i wyizolowano bakterie, które redukują tlenek żelazowy do magnetytu: bakterie siarkowe i termofilne.

Biorąc pod uwagę kilkukilometrową grubość warstwy litosfery, w której mogłyby żyć chemosyntetyzujące bakterie, przeciętną porowatość skał oraz zakładając, że bakterie mogą stanowić około 1% masy wody wypełniającej przestrzeń skalną, obliczono³, że łączna biomasa bakterii może sięgać 2×10^{14} ton, czyli więcej niż całkowita biomasa organizmów żyjących obecnie na powierzchni globu. Jeżeli nawet przyjąć, że któryś ze składników obliczeń zawyżono 100-krotnie, to i tak chemosyntetyzujące bakterie litosfery okazałyby się jedną z najpowszechniejszych form życia na Ziemi.

Warunki w głębi skorupy ziemskiej (temperatura, ciśnienie, potencjał redoks) pozostają niezmiennie przez długie okresy geologiczne. Co więcej, można domniemywać, że podobne warunki mogły — i mogą nadal — panować w głębi skorupy Marsa lub niektórych księżyców wielkich planet (Saturna i Jowisza). Daje to asumpt do spekulacji, że pod powierzchnią litosfery innych ciał niebieskich istnieją formy życia podobne do tych, które znajdujemy w głębi Ziemi. Na tle tych odkryć i przypuszczeń, doniesienie o znalezieniu śladów życia w okrucie skalnym pochodzącym z Marsa przestaje mieć charakter fantastyczny: bez względu na to czy to konkretne doniesienie zostanie potwierdzone, czy nie, hipoteza o istnieniu życia na Marsie mieści się doskonale w kontekście współczesnej wiedzy o warunkach istnienia życia.

Można sobie wyobrazić ogromną różnorodność reakcji chemicznych, które realizowałyby taki program. Obecnie w otaczającej nas biosferze dominują dwa procesy: (1) fotosynteza tlenorodna jako proces produkcji biomasy i (2) oddychanie tlenowe, czyli spalanie związków organicznych z udziałem tlenu jako akceptora elektronów, które dostarczają energii. Oba te procesy, realizowane przede wszystkim przez rośliny zielone i sinice (fotosynteza) oraz przeważającą masę pozostałych organizmów (oddychanie), zapewniają stały obieg pierwiastków w biosferze. Zasilanie zapewnia promieniowanie elektromagnetyczne Słońca. Energia ta wykorzystywana jest do rozbicia cząsteczki wody, dzięki czemu powstaje para substratów o bardzo wysokim potencjale redoks, wykorzystywanym następnie do redukcji CO₂. Taki właśnie metabolizm biosfery odpowiedzialny jest za wystąpienie „efektu Lovelocka” — utrzymywanie atmosfery ziemskiej w stanie dalekim od równowagi termodynamicznej.

Wiadomo jednak od dawna, że oprócz fotosyntezy i oddychania tlenowego organizmy na Ziemi realizują wielką różnorodność innych strategii metabolicznych, wykorzystując jako źródła węgla i innych pierwiastków donory i akceptory elektronów, przeróżne

związki organiczne i mineralne spotykane na powierzchni naszego globu: w wodzie, na lądzie i w atmosferze. Zaangażowanych może być wiele różnych substratów równocześnie, albo jeden związek chemiczny może pełnić różne role (ramka 1). Poznano wielce oryginalne strategie życiowe niektórych mikroorganizmów, specjalizujących się w metabolizmie żelaza albo na przykład, wykorzystujących gorące (90°C) źródła siarkowe. Wydawało się jednak, że owe strategie metaboliczne to tylko margines procesów życiowych w biosferze, ponieważ potrzebny do ich podtrzymania chemiczny potencjał redoks prędkiej czy później musi ulec wyczerpaniu. Tylko stałe zasilanie energią słoneczną może podtrzymać życie na planecie przez miliardy lat.

Spekulowano, że heterotrofy (korzystające z nagromadzonych na Ziemi abiotycznych związków organicznych) i chemoautotrofy — które produkowały materię organiczną z CO₂, wykorzystując potencjał redoks i energię wyzwalamą się przy reakcjach różnych minerałów — mogły mieć większe znaczenie we wczesnych etapach ewolucji życia na Ziemi, zanim fotosynteza nie zdominowała życia biosfery. Dziś — jak sądzono — heterotrofy eksploatują wyłącznie produkty fotosyntezy, a chemoautotrofy mają znikomy udział w zaopatrywaniu ekosystemów w materię organiczną.

Odkrycie ekosystemów źródeł hydrotermalnych (ramka 3) i ekosystemów głębokiej litosfery (ramka

² Stevens T.O., McKinley J.P., 1995. „Science” 270: 450-454.

³ Gold T., 1992: Proc. Natl. Acad. Sci. USA 89: 6045-6049.

4) kazało zrewidować te poglądy. Okazało się, że chemoautotrofia jest znacznie bardziej rozpowszechniona niż sądzono, a warunki życia na powierzchni Ziemi nie są jedynymi, gdzie może trwać ustawiczny proces redoks — metabolizm biosfery.

Niezbędny do podtrzymania życia potencjał redoks wymaga kontaktu dwóch substratów, na ogół skłonnych do spontanicznej reakcji. Utrzymanie tego potencjału wymaga oddzielenia substratów jakąś przegradą (tak jak to jest w żywych komórkach) lub stałego dostarczania substratów (jak w źródłach hydrotermalnych, gdzie wydobywający się z dna gorący roztwór zredukowanych związków kontaktuje się z utleniającym środowiskiem); potencjał redoks może również trwać przez długi czas, jeżeli w danych warunkach substraty nie są bardzo skore do reagowania — wymagają wcześniejszej aktywacji. Reakcję przyspieszyć może np. podwyższenie temperatury albo obecność katalizatora. Organizmy żywe korzystają z tej ostatniej możliwości. Można nawet powiedzieć, że

one same pełnią rolę katalizatorów w skali globalnej. Bakterie powodują masowe procesy geochemiczne: produkcję metanu, deponowanie złóż siarki i niektórych złóż żelaza, przyspieszają reakcje substratów, które — mimo iż pozostają w kontakcie — reagowałyby ze sobą bardzo powoli.

Okazuje się, że zespół organizmów, dla którego jedyną zasobą stanowi bazaltowa skała, woda i dwutlenek węgla, może się bujnie rozwijać i trwać przez miliony lat, chociaż nie osiąga tak spektakularnej różnorodności, jak rafy koralowe czy dżungla na Borneo. Rodzi się więc pytanie: czy wzrost różnorodności jest immanentną cechą życia? Czy też jeden „gatunek” bakterii może trwać przez miliardy lat, z wolną przegryzając się przez pokłady bazaltu jakiejś pustynnej, lodowato zimnej planety, pozbawionej mórz i atmosfery? Pewnie już niedługo się dowiemy.

Wpłynęło 8 XII 1996

Prof. January Weiner jest kierownikiem Zakładu Ekologii Ekosystemów Instytutu Biologii Środowiskowej UJ

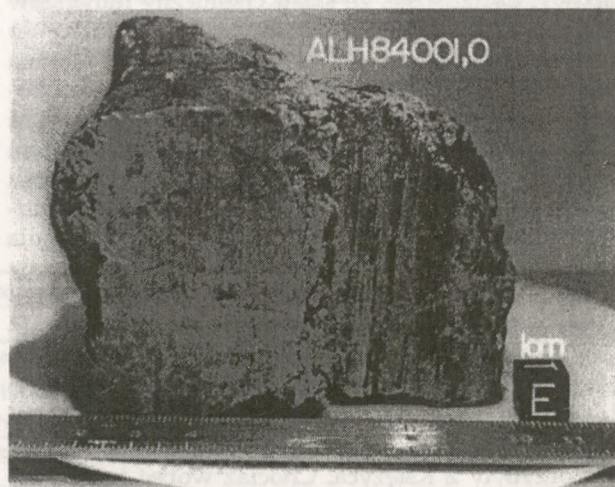
JANUARY WEINER (Kraków)

METEOR Z MARSA

Podczas systematycznych poszukiwań meteorytów na Antarktydzie w roku 1984 znaleziono niewielki, niespełna dwukilogramowy, szarozielony kamień, któremu nadano nazwę ALH84001 (ryc. 1). Wkrótce okazało się, że jest to tzw. „achondryt”, rzadki przedstawiciel klasy „SNC”, meteorytów bardzo różniących się od ponad dwudziestu tysięcy pospolitych „kamieni z nieba”, które zgromadzono w muzeach świata. Do tej pory zidentyfikowano 12 meteorów o podobnych cechach (tab. 1). Od nazw miejscowości, gdzie znaleziono pierwsze trzy, urobiono nazwę całej klasy. Liczba okazów w muzeach i prywatnych kolekcjach jest większa, gdyż niektóre meteoryty spadły jako deszcz kamieni, inne rozdrobniono po znalezieniu; w Polsce znajdują się co najmniej dwa okazy, fragmenty meteorytu Zagami — jeden w Olsztyńskim Planetarium, drugi w zbiorach prywatnych. Meteorytom tym przypisuje się marsjańskie pochodzenie.

Skąd wiadomo, które meteoryty pochodzą z Marsa?

Meteoryty znajdujące na Ziemi mają rozmaity skład mineralny i chemiczny: jedne są bryłami metalu (żelaza i niklu), inne są zlepionkami różnych składników, czasem z dużą domieszką związków węgla (także organicznych). Ogromna większość znanych meteorytów ma jedną wspólną cechę: ich wiek (mierzony na podstawie zawartości izotopów promieniotwórczych) wynosi tyle, co wiek naszego Układu Słonecznego: 4,5 – 4,6 miliarda lat. Większość z nich to odłamki skał, rozprysniętych przy zderzeniach małych planetek, krążących pomiędzy



Ryc. 1. Meteoryt ALH84001 (Fot. JSC, NASA)

orbitami Marsa i Jowisza w czasach, gdy formował się nasz układ planetarny. Meteoryty żelazne — to fragmenty jąder tych planetoid, meteoryty kamienne — to fragmenty ich skalnego płaszcza, wreszcie tzw. chondryty to zlepionki złożone z fragmentów pyłu kosmicznego i najstarszej materii, z której formował się Układ Słoneczny.

Meteoryty z grupy SNC są o wiele młodsze, ich minerały krystalizowały w czasach, gdy małe planetki dawno już wystygły. Co więcej, ułożenie kryształów świadczy o działaniu silnej grawitacji w czasie, gdy krzepła roztopiona magma. Takie warunki mogły istnieć tylko na planecie dużych rozmiarów, co najmniej

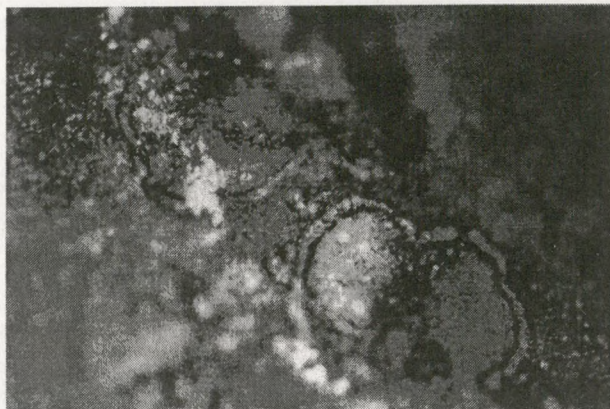
Tabela 1. Znane dotąd meteoryty z grupy SNC, o prawdopodobnie marsjańskim pochodzeniu

Nazwa	Miejsce i data znalezienia	Masa [g]	Typ
Chassigny	Chassigny, Francja (1815)	ok. 4000	szasinit
Shergotty	Shergotty, Indie (1865)	ok. 1500	szergottyt
Nakhla	Nakhla, Egipt (1911)	ok. 40000	naklit
Lafayette	USA (1931)	ok. 800	naklit
Governador Valadares	Brazylia (1958)	158	naklit
Zagami	Nigeria (1962)	ok. 18000	szergottyt
ALHA 7705	Antarktyda (1977)	482	szergottyt
Yamato 79001	Antarktyda (1979)	16	szergottyt
EETA 79001	Antarktyda (1979)	7900	szergottyt
ALH 84001	Antarktyda (1984)	1940	szergottyt
LEW 88516	Antarktyda (1988)	13	szergottyt
QUE 94201	Antarktyda (1994)	12	szergottyt

(źródło: NASA)

wielkości Księżyca. Obliczenia i symulacje komputerowe dowodzą, że istnieje fizyczna możliwość, aby zderzenie Księżyca lub Marsa z dużym meteorytem spowodowało wyrzucenie odłamków skalnych, z prędkością wystarczającą do wydostania się w przestrzeń kosmiczną. Znacznie mniej prawdopodobne byłoby wydostanie się takich odłamków z powierzchni Ziemi czy Wenus, z powodu dużej masy tych planet.

Koronnym argumentem za marsjańskim pochodzeniem meteorytów SNC jest ich skład chemiczny i izotopowy. Okazuje się, że skład chemiczny minerałów tworzących meteoryty SNC jest bardzo podobny do marsjańskiej gleby. Szkliwo (przetopiona skała) na fragmentach powierzchni meteorytu zawiera mikroskopijne pęcherzyki gazu, którego skład chemiczny i izotopowy jest wręcz identyczny ze znanym składem atmosfery Marsa. Przypuszcza się więc, że w chwili uderzenia meteoru, który wyrzucił odłamki skał marsjańskich w przestrzeń kosmiczną, ich powierzchnia uległa stopieniu, a w powstałym szkliwie zostały uwiecznione bąbelki marsjańskiego powietrza. Chemicizm gleby i atmosfery Marsa znamy dzięki analizom dokonany na miejscu przez amerykańskie lądowniki „Viking” w latach siedemdziesiątych. Warto dodać, że oprócz meteorytów marsjańskich na Ziemi znaleziono kilkanaście meteorytów, które niewątpliwie przybyły z Księżyca. Chociaż wobec tych argumentów bywają wysuwane zastrzeżenia (ramka 1), to



Ryc. 2. Globularne ziarnistości węglanowe w spękaniach meteorytu (Fot. JSC, NASA)

jednak ze wszystkich rewelacji dotyczących meteorytu ALH84001 jego marsjańskie pochodzenie budzi najmniej kontrowersji.

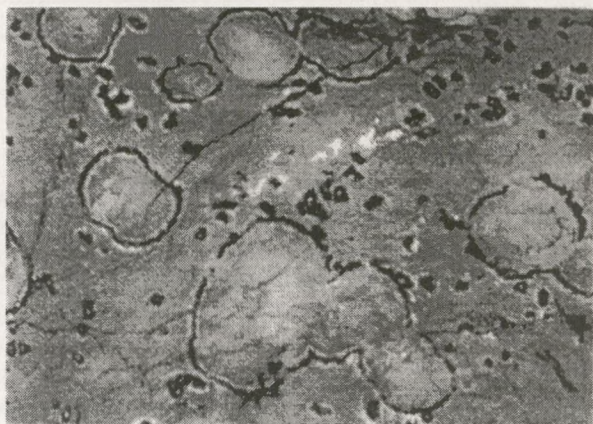
Meteoryt ALH84001 został wybity z powierzchni Marsa około 15 mln lat temu (datowanie na podstawie oceny czasu ekspozycji na promieniowanie kosmiczne), a na Ziemi wylądował przed 13 000 lat.

Dziwne struktury mineralne meteorytu ALH84001: ślady życia?

Meteoryt dostał się w ręce badaczy z Johnson Space Center (NASA, Texas, USA), z którymi współpracowali naukowcy ze znanych ośrodków uniwersyteckich (Uniwersytet Stanforda, Uniwersytet McGill z Montrealu w Kanadzie i in.). Ucnien dysponowali najnowszymi metodami badania składu chemicznego mikroskopijnych struktur mineralnych i oznaczania składu chemicznego śladowych ilości związków organicznych, z dokładnym określeniem ich lokalizacji w badanym materiale. Wyniki tych analiz doprowadziły ich do wniosku, iż natrafili na ślady życia.

Meteoryt ALH84001 jest odłamkiem dość typowej skały bazaltowej. Jego podstawowym składnikiem mineralnym jest gruboziarnisty ortopiroksen (krzemian żelazowo-magnezowy), z domieszkami maskelinitu, oliwinu, chromitu, pirytu i apatytu. Jednak w odróżnieniu od innych meteorytów SNC, ALH84001 zawiera w pęknięciach i porach ortopiroksenu liczne globulki minerałów węglanowych o średnicach od 1

Argumenty za i przeciw marsjańskiemu pochodzeniu meteorytów typu SNC	
TAK	???
Meteoryt jest okrucem skały magmowej (ortopiroksen), znacznie młodszej niż „zwykle” meteoryty.	
Segregacja sedymentujących minerałów w magmie wskazuje na działanie znacznej grawitacji w miejscu powstania ortopiroksenu (pochodzi z planety o masie nie mniejszej niż Księżyc).	
Skład chemiczny i izotopowy gazów uwieczonych w zeszlonych fragmentach meteorytu odpowiada dokładnie składowi atmosfery Marsa, zmierzonemu na miejscu przez sondy Viking.	Wymaga to założenia, że atmosfera Marsa przed 15 mln lat była identyczna jak w r. 1976.
Skład izotopowy tlenu w meteorycie odpowiada atmosferze Marsa, wyklucza zaś pochodzenie Ziemskie.	Meteoryt mógłby być pochodzenia ziemskiego (wybity poza Ziemię przez dawne zderzenie kosmiczne).



Ryc. 3. Obraz z wstecznie rozpraszającego mikroskopu elektronowego (BSE), ukazujący przełam fragmentu meteorytu. Zielony ortopiroksen; ziarnistości węglanu magnezu pomarańczowo-rude; czarna warstewka magnezytu, biała warstewka minerałów żelaza (barwy sztuczne). (Fot. JSC, NASA)

do 250 μm , które — jak się szacuje — wykryły ok. 3,6 mld lat temu (ryc. 2). Niektóre są powyginane na skutek szoku, który musiał się wydarzyć jeszcze na Marsie, albo w przestrzeni kosmicznej, więc ich ziemskie pochodzenie można wykluczyć. Wyniki badań metodami petrograficznymi sugerują, że globulki te tworzyły się w temperaturze około 700°C, ale proporcje izotopów tlenu raczej wskazują na temperaturę poniżej 80°C.

Domniemane ślady działalności żywych organizmów to: obecność dużej ilości węglowodorów aromatycznych, proporcje izotopów węgla w węglanach, specyficzne uwarstwienie utlenionych i zredukowanych związków żelaza oraz mikroskopijne struktury podobne do skamieniałych bakterii.

Proporcje izotopów stabilnych węgla są inne niż w pozostałych zbadanych meteorytach SNC i w zwy-

kłych meteorytach wietrzejących na Ziemi. Węgłany są wyraźnie wzbogacone w izotop ^{13}C . Na Ziemi zjawisko takie przypisuje się zwykle działalności organizmów żywych, które selektywnie pobierają ze środowiska lżejszy węgiel ^{12}C , wzbogacając tym samym substrat mineralny w cięższe izotopy.

W tych samych miejscach, gdzie w meteorycie występują węglany, jest też stosunkowo duża zawartość wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych (PAH), takich jak fenantren, piren, chrysen, perylen, benzopiren, antracen. Bardzo mało prawdopodobne jest zanieczyszczenie meteorytu związkami organicznymi już na Ziemi, nie tylko z powodu ich charakterystycznego ułożenia w meteorycie (im głębiej, tym ich więcej), również dlatego, że na pustyni lodowej Antarktydy takich związków chemicznych nie ma (niektórzy krytycy kwestionują ten argument, twierdząc, że również Antarktyda zanieczyszczona jest węglowodarami aromatycznymi); w każdym razie nie wykryto ich w innych meteorytach znajdujących na Antarktydzie. W składzie mieszaniny węglowodorów marsjańskiego meteorytu brakuje lżejszych związków, takich jak naftalen, typowo znajdujących w zwykłych chondrytach węglistych. Nie występują również liczne izomery i homologi poszczególnych związków, co byłoby typowe dla ziemskich węglowodorów pochodzenia organicznego.

Ziarnistości węglanowe mają rdzeń z dużą zawartością wapnia i manganu, a dookoła warstewki bogate w żelazo, magnez i siarkę. Na zdjęciu z mikroskopu elektronowego (ryc. 3), wykonanym specjalną techniką (w fałszywych kolorach), widać ortopiroksen (zielony) i globule węglanowe (pomarańczowo-rude), otoczone warstewkami magnezytu (czarne) i minerałów z żelazem (białe).

Argumenty za i przeciw biologicznemu pochodzeniu minerałów w meteorycie ALH84001	
TAK	NIE
„Globule” węglanowe (1–260 μm), wykryte z wody przed 3,56 mld lat. Proporcje izotopów stabilnych tlenu sugerują temperatury w zakresie 0 do 80°C.	Alternatywna interpretacja: krystalizacja podczas impaktu przed 1,4 mld lat; metody petrograficzne wskazują na proces hydrotermalny w temperaturze 700°C.
Proporcje izotopów węgla: segregacja izotopów ^{12}C i ^{13}C taka, jaką na Ziemi powoduje działalność organizmów.	Proporcje izotopów węgla w chondrytach węglanowych typu CM2 są dość podobne.
Obecność stosunkowo dużej ilości węglowodorów wielopierścieniowych (PAH) — na Ziemi związki te są zawsze pochodzenia organicznego. Skład PAH odbiega od spotykanego w innych meteorytach (brak lżejszych — np. naftalenu).	Tak, ale tylko w procesach przekształcania martwej materii organicznej, same organizmy ich nie produkują. PAH mogą powstawać abiotycznie (inne meteoryty, np. pospolite chondryty, też zawierają PAH).
Obecność magnetytu (tlenku żelaza) w charakterystycznej postaci drobnokrystalicznej: na Ziemi w takiej formie magnetyt występuje jako produkt metabolizmu bakterii.	Magnetyt powstaje też w procesach abiotycznych. Marsjański magnetyt jest jeszcze bardziej drobnokrystaliczny niż ziemski o pochodzeniu biologicznym.
Minerały utlenione (magnetyt) i zredukowane siarczki (greigit, pyrrhotyt) występują obok częściowo rozpuszczonych węglanów (położenie wysoce nieprawdopodobne); na Ziemi takie układy występują jako produkt biologicznej reakcji redoks.	Można sobie wyobrazić powstanie takich struktur nierównocześnie, przy wielokrotnie zmieniających się warunkach redoks.
Badano próbki z głębi minerału, zachowano wszelkie środki ostrożności (badane okruszki były sterylne). Globule są odkształcone na skutek szoku (poza Ziemią). Proporcje izotopów węgla $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ inne niż w zwykłych meteorytach wietrzejących na Ziemi.	Obecność zw. organicznych i in. może być wynikiem zanieczyszczenia meteorytu na Ziemi, węglany mogły powstać skutkiem wietrzeń w atmosferze Ziemi.

Argumenty za i przeciw biologicznemu pochodzeniu „skamieniałości” z meteorytu ALH84001	
TAK	NIE
Są podobne do utworów znajdujących na Ziemi w skałach sprzed 3,5 mld lat, powszechnie uznawanych za skamieniałe bakterie.	Podobne struktury mogą powstawać w niektórych minerałach abiotycznie; nie wszyscy paleontolodzy tak samo interpretują te znaleziska; mikrofosylia ziemskie są zawsze w skałach osadowych (tu: w skale magmowej); w fosyliach ziemskich daje się zauważyć elementy struktury komórkowej — tu niewidoczne.
Niektóre obecnie żyjące mikroorganizmy na Ziemi (np. gram-ujemna bakteria <i>Coxiella</i> , 0,2 - 0,4 μm) są tylko 5 $\times$ większe (a więc są tego samego rzędu wielkości). Nie wiadomo, jaki może być najmniejszy organizm.	„Skamieniałości” marsjańskie (0,02 – 0,1 μm długości) są 100 razy mniejsze niż podobne ziemskie fosylia (i większość znanych bakterii). Odpowiadałoby to organizmowi złożonemu z mniej niż 10^7 atomów.

W miejscach częściowego rozpuszczenia węglanów warstwa żelazista składa się głównie z drobnoziarnistego magnetytu (10-100 nm) z domieszką pyrrhotytu, na przemian z fazami siarczku żelaza. Morfologia kryształów tego ostatniego związku do złudzenia przypomina ziemski greigit pochodzenia biogenicznego.

Magnetyt może powstawać abiotycznie poprzez częściowe utlenienie roztworów związków żelaza w temperaturze pokojowej i przy obojętnym pH. Równoczesne strącanie magnetytu i pyrrhotytu wymagałoby jednak warunków silnie redukujących i wysokiego (zasadowego) pH. Z drugiej strony rozpuszczanie węglanów wymagałoby niskiego (kwaśnego) pH. Można sobie wyobrazić, że siarczki żelaza, magnetyt i węglany, wszystkie na raz powstały w środowisku zasadowym, ale w pewnym momencie kwasowość wzrosła, powodując częściowe rozpuszczenie węglanów. Wtedy jednak warstewki siarczków i magnetytu powinny wykazywać choćby ślady erozji lub rozpuszczania, czego nie dostrzeżono.

Obecność tych siarczków żelaza i magnetytów wraz z częściowym rozpuszczeniem węglanów można natomiast wytłumaczyć procesami biologicznymi. Znać jest równoczesne wytrącanie magnetytu i siarczków przez bakterie: do wnętrza komórki lub na zewnątrz. W dodatku te meteorytowe kryształki magnetytu są bardzo podobne do znajdujących na Ziemi i zawsze interpretowanych jako biogeniczne (tzw. „magnetofosylia”). Zdaniem autorów, argumenty za biologicznym pochodzeniem struktur chemicznych znalezionych w marsjańskim meteorycie przeważają, chociaż nie wszyscy się z tym zgadzają (ramka 2).



Ryc. 4. Zdjęcia z mikroskopu skaningowego, przedstawiające struktury podobne do mikroskamieniałości bakterii. (Fot. JSC, NASA)

Skamieniałości z Marsa?

W wielu miejscach na przełomach globul znajdowano utwory o regularnych, podługowatych kształtach, długości 20 — 100 nm (ryc. 4), podobne do tych, jakie interpretuje się w wapiennych i trawertynowych osadach ziemskich jako „nanobakterie”. Wykluczono, że struktury te są artefaktem związanym z techniką mikroskopową. Jednak zwykle fosylne bakterie są o dwa rzędy wielkości większe. Nie spostrzeżono też żadnych struktur wewnętrznych (błony komórkowej, wzorców rozmieszczenia pierwiastków, np. żelaza) — które rozpoznaje się we wczesno-prekambryjnych znaleziskach pierwszych bakterii sprzed 3,8 mld lat. Obecność „skamieniałych bakterii” — chociaż najbardziej przemawia do wyobraźni szerokiej publiczności, — jest najsłabszym ogniwem całej hipotezy o istnieniu śladów życia w meteorycie (ramka 3).

Wcześniejsze potwierdzenie?

Siedem lat przed opublikowaniem doniesienia na temat meteorytu ALH84001 grupa badaczy brytyjskich ogłosiła wyniki analiz innego marsjańskiego meteorytu (EETA 79001; Nature 340, 220; 1989), znacznie młodszego od ALH84001, ale należącego do tej samej klasy (tab. 1). Przypomniano teraz tę publikację, gdyż w wielu aspektach wyniki są bardzo podobne. Badacze brytyjscy znaleźli prawie identyczną mieszaninę węglowodorów aromatycznych, a nawet ślady aminokwasów, jednak uznali je wówczas za skutek zanieczyszczenia materiałami ziemskimi. Już po opublikowaniu badań amerykańskich, zespół brytyjski powrócił do swoich materiałów i po ponownych analizach na pospiesznie zwołanej konferencji ogłoszono, że węglany mogły powstać z metanu pochodzenia biologicznego (Nature 384, 9; 1996). Tym samym poparto interpretację Amerykanów. Ta sama grupa badaczy brytyjskich już w r. 1994 opublikowała doniesienie o wysokiej zawartości związków organicznych i niezwyklej proporcji izotopów węgla w opisanym później przez Amerykanów meteorycie ALH84001.

Wpłynęło 8 XII 1996

Źródła informacji w Internecie:

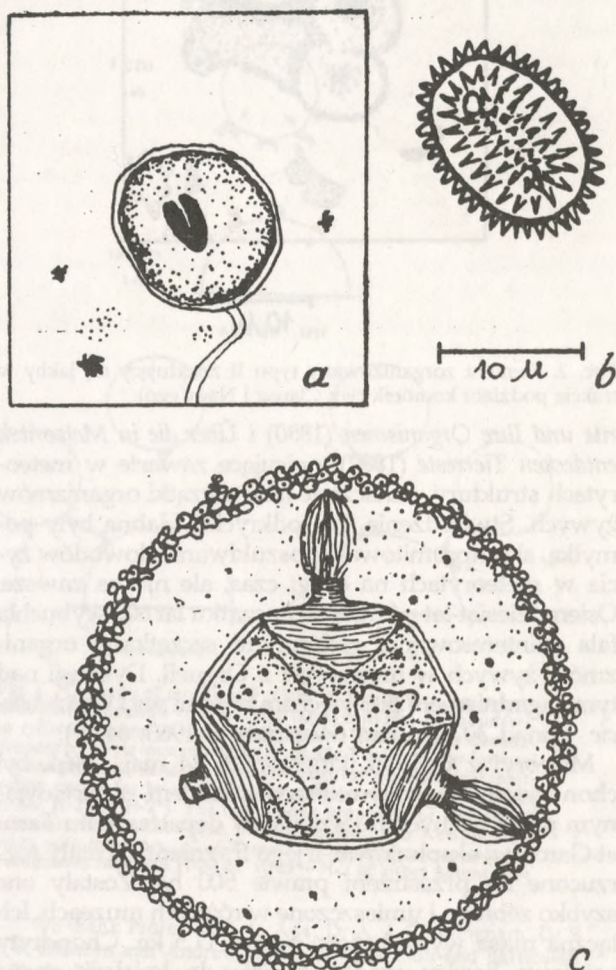
Earth Science and Solar System Exploration Division of Johnson Space Center: <http://www-sn.jsc.nasa.gov>
Jet Propulsion Laboratory, NASA: <http://www.jpl.nasa.gov>

ZAPOMNIANY SPÓR O ISTNIENIE ŻYCIA W KOSMOSIE

Od czasów hipotezy panspermii niektórzy biolodzy brali poważnie pod uwagę możliwość, że życie w takiej formie, w jakiej występuje na powierzchni Ziemi, nie jest wytworem lokalnym. Odpowiedź na pytanie „Czy życie powstawało poza Ziemią?” ma poważne konsekwencje światopoglądowe i bywało podnoszone często przez tych, którzy z różnych nieokreślonych powodów odrzucali ideę wyjątkowości naszej planety we wszechświecie. Podnoszono, że konieczne dla życia występującego w formie zbliżonej do tej, którą znamy, elementy: źródło energii oraz temperatura, w której woda może występować w stanie płynnym, zaistnieć mogą w każdym większym ciele niebieskim przez pewien czas jego ewolucji, chociażby w postaci strefy wewnątrz tego ciała.

Abstrahując od dyskusji nad istnieniem i naturą niezidentyfikowanych obiektów latających i możliwości „bliskich spotkań trzeciego stopnia”, a także teoretycznej, a nie potwierdzonej możliwości odebrania sygnałów radiowych, poszukiwanie życia, bądź w formie wysokich cywilizacji, bądź prymitywnych drobnoustrojów, wiążano z naszym układem słonecznym. Hipotezy o cywilizacjach na Księżycu, stanowiące kanwę wielu wczesnych powieści fantastyczno-naukowych, że wspomnę o *Trylogii* Żuławskiego, zostały szybko porzucone, a ostateczny cios zadały im misje załogowe *Apollo*. Co pewien czas wydawało się, że dowody pośrednie istnienia form życia w kosmosie mogą dostarczyć badania powierzchni Marsa. Sugerowano bowiem, że wiele zjawisk na powierzchni naszego sąsiada najłatwiej byłoby wytłumaczyć działaniem istot rozumnych. Dało to pole licznym czystym fantazjom, z których najbardziej znana jest oczywiście *Wojna światów* Wellsa, ale także i próbom mającym przynajmniej pozory naukowe. Najpoważniejsze z tych zjawisk to, oczywiście kwestionowane, kanały na Marsie, odkryte przez Schiaparelliego i opisane przez innych astronomów w XIX wieku, między innymi przez Percivala Lowella, astronoma, który później przewidział istnienie Plutona (patrz „Wszechświat przed 100 laty”, grudzień 1996). Istnienia tych kanałów nie potwierdziły fotografie ani późniejsze sondy kosmiczne. Obserwowano też na powierzchni Marsa rozbłyski — plamki świetlne trwające około pięciu minut, których pochodzenia nie udało się przekonywająco wyjaśnić. Wreszcie charakterystyczne cechy księżyców Marsa, Deimosa i Phobosa: ich małe wymiary, niemal dokładnie kolisty tor biegnący w płaszczyźnie marsjańskiego równika, niewielka odległość od powierzchni planety, a także fakt, że ruch jednego z nich może sugerować, że jest on pułty w środku, nasuwała przypuszczenie, że są to twory sztuczne. Przelatujące jednak koło nich sondy kosmiczne nie wykryły nic, co mogłoby to potwierdzić.

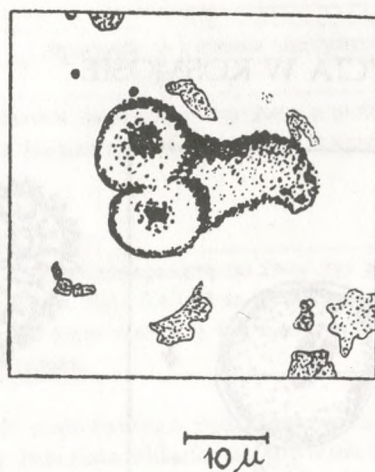
W połowie lat 60. metodami spektrofotometrycznymi wykryto rzekomo na powierzchni naszego sąsiada związki organiczne, mające świadczyć o istnieniu dość zaawansowanych form życia, zbliżonych do ziemskich. Misje *Vikingów*, które lądowały na Marsie



Ryc. 1. a) Element zorganizowany typu II z meteorytu z Orgueil. Widoczna jest podwójna ściana oraz wypustka — niewidoczne natomiast są kolce. b) Element zorganizowany typu II. Rysunek wykonany na podstawie dwóch fotografii tego samego elementu, przy różnym zogniskowaniu mikroskopu. Element zorganizowany pokryty jest kolcami i posiada otwór umieszczony pod górnym biegunem. c) Element zorganizowany typu V z meteorytu z Orgueil. Wykazuje symetrię heksagonalną. Wewnątrz ciała znajdują się jakby trzy wodniczki. Na trzech grubszych płaszczyznach umieszczone są krótkie wypustki, z których wydobywa się nieco materii. Cały element otoczony jest jakby „halo” (wg Nagyego i wsp. rys. M. Vetulani)

i przekazywały dane na Ziemię, nie wykazały jednak żadnych śladów życia na czerwonej planecie.

O ile badania przez misje załogowe Marsa i innych obiektów układu Słonecznego, z wyjątkiem Księżyca, są wciąż poza zasięgiem możliwości, szansę na takie badania bezpośrednie stwarzają „naturalne statki kosmiczne”: obiekty, stanowiące fragmenty innych ciał niebieskich, docierające na Ziemię w postaci meteorytów. Stąd meteoryty były badane pod kątem występowania w nich substancji pochodzenia organicznego od dawna, i węglowodory wykryli w nich najwybitniejsi chemicy zeszłego stulecia, Berzelius (w r. 1834) i Wöhler (1858). Dalej zaczęto badać meteoryty pod kątem występowania w nich mikroskamieniałości. Badania takie zapoczątkował w latach 80. XIX wieku w Niemczech Hahn. Opublikował on dwie prace: *Die Meteoro-*



Ryc. 2. Element zorganizowany typu II znajdujący się jakby w trakcie podziału komórek (wg Clausa i Nagy'ego)

rite und Ihre Organismen (1880) i *Über die in Meteoriten entdeckten Tierreste* (1882), opisujące zawarte w meteoritach struktury, oznaczone jako szczątki organizmów żywych. Stwierdzenie, że „odkrycia” Hahna były pomyłką, skompromitowało poszukiwania dowodów życia w meteoritach na długi czas, ale nie na zawsze. Osiemdziesiąt lat później, w początku lat 60., wybuchła fala zainteresowania rzekomymi szczątkami organizmów żywych w meteorycie z Orgueil. Dyskusji nad tym zagadnieniem poświęciłem artykuł we *Wszechświecie* ponad 30 lat temu (*Wszechświat* 1963, 64:29).

Meteoryt z Orgueil, który spadł 14 maja 1864, był chondrytem węglowym. Przed spadkiem, obserwowanym przez licznych mieszkańców departamentu Tarn-et-Garonne, eksplodował, a jego fragmenty zostały rozrzucone na przestrzeni prawie 500 ha. Zostały one szybko zebrane i umieszczone w różnych muzeach. Ich łączna masa wynosi nieco ponad 11,5 kg. Chondryty węglowe bardzo rzadko trafiają do kolekcji: znane szczątki pochodzą z 19 meteorytów, a ich łączna masa wynosi ok. 30 kg. Ich rzadkość wynika stąd, że są bardzo nietrwałe, rozpadają się bowiem pod wpływem wilgoci i tylko szczątki zebrane szybko po upadku mają szansę na przetrwanie. Chondryty węglowe zawierające substancje organiczne i węglowodory we fragmentach meteorytu z Orgueil w cztery lata po jego upadku opisał Berthelot. Dopiero po prawie stu latach Nagy, Meinschein i Hennesy, ponownie analizując meteoryt z Orgueil, postawili hipotezę, że organiczne substancje w nim znalezione są biogenne: stanowią pozostałość twórców żywych. Niedługo potem Briggs zbadał

szczątki chondrytu z Mokoia (koło Wanganui, N. Zelandia), spadłego w 1908 r., i zidentyfikował w nim 4 substancje organiczne, w tym purynę lub pokrewną substancję imidazolową, która teoretycznie mogła być fragmentem pozaziemskiego odpowiednika kwasów nukleinowych.

Wreszcie Claus i Nagy przebadali mikroskopowo szczątki meteorytu w Orgueil oraz chondrytów węglowych z Ivuna (Afryka Środkowa, 1938), Migel (Rosja, 1889) i Murray (USA 1950). Przebadano więc próbki ponad 20% ówczesznie znanych chondrytów węglowych i porównano wyniki badając mikroskopowo również dwa chondryty niewęglowe. W fragmentach chondrytu z Orgueil Claus i Nagy wykryli twory przypominające skamieliny glonów morskich. Zostały one nazwane „elementami zorganizowanymi” i w niektórych przypadkach stanowiły ok. 10% materiału węglowego, występując w stężeniu 3 mln na centymetr sześcienny. Od reszty materiału odróżniały się charakterystyczną fluorescencją. W innych chondrytach węglowych tego typu „elementy zorganizowane” nie występowały.

Claus i Nagy wyodrębnili pięć różnych form elementów zorganizowanych (ryc. 1), przy czym niektóre z nich wydawały się znajdować w fazie podziału (ryc. 2).

Wyniki Nagy'ego i jego współpracowników nie zostały przyjęte przez świat naukowy. Anders, Fitch i Schwarcz wykazali, że elementy zorganizowane są zbudowane z magnetytu i troilitu, a więc związków żelaza. Sądzi, że ich istnienie można wyjaśnić bądź zakładając, że w meteoritach lub ich ciałach macierzystych powstały nieznane na ziemi formy mineralne, albo że istniały tam formy żyjące, w sposób nieznany na ziemi sfosylizowane do troilitu. Nagy i współpracownicy nie poddawali się, usiłując udowodnić, że elementy zorganizowane w płomieniu ulegają zwęgleniu. W meteorycie z Tonk (Indie, 1911) znaleźli też elementy zorganizowane przypominające typ V (ryc. 1).

W 1962 r. odbyło się sympozjum poświęcone „elementom zorganizowanym” pochodzenia meteorytowego. Większość uczestników zgodziła się, że najprawdopodobniej są to szczątki jakichś pozaziemskich form żyjących. Jednakże z czasem, mimo niewątpliwiej atrakcyjności odkrycia, sprawa poszła w zapomnienie. Czy i obecne rewelacje podzielą ten los? Nie jest wykluczone, że tak się właśnie stanie.

Wpłynęło 13 X 1996

Prof. dr Jerzy Vetulani jest kierownikiem Zakładu Biochemii Instytutu Farmakologii PAN w Krakowie, zajmującym się również popularyzacją nauki

Nobel 1996 w dziedzinie medycyny

Laureatami tegorocznej nagrody Nobla w dziedzinie medycyny są Peter C. Doherty i Rolf M. Zinkernagel. Dnia 7 października 1996, w Karolinska Institute w Sztokholmie ogłoszono, że jest to nagroda za całokształt osiągnięć naukowych tych uczonych, a w

szczególności za odkrycia dotyczące specyfiki komórkowej odporności przeciwwirusowej. W uzasadnieniu podkreślono wagę ich klasycznych badań przeprowadzonych wspólnie w latach 1973-1975 w John Curtin School of Medical Research w Narodowym

Nature, Vol. 248 April 19 1974

Restriction of *in vitro* T cell-mediated cytotoxicity in lymphocytic choriomeningitis within a syngeneic or semiallogeneic system

TABLE 1 Cytotoxic activity of spleen cells from various strains of mice injected i.c. 7 d previously with 300 LD₅₀ of WE3 LCM virus for monolayers of LCM-infected or normal C3H (H-2^b) mouse L cells.

Experiment	Mouse strain	H-2 type	% ⁵¹ Cr release Infected	% ⁵¹ Cr release Normal
1	CBA/H	k	65.1 ± 3.3	17.2 ± 0.7
	Balb/C	d	17.9 ± 0.9	17.2 ± 0.6
	C57Bl	b	22.7 ± 1.4	19.8 ± 0.9
	CBA/H × C57Bl	k/b	56.1 ± 0.5	16.7 ± 0.3
	C57Bl × Balb/C	b/d	24.8 ± 2.4	19.8 ± 0.9
	nu/+ or +/+		42.8 ± 2.0	21.9 ± 0.7
2	nu/nu		23.3 ± 0.6	20.0 ± 1.4
	CBA/H	k	85.5 ± 3.1	20.9 ± 1.2
	AKR	k	71.2 ± 1.6	18.6 ± 1.2
	DBA/2	d	24.5 ± 1.2	21.7 ± 1.7
3	CBA/H	k	77.9 ± 2.7	25.7 ± 1.3
	C3H/HeJ	k	77.8 ± 0.8	24.5 ± 1.5

* Other mice were injected with 2×10^4 LD₅₀, but levels of specific release were invariably lower due to the high dose immune paralysis^{1,20} associated with viscerotropic (WE3) LCM virus.

† % ⁵¹Cr release by normal spleen cells on infected targets ranged from: (experiment 1) 17.1 ± 0.3 to 20.0 ± 0.7 ; (experiment 2) 20.0 ± 1.4 to 25.3 ± 0.7 ; (experiment 3) 27.2 ± 2.0 .

R. M. ZINKERNAGEL
P. C. DOHERTY

Department of Microbiology,
John Curtin School of Medical Research,
Australian National University,
Canberra

Nature Vol. 251 October 11 1974

Immunological surveillance against altered self components by sensitised T lymphocytes in lymphocytic choriomeningitis

THE cytotoxic activity¹⁻³ of immune thymus-derived lymphocytes (T cells) for ⁵¹Cr-labelled fibroblasts, or macrophages infected with lymphocytic choriomeningitis (LCM) virus is restricted by the H-2 gene complex^{3,4}. Specific lysis of LCM-infected monolayer cultures occurs only when targets and overlaying, sensitised T cells share at least one set of H-2 antigenic specificities.

Operationally, this restriction may reflect one of two quite distinct mechanisms¹⁻³. First, H-2 compatibility is essential for sufficiently close association³ between lymphocyte and target cell for lysis to occur. This intimacy model implies either that the H-2 gene complex specifies a product, or products, involved in self-recognition, or that there is some mutual interaction between H-2 antigens. Such a process would be additional to recognition of viral antigen by the T cell receptor. The alternative possibility is that infection with LCM virus modifies self components in a way recognised only within a H-2 compatible system. Altered self may be thought of as changes in H-2 antigens (or in structures coded for in the H-2 region) induced by the process of virus synthesis, or as some complex of viral and H-2 antigens.

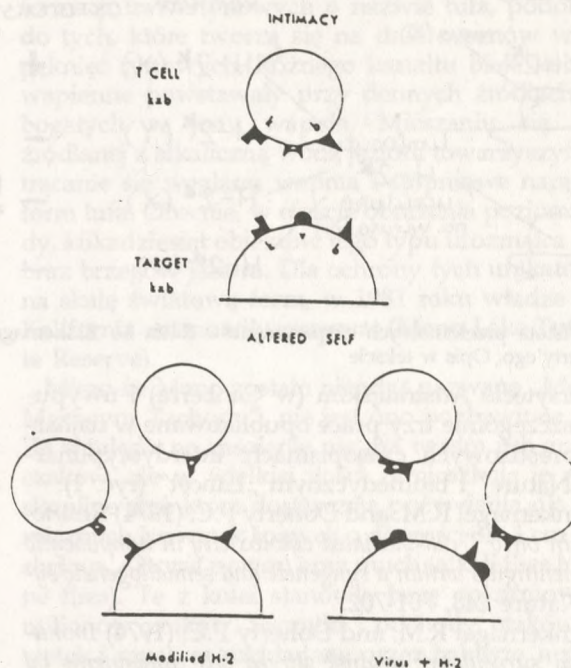


Fig. 1 Capacity of sensitised F₁ (H-2^{k/b}) T cells to interact only with histocompatible virus-infected target cells may be considered to reflect any one of the models shown. The intimacy concept: proposes a single immunologically specific T cell receptor for viral (v) antigen, additional to a requirement for physiological interaction coded for by the H-2 gene complex (mutuality between either H-2^k or H-2^b). The two models proposed for altered self postulate that, in each case, there are at least two T cell populations with receptors of different immunological specificities recognising modified H-2, or virus + H-2 of either parent type

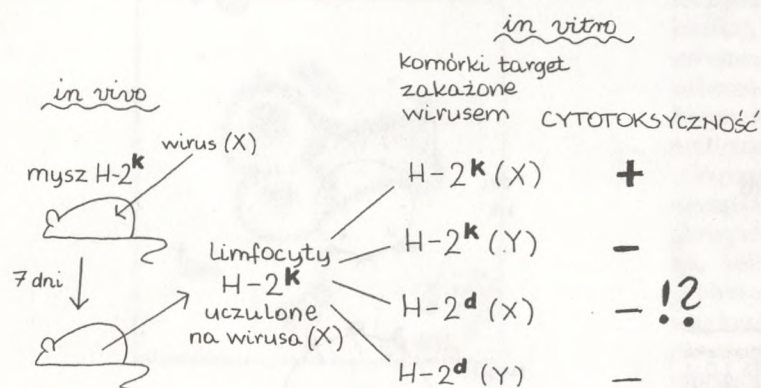
We thank Professor G. L. Ada, Dr A. J. Cunningham, Dr R. V. Blanden and Andrew Hapel for discussion and particularly Dr L. Pilarski for emphasising the possibility of a complex of virus-induced and H-2 antigen. The anti-θ serum was a gift of Dr A. J. Cunningham.

ROLF M. ZINKERNAGEL
PETER C. DOHERTY

Department of Microbiology,
The John Curtin School of Medical Research,
Canberra, A.C.T., Australia

Received June 24; revised August 19, 1974.

- 1 Zinkernagel, R. M., and Doherty, P. C., *Scand. J. Immun.* (in the press).
- 2 Doherty, P. C., Zinkernagel, R. M., and Ramshaw, I. A., *J. Immun.* 112, 1548-1552 (1974).
- 3 Zinkernagel, R. M., and Doherty, P. C., *Nature*, 248, 701-702 (1974).
- 4 Doherty, P. C., and Zinkernagel, R. M., *Transplant. Rev.*, 19, 89-120 (1974).
- 5 Gilden, D. H., Cole, G. A., Monjan, A. A., and Nathanson, N., *J. exp. Med.*, 135, 860-873 (1972).
- 6 Doherty, P. C., and Zinkernagel, R. M., *J. Immun.* (in the press).
- 7 Shearer, G. M., *Eur. J. Immun.* (in the press).



Ryc. 2. Istota przełomowych eksperymentów Rolfa M. Zinkernagela i Petera C. Doherty'ego. Opis w tekście

Uniwersytecie Australijskim (w Canberra) i uwypuklono szczególnie trzy prace opublikowane w najbardziej prestiżowych czasopismach: interdyscyplinarnym „Nature” i biomedycznym „Lancet” (ryc. 1):

1) Zinkernagel R.M. and Doherty P.C. (1974) *Restriction of in vitro T cell-mediated cytotoxicity in lymphocytic choriomeningitis within a syngeneic and semiallogeneic system*. Nature 248, 701-702.

2) Zinkernagel R.M. and Doherty P.C. (1974) *Immunological surveillance against altered self components by sensitized T lymphocytes in lymphocytic choriomeningitis*. Nature 251, 547-548.

3) Doherty P.C. and Zinkernagel R.M. (1975) *A biological role for the major histocompatibility antigens*. Lancet 28, 1406-1409.

W pracach tych R.M. Zinkernagel i P.C. Doherty dowiedli, że aby zabić komórki zakażone wirusem — limfocyty muszą rozpoznać zarówno wirusa jak i antygeny kodowane w obrębie własnego głównego rejonu zgodności tkankowej MHC. Zasada równoczesnego rozpoznania elementów własnych i obcych stała się jądrem wielu następnych prac nad zrozumieniem specyfiki odporności komórkowej. Co więcej,

zrewolucjonizowała nasze poglądy o funkcjonowaniu układu odpornościowego.

Jak wyglądał schemat historycznych już dziś doświadczonych laureatów Nobla i na czym polega sedno ich odkrycia?

Od lat do eksperymentów używa się myszy szczepów wsobnych o znanych antygenach H-2, zwanych antygenami zgodności tkankowej lub antygenami transplantacyjnymi. Ta druga nazwa wywodzi się stąd, że ich zgodność między dawcą a biorcą warunkuje przeżycie przeszczepu, a niezgodność prowadzi do odrzucenia obcej tkanki. Na przykład, przeszczepy skóry wykonane w obrębie identycznych genetycznie myszy szczepu H-2^k przyjmują się trwale, natomiast skóra dawcy H-2^k jest szybko niszczone u biorcy H-2^d. Antygeny H-2 myszy mają swoje odpowiedniki u innych kręgowców, np. u człowieka są to antygeny HLA. Ogólnie określa się je symbolem MHC.

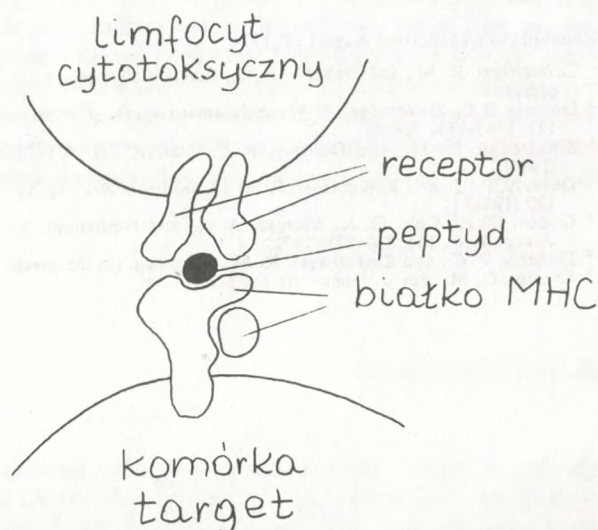
Doherty i Zinkernagel zakażali myszy szczepu H-2^k wirusem X, a po kilku dniach izolowali ich limfocyty i w hodowli *in vitro* sprawdzali ich cytotoksyczność w stosunku do rozmaitych, zdrowych i zakażonych, komórek docelowych (target). Zgodnie z oczekiwaniami, limfocyty szybko zabijały komórki zainfekowane wirusem X, lecz nie wirusem Y, co potwierdziło specyfikę reakcji przeciwwirusowej. Zdziwiająco wówczas było jednak to, że limfocyty myszy H-2^k były cytotoksyczne tylko w stosunku do zakażonych wirusem X komórek H-2^k, lecz nie w stosunku do zakażonych tym samym wirusem X komórek H-2^d!

(Brak reakcji na komórki H-2^d zainfekowane wirusem Y lub Z nie budził oczywiście zdziwienia). Udowodniono więc, że do reakcji przeciw wirusowi konieczna jest zgodność komórki wykonawczej (limfocytu cytotoksycznego) i komórki docelowej (target) zainfekowanej wirusem pod względem białek kodowanych w obrębie MHC. Zjawisko to, wielokrotnie potwierdzone w lawinie kolejnych eksperymentów, nazwano restrykcją (ograniczeniem) MHC (ryc. 2).

Obecnie wiemy dokładnie, że białka kodowane w obrębie głównych rejonów zgodności tkankowej (MHC) poszczególnych gatunków kręgowców służą właśnie do prezentowania limfocytom krótkich peptydów, stanowiących próbki białek występujących w obrębie danej komórki (ryc. 3) (artykuł na ten temat ukaże się wkrótce na łamach „Wszechświata”). Zatem sednem osiągnięć tegorocznych laureatów nagrody Nobla jest ukazanie biologicznej funkcji antygenów zgodności tkankowej, traktowanych uprzednio przez sfrustrowanych naukowców jako złośliwość przyrody w stosunku do chirurgów-transplantologów. Na początku lat siedemdziesiątych P.C. Doherty i R.M. Zinkernagel zainicjowali badania eksperymentalne i konstruowanie modeli wyjaśniających znaczenie tych białek w funkcjonowaniu układu odpornościowego.

Zrozumienie biologicznej roli białek MHC było kamieniem milowym w immunologii i otworzyło drogę do dalszych odkryć o znaczeniu zarówno poznawczym, jak i praktycznym. Przyznanie Nobla za to odkrycie jest więc w pełni uzasadnione.

Barbara Płytycz



Ryc. 3. Współczesny schemat interakcji receptora limfocytu cytotoksycznego z białkiem MHC prezentującym peptyd na powierzchni komórki docelowej

DROBIAZGI

Jezioro Mono — „Morze Martwe”
amerykańskiego Zachodu

Mono to nazwa słonego jeziora znajdującego się na skraju amerykańskiej Wielkiej Kotliny, u stóp ośnieżonych gór Sierra Nevada. Z jednej strony ostre szczyty i lodowce, a z drugiej bezkresne suche pustkowie ciągnące się na wschód aż do Gór Skalistych. Błękitna tafla jeziora z czarnymi skałami wulkanicznymi tworzącymi wyspy zajmuje dno szerokiej na 40 km Kotliny Mono, położone na wysokości ok. 1960 m n.p.m. Najbardziej rzucającą się w oczy cechą tego miejsca są kontrasty: gorące pustynie spotykają się tu z ośnieżonymi górami, popioły i sole pokrywają podłoże wypolerowane przez lodowce. Mróz i ogień współpracują w kształtowaniu krajobrazu. Kotlina i jezioro są rezultatem ruchów skorupy ziemskiej, jakie miały miejsce w ciągu ostatniego miliona lat. Towarzyszyły im erupcje wulkaniczne, których produkty występują obficie wzdłuż głównego uskoku obcinającego od wschodu granitowy masyw Sierra Nevada (ryc. 1, 2).

Jezioro zasilane jest kilkoma strumieniami spływającymi ze stoków Sierra Nevada, a także licznymi źródłami bijącymi z dna. Brak odpływu powoduje zasolenie (ok. 10%), które jest wprawdzie o połowę mniejsze niż np. w Wielkim Jeziorze Słonym, ale 3-krotnie większe niż w oceanie. Wielokrotnie większe w porównaniu z innymi akwenami jest stężenie węglanów i siarczanów. Woda jest silnie alkaliczna, posiada gorzki smak i właściwości piorące, które wypróbował niegdyś Mark Twain. Chemizm wód Mono

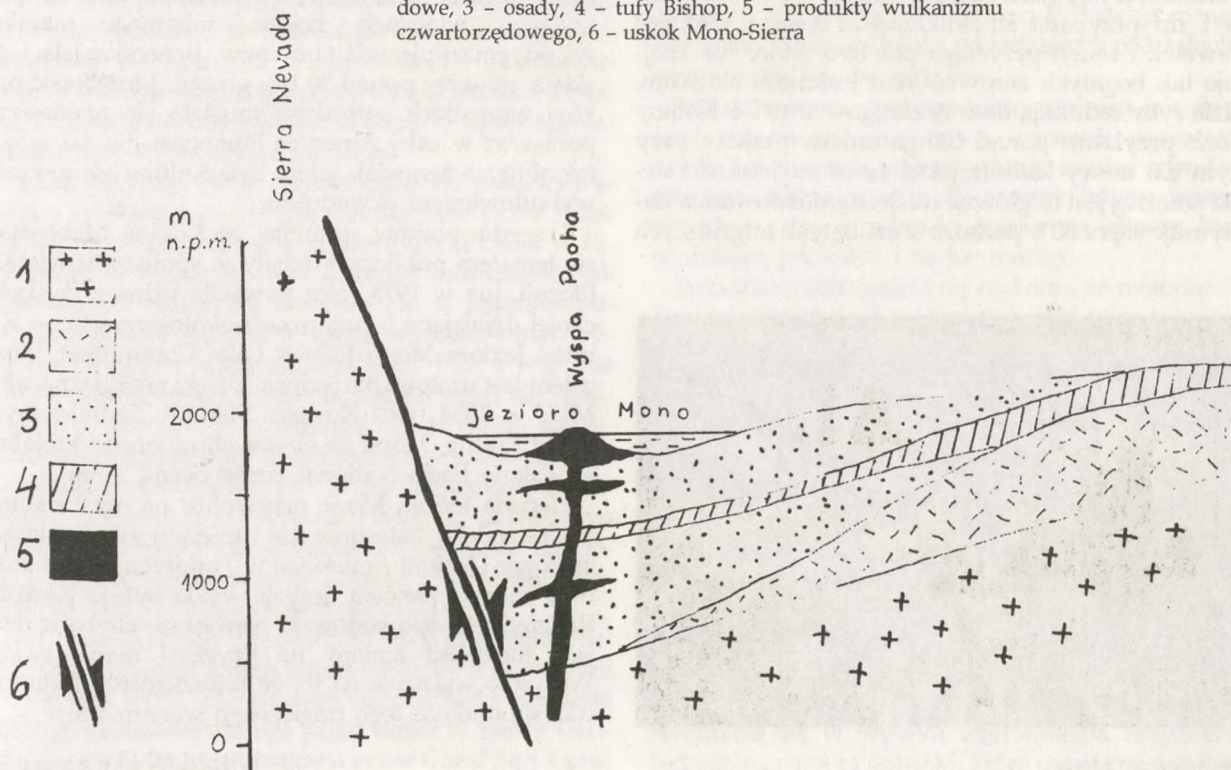
wiąże się z powstawaniem na dnie jeziora dziwnych formacji trawertynowych o nazwie tufa, podobnych do tych, które tworzą się na dnie oceanów wzdłuż pęknięć ryftowych. Różnego kształtu białe kolumny wapienne powstawały przy dennych źródłach wód bogatych w jony wapnia. Mieszaniu się wody źródlanej z alkaliczną wodą jeziora towarzyszyło wytrącanie się węglanu wapnia i stopniowe narastanie form tufa. Obecnie, w efekcie obniżenia poziomu wody, kilkadziesiąt obiektów tego typu urozmaica krajobraz brzegów jeziora. Dla ochrony tych unikatowych na skalę światową form, w 1981 roku władze stanu Kalifornia ustanowiły rezerwat (Mono Lake Tufa State Reserve).

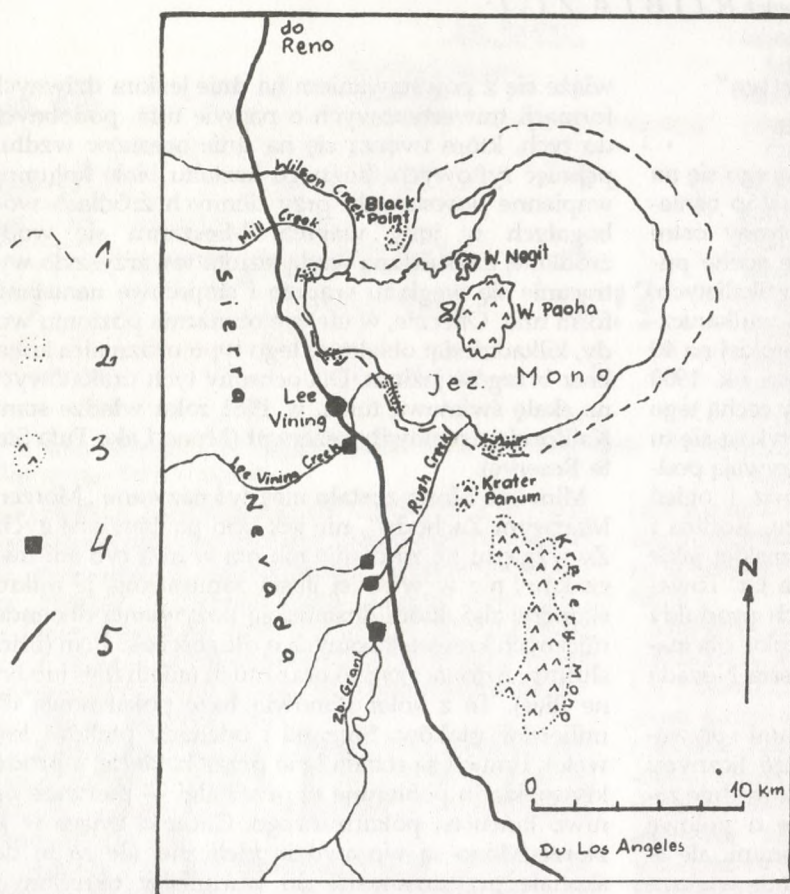
Mimo że Mono zostało niegdyś nazwane „Morzem Martwym Zachodu”, nie jest ono pozbawione życia. Ze względu na zasolenie nie ma w nim ryb ani mięczaków, ale w wielkiej ilości zamieszkują je mikroskopijne algi, które dostarczają pożywienia dla endemicznych krewetek solnych o długości ok. 1 cm (brine shrimp, *Artemia monica*) oraz much (alkali flies lub brine flies). Te z kolei stanowią bazę pokarmową dla milionów ptaków. Szczątki i odchody ptaków, krewetek i much są rozkładane przez bakterie, a produkty rozkładu pobierane są przez algi — pierwsze ogniwo łańcucha pokarmowego. Gatunki żyjące w jeziorze Mono są wprawdzie nieliczne, ale za to doskonale przystosowane do warunków określonych przez specyficzny skład chemiczny wód. Nie mogłyby one żyć w żadnym innym zbiorniku wodnym. Ponadto zadziwia wielka liczebność osobników w obrębie gatunku. W jednym metrze sześciennym wody

W

E

Ryc. 1. Schematyczny przekrój przez Kotlinę Mono: 1 – granitoidy z enklawami skał metamorficznych, 2 – wulkanity trzeciorzędowe, 3 – osady, 4 – tufy Bishop, 5 – produkty wulkanizmu czwartorzędowego, 6 – uskoku Mono-Sierra





Ryc. 2. Szkic okolic Jeziora Mono: 1 – linia brzegowa Jeziora Mono z 1941 roku (1956 m n.p.m.), 2 – główne obszary występowania formacji tufa, 3 – obszary wulkanizmu czwartorzędowego, 4 – ujęcia wody dla akweduktu Los Angeles, 5 – autostrada nr 395 (Los Angeles–Reno)

jest kilkadziesiąt tysięcy krewetek, a ich łączna ilość przekracza 4 mld. Muchy natomiast pokrywają nadbrzeżne skały i piasek ciemną smugą, w obrębie której na 1 m² przypada ich kilkanaście tysięcy. Obfitość krewetek i much przyciąga ptactwo, które nie znajduje tak bogatych żerowisk nad jeziorami słodkimi, gdzie ryby redukują ilość bezkręgowców. Do Kotliny Mono przylatują ponad 100 gatunków ptaków, przy czym dla mewy kalifornijskiej *Larus californicus* i siewki śnieżnej jest to główne miejsce gniazdowania. Zatrzymuje się tu 30% perkozów czubatych migrujących



Ryc. 3. Jezioro Mono

między Kanadą a Meksykiem, a płatkonogi Wilsona i czerwonoszyje nabierają tu sił przed wyczerpującym, jednoetapowym lotem do Ameryki Południowej. Kotlina Mono została uznana za jeden z 18 punktów sieci tworzącej Rezerwat Ptactwa Nadmorskiego Zachodniej Półkuli (Western Hemisphere Shorebird Reserve Network) – łańcuch ekosystemów niezbędnych dla przetrwania ptaków wędrownych ciągnący się od kanadyjskiej tundry po Ziemię Ognistą.

Budowa ujęć wodnych dla potrzeb aglomeracji Los Angeles na strumieniach wpływających do jeziora Mono w roku 1941 spowodowała obniżanie się poziomu wody. Zwiększenie poboru wody po wybudowaniu drugiego akweduktu w 1970 roku przyspieszyło ten proces i w 1981 roku poziom jeziora był o około 15 m niższy w porównaniu do stanu sprzed 40 lat. Objętość wody w jeziorze zmniejszyła się o prawie połowę, o tyle samo wzrosło zasolenie. Odbiło się to fatalnie na populacji alg i much, a liczebność krewetek solnych spadła aż o 85%. Zostały one wpisane na listę gatunków zagrożonych całkowitym wyginięciem. Kotlina Mono przestała być bogatym żerowiskiem dla ptaków, a rozległe obszary dawnego dna zostały zamienione w pylastą, słoną równinę wystawioną na dzia-

lanie słońca i wiatru. Jej monotonię urozmaicały sterzące iglice tufa, świadczące o dawnym poziomie wody w jeziorze. Na wyspę Negit, która stała się półwyspem, wtargnęły kojoty, dokonując masakry wśród gniazdujących tam mew, pożerając jaja i pisklęta, niszcząc ponad 30 tys. gniazd. Liczebność ptaków wszystkich gatunków musiała się zmniejszyć, ponieważ w całej Ameryce Północnej nie ma więcej tak obfitych żerowisk, jakim była Kotlina Mono przed wybudowaniem akweduktu.

Tragedia ptaków sprawiła, że Kotliną Mono stała się tematem publicznej debaty w społeczeństwie Kalifornii. Już w 1978 roku powstała jedna z najsukcesyjniej działających organizacji ekologicznych – Komitet Jeziora Mono (Mono Lake Committee), której celem jest uratowanie jeziora. Dzięki energicznej akcji MLC w 1984 roku Kongres Stanów Zjednoczonych uznał Kotlinę Mono za obszar chronionego krajobrazu (Mono Basin National Forest Scenic Area).

Historia Jeziora Mono przywołuje na myśl znaną z podręczników katastrofę nie istniejącej już Zatoki Kara-Bogaz i Jeziora Aralskiego w Turkiestanie. Graniczące z barbarzyństwem decyzje władz byłego Związku Radzieckiego spowodowały największe chyba w dziejach ludzkości zmiany na fizycznej mapie świata. Wszystko wskazuje na to, że mieszkańcom Kalifornii uda się uniknąć tego tragicznego scenariusza.

Mutant kontra mutant czyli nowa taktyka walki z rakiem

Białko P53, o którym pisał już *Wszechświat*, jest białkiem zapobiegającym powielaniu uszkodzonego lub obcego DNA, któremu udało się wślizgnąć do komórki. Zatrzymuje ono podział komórkowy do czasu naprawienia uszkodzonego DNA lub inicjuje apoptozę, programowaną śmierć komórki. Gdy brakuje P53, komórka z uszkodzonym aparatem genetycznym może się rozmnażać, co prowadzi do powstawania nowotworów. Rzeczywiście, brak lub uszkodzenie białka P53 wydaje się odpowiedzialne za około połowę nowotworów u człowieka, w tym tak częstych jak rak piersi, odbytu, płuc czy pęcherza, a gen p53, kodujący białko P53, nosi nazwę genu przeciwnowotworowego (*tumor suppressor gene*). Komórki nowotworowe nie zawierające p53 są odporniejsze na konwencjonalne terapie przeciwnowotworowe. Znaleźcie metody pozwalającej na wybiórczą eliminację komórek nie zawierających czynnego p53 mogłoby oczywiście mieć olbrzymie znaczenie praktyczne.

Ponieważ białko P53 blokuje replikację obcego DNA, wirusy atakujące komórkę muszą w jakiś sposób unieczynniać to białko. Tak właśnie robi to adenowirus. Ludzkie adenowirusy wnikają do komórek i indukują fazę S. Za pobudzenie komórek do replikacji odpowiedzialne jest białko E1A, które łączy się do białek pRB, p300 i innych białek pokrewnych. Ponadto już dwadzieścia lat temu wykazano, że w genomie adenowirusa znajduje się jeszcze inny region konieczny dla produkcji wirusa, region E1B, kodujący białko E1B 55k, łączące się z białkiem P53. Ponieważ jednak w tym czasie nie wiadzano wiele o roli P53, odkrycie nie obudziło szerszego zainteresowania. Znaczenie P53 jako białka przeciwnowotworowego zostało odkryte dopiero z początkiem bieżącej dekady. Wówczas badania Arnie Berk z Uniwersytetu Kalifornii w Los Angeles (UCLA) wykazały, że białko E1B 55k umożliwia rozmnażanie się komórek zainfekowanych adenowirusem, ponieważ zapobiega ochronnemu działaniu białka P53, które normalnie indukowałoby apoptozę zatakowanej przez wirusa komórki.

Badania, które mogą doprowadzić do przełomu w walce z rakiem, zostały zapoczątkowane przez Franka McCormicką z firmy farmaceutycznej Onyx w Richmond w Kalifornii. McCormicka zaciekało, jak adenowirus będzie się zachowywał w komórce pozbawionej p53; postawił hipotezę, że adenowirus, który nie będzie w stanie unieczynniać P53, a więc nie posiadający obszaru E1B, nie będzie mógł się replikować w komórkach produkujących to białko, ale będzie mógł się rozwijać w komórkach z uszkodzonym lub nieobecnym genem p53, a więc w komórkach dających początek nowotworom. Ponieważ adenowirus niszczy zainfekowane komórki, odpowiednio zmodyfikowany adenowirus powinien szerzyć spustoszenie wybiórczo wśród komórek nowotworowych.

McCormick i jego współpracownicy przeszukali piśmiennictwo pod kątem adenowirusów z mutacjami w regionie E1B i zdecydowali się przebadać mutantą dl 1520, skonstruowanego przez Berka w 1987 r. Grupa McCormicka, wspomagana przez Carol Eng z grupy Berka, przebadła, jak mutant ten rozwija się w

kulturach tkankowych normalnej tkanki skórnej i w kulturach około 20 tkanek rakowych, z deficytem P53. Wyniki były zachęcające — mutant rozwijał się jak normalny wirus w tkankach nowotworowych, zabijając je, ale bardzo słabo rozwijał się w komórkach zdrowych. Mutant rozwijał się równie dobrze jak forma naturalna (dzika) w tkankach raka (mięśaka) kości (osteocarcinoma), w których białko P53 jest aktywne.

Dalsze badania, prowadzone na zwierzętach, dały również bardzo zachęcające wyniki. Mysiom ze szczepu pozbawionego odporności (tzw. gołe myszy), które nie mogą odrzucić przeszczepu tkanki ludzkiej, wszczepiono podskórnie ludzkie komórki nowotworowe, po czym, gdy guz się uformował, wstrzyknięto doń zmodyfikowanego wirusa. Z pięciu tak traktowanych guzów trzy zniknęły zupełnie i nie odnowiły się w ciągu trzech miesięcy, a jeden uległ bardzo silnemu zmniejszeniu. Jak oceniają badacze, tylko ok. 2% komórek zostało bezpośrednio zainfekowanych wirusem, reszta zaś została „załatwiona” przez namnażanie mutantu w tkance, która nie mogła się przed nim bronić.

Tak zachęcające wyniki, jak i sprawdzenie, że mutant dl 1520 jest całkowicie niepatogenny, doprowadziły do uzyskania zezwolenia na próby kliniczne. Pierwsze z nich są obecnie przeprowadzane w San Antonio w Teksasie i w Glasgow w Szkocji, na pacjentach z nie reagującymi na leczenie konwencjonalne guzami na głowie i karku. Wyniki będą znane za kilka miesięcy, ale już wiadomo, że po podaniu do guzów mutantu wirusa nie obserwuje się żadnych niepożądanych skutków ubocznych.

Największym problemem do pokonania może być to, że w odróżnieniu od gołych myszy, badani pacjenci mają sprawny system immunologiczny, który może eliminować wprowadzonego mutantu zanim ten zniszczy komórki nowotworowe. Nie wiadomo też, czy na prawdę adenowirus dl 1520 nie będzie atakować również niektórych komórek ludzkich posiadających sprawny gen p53. Dawniejsze badania wykazały, że niektóre adenowirusy nie posiadające regionu E1B mogą rosnąć w kulturach tkanek ludzkich posiadających p53, takich jak embrionalna tkanka nerkowa.

Jak dotychczas, nie wiadomo również jak dostarczać wirusa do rozsianych komórek nowotworowych. Jak na razie można jedynie myśleć o podawaniu tam, gdzie nowotwór tworzy łatwo dostępne, wyraźne guzy, a więc do guzów na głowie, karku, w mózgu, jajnikach i szyjce macicy.

Jednakże jeżeli spełnią się nadzieje, że metodami inżynierii genetycznej można stworzyć wirusy swoiście niszczące komórki nowotworowe, oznaczać to będzie zasadniczy przełom w onkologii.

Science 1996, 274, 342 i 373

J. Vetulani

Ślady dżdżownic

Dżdżownice należą do najbardziej charakterystycznych elementów fauny glebowej. Na terenach Polski wykazano do tej pory 36 gatunków. Największym i najbardziej znanym u nas gatunkiem jest dżdżownica ziemna *Lumbricus terrestris*, która osiąga od 10 do 30 cm długości. Większość dżdżownic jest obojnaki i rozmnaża się w wyniku zapłodnienia krzyżowego. Jednakże znane są gatunki, które mogą rozmnażać się także partenogenetycznie. Jaja składane są w koko-



Ryc. 1. Regularne skupienia resztek roślinnych powciąganych do jamek dżdżownic (wszystkie zdjęcia autora)

nach, a ich ilość jest cechą gatunkową. Rozwój dżdżownic do stadium dojrzałego trwa zależnie od gatunku i warunków środowiska, od kilkunastu do ponad 40 tygodni. Daje to w naszych warunkach zwykle jedną generację w roku. Dojrzałe osobniki żyją przeważnie do kilkunastu miesięcy.

Rozmieszczenia dżdżownic w środowisku warunkują następujące czynniki: odczyn gleby, jej wilgotność, skład mechaniczny gleby oraz warunki pokarmowe. Większość gatunków preferuje środowiska o odczynie zbliżonym do obojętnego lub lekko alkalicznego. Natomiast niewiele jest gatunków tolerujących lekko kwaśny odczyn gleby, dlatego tylko nieliczne występują np. w glebach leśnych z drzewostanem iglastym. Dżdżownice preferują na ogół środowisko wilgotne z drzewostanem i poszyciem liściastym, których obumarłe części stanowią źródło ich pokarmu.

Poszczególne gatunki dżdżownic budują pionowe lub poziome chodniki w ściółce lub w glebie, w której żyją. W zależności od stadium rozwojowego oraz pory roku zakładają je płycej lub głębiej. Do gatunków budujących pionowe chodniki i żyjących w głębszych warstwach gleby należy np. wspomniany wcześniej *Lumbricus terrestris*. Natomiast do gatunków budujących poziome chodniki i żyjących w warstwie akumulacyjnej gleby należy np. *Eisenia foetida*, której odmiana nazywana dżdżownicą kalifornijską jest coraz częściej hodowana w Polsce. Gatunki, które budują poziome chodniki, są zwykle niewielkich rozmiarów i w większości posiadają czerwoną pigmentację, dzięki której są mniej wrażliwe na światło. Dżdżownice te tylko okresowo przemiesz-



Ryc. 3, 4, 5. Dżdżownice wypłoszone ze swojej jamki

czają się w głąb gleby, np. na okres suszy. Natomiast inne, które żyją głębiej, są jaśniej zabarwione z szarym tłem, nigdy jednak nie są czerwone. W dzień dżdżownice przebywają w glebie lub w ściółce. W nocy natomiast niektóre gatunki (np. *L. terrestris*) zbierają z powierzchni i wciągają do norek obumarłe części roślin. Stąd też w miejscach wilgotnych i zacienionych na powierzchni gleby mogą być widoczne dosyć regularne skupienia resztek roślinnych. Najchętniej pobierane są martwe szczątki roślin takich jak pokrzywa, głóg, jesion, wiąz, olcha, brzoza, grab i klon. Odchody składane są w glebie lub na jej powierzchni, a wyjątkowo bywają użyte jako „wykładzina chodników”. Największą aktywność dżdżownice wykazują wiosną i jesienią. Działalność ich poprawia strukturę gleby, wpływa także na polepszenie jej własności wodnych i powietrznych. Prezentowane zdjęcia powinny ułatwić rozpoznawanie obecności dżdżownic w naszym otoczeniu.



Ryc. 2. Pojedyncze skupienie resztek roślinnych wciągnięte przez dżdżownicę do jamki

WSZECHŚWIAT PRZED 100 LATY

Rewolucja darwinowska i jej przyszłość

My młodzi, których wykształcenie naukowe rozpoczęło się już w zakłętym kole darwinizmu, zaledwie możemy sobie uprzytomnić wrażenie, jakie dzieło Darwina o powstawaniu gatunków już przed 40-tu blisko laty wywołało w „opisowych” naukach przyrodniczych. Jak piorun uderzyło ono w okres cichej pracy opisowej, przywykłej do poczytywania przyrodniczych pojęć filozoficznych z początku niniejszego stulecia za niedowiedzoną i niemożliwą do dowiedzenia, lotną grą fantazyj i, w niedowierzaniu wszelkim spekulacyom naukowym, trzymającej się bojaźliwie gruntu faktów.

Jakże teoria doboru uduchowiła nagle te suche opisy, jak natchnęła nóż anatoma i jak rozległe roztoczyła widnokręgi przed krótkowzrocznym dotąd okiem systematyka!

Poprzez murie gatunków, wypełniających zbiory we wzajemnym odgraniczeniu, wije się niespodzianie wstęga pokrewieństwa. Skamieniałe pozostałości postaci wymarłych — dotąd wyłączone z jakiegokolwiek z istotami żywymi związku — otrzymały krew i ciało i zaczęły się domagać uszeregowania wraz z dzisiejszą fauną i florą w jedno wielkie, obejmujące dzieje życia na naszej planecie drzewo genealogiczne.

Nauka Darwina szybko się rozpowszechniła i odczuwamy dziś jej wpływ we wszystkich prawie dziedzinach życia umysłowego. Jej przeciwnicy—którzy zresztą, o ile nie pochodzili z koła przyrodników, nietylko zwalczali jego właściwe dzieło, teorią doboru, ile raczej starą teorią pochodzenia—stali się coraz rzadszymi i spokojniejszymi w miarę, jak darwinizm ze sztandaru określonego filozoficznego na świat poglądu stawiał się przedmiotem systematycznego badania naukowego. I zdaje się wcale już niedalekim czas, kiedy darwinizm narówni z wszechświatowym systemem Kopernika nie będzie uważany tylko za teorią stronnictwa.

Rzucając okiem wstecz, widzimy, jak we wszystkich głównych kierunkach wiedzy zoologicznej stworzona przez Darwina teoria pochodzenia stała się myślą przewodnią badań, niemających sobie równych w żadnym okresie poprzedzającym.

Charakteryzuje je przewaga zainteresowania morfologicznego, które doprowadziło do tak jednostronnego zaniedbania fizjologii, że dziś, gdy rozwój morfologii przebiega do sformułowania pytań, na które odpowiedzi tylko eksperyment udzielić może, nie posiadamy ani metod pracy, ani samych pracowników do ich rozwiązywania.

Darwinizm przeniknął starą opisową zoologią duchem filozoficznym i uczynił z niej wiedzę historyczną—nadchodzącemu pokoleniu przeznaczonemu jest przekształcić ją na naukę przyczynową, spoczywającą na podstawie doświadczalnej.

L. v. Graff Zoologia od czasów Darwina Wszechświat 1897, 16: 8 (3 I) i 24 (10 I)

Węgorz-wędrownik

Liczne już świadectwa potwierdzają, że węgorze pozostawać mogą na lądzie, zdala od wody, przez dosyć długi przeciąg czasu. Niedawno znów P. Frenzel, zoolog niemiecki, napotkał młodego węgorza, o 12 cm długości, ukrytego w splocie korzeni nadziemnych pewnego krzewu. Węgorz pochodził ze stawu, oddalonego na 4 m i położonego o 1,5 m niżej. Wczółganie się na taki wał kosztowało go zapewne dużo wysiłku, pomimo tego; miał się zupełnie dobrze.

T.R. (S. Kramsztyk) Obyczaje węgorzy Wszechświat 1897, 16: 63 (24 I)

O Antarktydzie przed pierwszą wyprawą i o naturze uczonego

Koło bieguna południowego istnieje przestrzeń olbrzymia, której dotychczas jeszcze nie tknęła stopa człowieka cywilizowanego. Czy domyśla się kto ogromnej doniosłości, jaką miałoby dla nauki zbadanie tych obszarów, tworzących białą plamę na mapach ziemi z końca XIX wieku? Drobną garstką zaledwie poświęca uwagę temu zagadnieniu, którego rozwiązanie przecież stanowić będzie epokę w historii naszych zdobyczy naukowych.

Posłuchajmy w tym względzie zdania myśliciela geografa, El. Reclusa:

„Od czasu podróży Rossa, t.j. prawie od pół wieku, żadna nowa wyprawa biegunowa nie przeszła poza koło biegunowe; w r. 1874 „Challenger” zbliżył się doń, ale go nie przebył. Dziwnem jest, że w tych czasach śmiałych przedsięwzięć przez lat tyle zwlekano z podjęciem nanowo dzieła zbadania; a jednak wskutek postępów w żegludze, dzięki najnowszym narzędziom, które dają tysiące sposobów przedostawiania się przez lody, stało się one dziś znacznie łatwiejszem. To też geografowie z uczuciem wstydu wskazują lukę olbrzymią, którą drogi żeglarzy pozostawiły na wypukłości antarktycznej i wołają o ochotników, którzyby poprowadzili dalej dzieło Cooków, Rossów i Dumont d'Urvilleów”.

Chwila ta nadeszła nareszcie: ochotnicy się znaleźli i oto wkrótce zapewne społeczeństwa cywilizowane podejmą napowrót zadanie, które spełnić należy.

Tak więc już za kilka lat geografowie przestaną się skarżyć na niewiadomość, w jakiej pozostajemy co do lądów, które koło r. 1840 zostały dostrzeżone przez Rossa, Wilkesa, d'Urvillea i kilku innych. Kontury tych lądów zostaną przeniesione na mapy, okolice dotąd zupełnie nieznane ulegną zbadaniu, tak że wkrótce znajdziemy się w posiadaniu dokładnych danych co do owego hypotetycznego lądu, zwanego Antarktyką, który, według przypuszczeń, rozciąga się poza koło biegunowe. Ląd ten, według wszelkiego prawdopodobieństwa, powinien się tam znajdować.

W historii nauk są chwile, gdy takie a takie wielkie odkrycie musi być dokonane, takie a takie badania muszą być podjęte, taka a taka filozofia musi ustąpić miejsca nowym poglądom na rzeczy i zjawiska. Ideałem nauki jest wszystko poznać, ideałem filozofii wszystko zrozumieć i wszystko wytłumaczyć, lecz jakżeśmy jeszcze dalecy od tego ideału, do którego zdążają wszystkie wysiłki sumiennych pracowników. Nauka zdaje się wpadać z niedokładności w niedokładność, filozofia ze złudzenia w złudzenie.

I czy może być inaczej? Bezwątpienia: nie, gdyż istota ludzka z natury swej jest słabą i ograniczoną—i tak całość naszej wiedzy, jak i najśmielsze spekulacje filozoficzne w gruncie rzeczy są tylko odzwierciedleniem małości człowieka.

Ale chociaż ułomność nasza ciągle nas naraża na zawody, żądza wiedzy jest tak wielką, że nie jesteśmy w stanie jej się oprzeć—i jakichkolwiek ofiar wymagałoby od nas zdobycie prawdy, wszystko jesteśmy gotowi jej poświęcić.

Człowiek, oddany nauce, ma w swym charakterze coś dzieciniego: jest obojętny na ludzkie pożądania, zdaje się ich nie odczuwać—lecz da się unieść pierwszej nieznannej drobnostce i zdolny jest wtedy zapomnieć o wszystkim, opuścić wszystko, dopóki jej nie opanuje.

Ale kwestya Antarktyki nie należy do rzędu drobnostek, a doniosłość naukowego zbadania okolic bieguna południowego jest tak wielką, że może pociągnąć nietylko natury wybrane, lecz i wszystkich tych, którzy zdolni są zapomnieć o pozioomych zabiegach życia codziennego.

Mimo wszystkie trudności kwestya Antarktyki zostanie podjęta i zagadnienie będzie rozwiązane—musi być, gdyż tego chce nieuchronność postępu.

Koniec XIX-go wieku zaznaczył się wielkim przedsięwzięciem naukowym, przedsięwzięciem międzynarodowym, które godnie zakończy tę erę wielkich odkryć naukowych.

H. Arctowski Antarktyka Wszechświat 1897, 16: 17 (10 I)

Dementi w sprawie wyspy Robinsona

Wiadomość o zagładzie wyspy Robinsona, jaką niedawno podaliśmy za innymi pismami, okazała się fałszywą. Poselstwo, mianowicie, niemieckie w Chili na zapytanie zwrócone do niego przez „Vossische Zeitung” doniosło, że wyspa ta, Juan Fernandez, istnieje jak dawniej i nawet nie doznała wybuchu wulkanicznego, o którym rybacy roznieśli wieść fałszywą.

T.R. (S. Kramsztyk) Rozmaitości Wszechświat 1897, 16: 15 (3 I)

Początek nagrody Nobla

Dnia 30 grudnia r. 1896 otwarto testament Alfreda Nobla. Na pierwszym miejscu wymienia zmarły krewnych, przyjaciół i służbę, w liczbie około dwudziestu osób, potem następuje zapis ogólny w brzmieniu następującym:

„Całym moim pozostałym majątkiem rozporządzam w sposób następujący: kapitał, zamieniony przez wykonawców testamentu na papiery wartościowe, stanowić będzie fundusz; renta roczna od tego kapitału obracana ma być na nagrody dla osób, które w ciągu upłynionego roku okazały największą przysługę ludzkości. Renta ma być podzielona na pięć równych części w taki sposób: pierwsza dla tych, którzy w dziedzinie fizyki zrobili największe odkrycie lub wynalazek; druga dla tych, którzy zrobili największe odkrycie lub ulepszenie chemiczne; trzecia dla tych, którzy dokonali największego odkrycia w dziedzinie fizjologii lub medycyny; czwarta dla tych, którzy ogłosili dzieło najznakomitsze pod względem idealnym; piąta wreszcie dla tych, którzy zdziałali najwięcej i najlepiej dla sprawy braterstwa ludów, zniesienia armij stałych, dla tworzenia i rozszerzenia kongresów pokoju. Nagrodę za fizykę i chemię wyznaczać ma szwedzka Akademia umiejętności, za fizjologię—Instytut Karoliński w Stockholmie, za literaturę—Akademia stockholmska; dla osób, działających w imię pokoju—komitet, złożony z pięciu osób, wybrany przez storting norweski. Jest moją wyraźną wolą, aby przy rozdawaniu nagród nie przywiązywać wagi do narodowości, t.j. aby otrzymywał nagrodę najgodniejszy bez względu na to, czy jest skandynawem, czy nim nie jest.”

Testament ten, spisany w Paryżu d. 27 listopada i poświadczony przez czterech przebywających tam szwedów, jest—zgodnie z wyrażeniem w nim życzeniem—jedyne

ważnym od dnia wyżej wymienionego i znosi wszelkie inne testamentowe postanowienia, jakiego po śmierci zapisodawcy znaleźć się mogły.

Dotychczasowy niezbyt szczegółowy wyciąg nie może dać jeszcze wiadomości dokładnej o sumie; ale lubo pogłoski o bogactwach Nobla są przesadzone, majątek jego jest znaczny. Nie będziemy dalekimi od prawdy, jeżeli powiemy, że po odtrąceniu zapisów na rzecz osób bliskich zmarłego, pozostanie na cele wyżej wymienione co najmniej 30 milionów koron, a może nawet suma ta dojdzie do 35 milionów, zależnie od tego, w jaki sposób dadzą się spieniężyć ruchomości.

Jeżeli policzymy od powyższej sumy 3%, to procent rocznie wyniesie od 900 000 koron do miliona (korona szwedzka jest równa marce niemieckiej).

Wiadomości bieżące. Zapis testamentowy Alfreda Nobla Wszechświat 1897, 16: 63 (24 l)

Ginące jeziora

Pewien geograf niemiecki miał sposobność dokładnego porównania obecnej karty kantonu zurychskiego, w Szwajcarii, z kartą nakreśloną w roku 1667. Mógł w ten sposób rozpoznać zmiany, jakie zaszły w ciągu dwu ubiegłych stuleci, a zmiany te nie są bynajmniej bez znaczenia. Jeziora prawie wszystkie zmniejszyły swe wymiary, niektóre z nich znikły nawet zupełnie. Ze 149 mianowicie jezior, wykonanych na karcie 1667 r., których część przeważna miała powierzchnię nieprzechodzącą 10 hektarów, znikło 73. Obszary leśne zmniejszyły się o 10 odsetek, a powierzchnia gruntów, zajętych przez winnice, wzrosła o 25 odsetek.

T.R. (S. Kramsztyk) Przeobrażenia cech geograficznych Wszechświat 1897, 16: 63 (24 l)

ROZMAITOŚCI

Lekarze obserwują zmiany klimatu. W dniach 11-15 grudnia 1995 roku odbyła się w San Francisco konferencja Amerykańskiej Unii Geofizycznej (*American Geophysical Union Fall Meeting*), podczas której omawiano zależności pomiędzy klimatem a zdrowiem ludzi. Moment wybuchu i okres rozprzestrzeniania się wielu chorób jest efektem zmian temperatury, opadów, usłonecznienia oraz prądów oceanicznych, które mogą ograniczać ich zasięg i wpływać na cały układ ekologiczny w danym regionie. Zrozumienie tych związków może być przydatne w walce z chorobami, związanymi ze zmianami pogody, jak m.in. malaria, cholera i gorączka tropikalna. Ich nosicielami są najczęściej komary, kleszcze i drobne gryzonie, głównie szczury i myszy. W ostatnim czasie wzrosło zaniepokojenie chorobami związanymi z klimatem, szczególnie po wybuchu cholery w Ameryce Płd. Rozprzestrzenianie się chorób zakaźnych może spowodować globalne ocieplenie, które może też spowodować zmianę tradycyjnych regionów występowania wielu chorób. Z drugiej strony satelity i radary meteorologiczne, dostęp do światowej bazy danych klimatycznych, a także zacieśnienie międzynarodowej współpracy w badaniach środowiska pozwalają szybciej te choroby pokonywać. Zbadano np. zjawiska towarzyszące wystąpieniu okresowego prądu El Niño (pod nazwą El Niño Southern Oscillation phenomenon — ENSO), w czasie którego przemieszczają się ciepłe wody oceanu z zachodniej do środkowej i wschodniej części Pacyfiku. Stwierdzono, że w państwach dotkniętych przez ENSO powoduje zmiany w globalnej cyrkulacji atmosferycznej oraz istotne zmiany w przebiegu temperatury i opadów. Wybuch cholery w Ameryce Płd. i Śr. w latach 1991-1992 wydaje się ściśle związany z wystąpieniem El Niño. Rozwój planktonu w cieplej wodzie może spowodować wydzielanie się bakterii *Vibrio cholerae*, które mogą dostać się do organizmu człowieka podczas kąpieli

lub użycia nieuzdatnionej wody do picia lub przygotowywania posiłków. Kilka przypadków wybuchu malarii na świecie w ciągu ostatnich trzech dziesięcioleci może być związane z wystąpieniem tego prądu i towarzyszącymi mu następstwami.

Zmiany klimatu przyczyniają się także do migracji ludności, poszukującej nowych terenów pod uprawy. Razem z nią poprzednio izolowane infekcje przenoszą się do nowych regionów klimatycznych. Wzrost temperatury przyczynia się do przyspieszenia rozwoju bakterii chorobotwórczych i skrócenia okresu od zarażenia się nosiciela do momentu, kiedy sam jest on zdolny do zarażania.

W środowisku przyrodniczym nieustannie zachodzą zmiany. Przykładem może być zwiększona, od roku 1970, częstość i intensywność przypadków El Niño, spadek opadów w strefie subtropikalnej oraz ich wzrost nad obszarami lądowymi półkuli północnej w średnich i wysokich szerokościach geograficznych, a także obserwowany na tych obszarach wzrost nocnych temperatur. Monitoring tych zmian może pomóc w kontroli rozprzestrzeniania chorób oraz przygotować lokalne służby zdrowia do podjęcia stosownych przedsięwzięć. Potrzebna jest koordynacja badań dotyczących klimatu i powiązań interdyscyplinarnych, ponieważ kierunki rozprzestrzeniania się chorób są wynikiem wielu komponentów ekosystemu. Zważywszy na bogactwo technicznych możliwości konieczne i pilne staje się opracowanie międzynarodowych strategii badań naukowych. Związki pomiędzy klimatem a wybuchem i rozprzestrzenianiem się chorób zakaźnych są już w kilku przypadkach udokumentowane, a w wielu z pewnością zostaną odkryte. Jest to więc niezwykle ważne, aby wiedzieć kiedy i w jakim zasięgu powiązania te występują.

PALEO-DNA. Enzymatyczna polimeryzacja DNA (PCR — *polymerase chain reaction*) pozwala na amplifikację — odtworzenie fragmentu łańcucha DNA w wielu milionach kopii, co z kolei umożliwia przeprowadzenie badań i ustalenie sekwencji oryginalnego fragmentu. Z niezwykłą czułością metody PCR związane jest niebezpieczeństwo, że amplifikacja może dotyczyć przypadkowego zanieczyszczenia próbki, a nie fragmentu DNA, który miał być poddany badaniu. Możliwość amplifikacji zanieczyszczenia jest szczególnie duża przy próbach badania paleo-DNA ze skamielin i innych szczątków kopalnych. DNA w martwych tkankach ulega rozkładowi przez depurynizację, proces, w czasie którego zasady purynowe odłączają się od szkieletu spirali zbudowanego z cukrów i fosforanów. Szybkość depurynizacji jest różna i zależy od klimatu, temperatury i wilgotności. W Egipcie DNA może ulec rozkładowi już po upływie kilku tysięcy lat, w rejonach przybiegunowych dopiero po 10^5 lat. W roku 1994 Jeffrey Bada z Instytutu Oceanograficznego Scripps w La Jolla w Kalifornii stwierdził, że istnieje korelacja między rozkładem DNA i racemizacją aminokwasów w materiale biologicznym. Podczas gdy białka w ustroju składają się wyłącznie z aminokwasów lewoskrętnych, w tkankach martwych zachodzi powolny proces racemizacji — przemiany formy lewoskrętnej w formę prawoskrętną. Pomiar stopnia racemizacji jest stosunkowo prosty i szybki (trwa kilka dni). Polega on na chromatograficznym rozdzielaniu dwóch form kwasu asparaginowego, uprzednio oznaczonego związkiem fluorescencyjnym. Stopień (indeks) racemizacji, to fluorescencja formy [d] podzielona przez fluorescencję formy [l].

Jeffrey Bada, we współpracy z badaczami z Uniwersytetu w Monachium próbował uzyskać DNA z próbek kości i tkanek roślinnych i zwierzęcych sprzed 50 do 50 000 lat, a następnie z kości dinozaurów sprzed 65 milionów lat oraz z tkanek owadów sprzed 35 milionów lat, zatopionych w bursztynie, badając jednocześnie stopień racemizacji kwasu asparaginowego w tych próbkach. Z tkanek, których indeks racemizacji wynosił do 0,08, udawało się uzyskać DNA, niezależnie od wieku próbki. Indeks racemizacji w próbkach z kości dinozaurów wynosił $> 0,16$. Tkanki w bursztynie charakteryzowały się stosunkowo niskim indeksem racemizacji i mimo swego wieku zawierały również paleo-DNA. Autorzy sądzą, że bursztyn konserwuje DNA, chroniąc je przed wilgocią. Z badań tych wynika, że metoda rekonstrukcji DNA dinozaurów, proponowana w „Jurajskim parku”, może mieć pewne widoki powodzenia!

Oznaczając indeks racemizacji badacze mogą więc zorientować się, czy warto zaczynać trwające kilka miesięcy żmudne próby ekstrakcji i amplifikacji DNA.

Science 272, 864, 1996

S. Dubiski

Biologiczna kontrola liczebności populacji ropuchy agi w Australii. Ropucha aga, *Bufo marinus* (Linnaeus, 1758) została sprowadzona w 1935 roku do przybrzeżnych rejonów w stanie Queensland w celu zwalczania populacji owadów niszczących plantacje trzciny cukrowej. Od tego czasu ropucha rozprzestrzeniła się w kierunku zachodnim i południowym. Obecnie występuje ona w większości stanu Queensland, a także zajęła znaczne obszary Terytorium Północnego oraz Nowej Południowej Walii. Ropucha aga charakteryzuje się ogromną żarłocznością, w związku z czym stanowi zagrożenie dla rodzimej australijskiej fauny. Dodatkowym niebezpieczeństwem dla zwierząt jest obecność we wszystkich jej stadiach rozwojowych toksyn szkodzących innym organizmom. Przypuszczalnie aga spowodowała zmniejszenie się populacji różnych gatunków płazów, ssaków i ryb w tych rejonach Australii.

Rząd australijski przeznaczył fundusze na badania mające określić wpływ jaki aga wywiera na środowisko australijskie i znalezienie sposobów biologicznej kontroli liczebności jej populacji. Badaniami tymi zajmuje się CSIRO Australian Animal Health Laboratory w Geelong, które jest najbardziej wyspecjalizowaną placówką prowadzącą w Australii badania nad różnymi (nieraz egzotycznymi) wirusami, bakteriami, grzybami i pasożytami. W ciągu ostatnich lat gromadzono dane o chorobach agi, szukając jednocześnie czynników mikrobiologicznych, które mogłyby być użyte do ograniczenia jej liczebności. Różne stadia rozwojowe z pewnością mają różną wrażliwość na działanie takich czynników, stąd poszukiwania ich są prowadzone w różnych kierunkach, np. spowodowanie choroby i w konsekwencji śmierci ropuchy, zmniejszanie odporności ropuch na różne infekcje albo zmniejszanie zdolności rozrodczej. Poszukiwania takie wydają się rokować nadzieję, gdyż aga jest jedynym przedstawicielem rodziny *Bufonidae* w Australii. Być może więc jakiś egzotyczny czynnik pasożytniczy ułatwi zwalczanie agi bez uszczerbku dla rodzimej batrachofauny Australii.

Obecnie prowadzone są badania nad działaniem wirusów na ropuchę agę, przy zastosowaniu maksymalnych zabezpieczeń przed ewentualną „ucieczką” wirusów. W połączeniu z tymi eksperymentami prowadzone są serie badań mikrobiologicznych, serologicznych i molekularnych, aby otrzymać informacje o wytrzymałości ropuchy na infekcję, a jednocześnie będą prowadzone badania nad wpływem takiego patogenu na rodzime gatunki płazów i ryb, aby ustalić czy taki czynnik nie zaszkodzi miejscowym zwierzętom wodnym. Być może więc w niedługim czasie zostanie znaleziony sposób biologicznego ograniczenia ekspansji ropuchy agi na nowe tereny w Australii.

Antoni Żyłka

RECENZJE

Krzysztof Kożuchowski, Rajmund Przybylak: **Efekt cieplarniany.** Wiedza Powszechna, Warszawa 1995, s. 220, rys., tab.

W połowie stycznia 1996 r. ukazała się długo oczekiwana i zapowiadana pozycja z serii OMEGA — Biblioteka Wiedzy Współczesnej pt. *Efekt cieplarniany*. Autorami są dwaj polscy wybitni znawcy problemu. Prof. Krzysztof Kożuchowski, kierownik Zakładu Klimatologii i Meteorologii Morskiej Uniwersytetu w Szczecinie, autor ponad 100 prac dotyczących klimatu Polski i Europy, w tym wielu o zmianach klimatu, jest uczestnikiem prac Polskiego Komitetu PAN w Międzynarodowym Programie Geosfera-Biosfera „Global Change”, zajmującym się przewidywaniem i skutkami

zmian środowiska pod wpływem globalnego ocieplenia. Prof. Kożuchowski jest autorem 4 rozdziałów, wstępu i podsumowania (57% objętości). Drugi autor, dr Rajmund Przybylak, adiunkt Zakładu Klimatologii UMK w Toruniu, uczestnik wielu wypraw polarnych, głównie na Spitsbergen, w prezentowanej książce napisał 3 rozdziały.

Naukowcy ci podjęli się wyjaśnienia problemu niezwykle ważnego i aktualnego, skupiającego uwagę coraz szerszych kręgów społeczeństwa. W oparciu o możliwie najnowsze dane (książka została napisana w 1991 r.), zaczerpnięte z fachowej literatury światowej, dokładnie wyjaśniono mechanizm efektu cieplarnianego, a także znacznie mniej znanego efektu antycieplarnianego. Przedstawiono stan światowych badań naukowych dotyczących problematyki

zmian klimatu, koncentracji gazów cieplarnianych (szklarniowych), w tym szczególnie dwutlenku węgla oraz ich wpływ na globalne ocieplenie.

Książkę rozpoczyna wyjaśnienie, dlaczego zagadnienia klimatologiczne są aktualnie tak ważne i bacznie obserwowane przez rządy i narody całego świata. W rozdziale drugim wyjaśniono zasady promieniowania, których znajomość jest niezbędna, aby zrozumieć mechanizm efektu cieplarnianego. Ten fragment może być nieco trudny dla osób nie posiadających fachowego przygotowania z zakresu fizyki atmosfery. Znajdujemy tu również wyjaśnienie, dlaczego w wysokich szerokościach geograficznych (obszarach polarnych) efekt szklarniowy jest najwyraźniej zaznaczony; wytłumaczono także wpływ oceanu na ten proces. W kolejnym rozdziale omówiono trzy cykle obiegu węgla w przyrodzie. Jego zasadniczą treść stanowi wyjaśnienie relacji CO_2 — atmosfera — ocean. Zwrócono uwagę na wpływ wylesień oraz przemysłowej działalności człowieka na zwiększoną zawartość tego gazu w atmosferze. Przedstawiono interesujące prognozy przewidywanych zmian zawartości dwutlenku węgla w atmosferze. Rozdział czwarty to historia i metody badań zawartości CO_2 w atmosferze. W następnym, omówiono pozostałe gazy śladowe (freony, metan, podtlenek azotu i ozon), ich znaczenie dla globalnego wzrostu temperatury, prognozy przyszłych zmian ich koncentracji w atmosferze, a także rozmieszczenie gazów śladowych na świecie. Szósty rozdział dotyczy modeli klimatycznych i ich wykorzystania do badań zmian klimatu. Krótko omówiono 4 typy modeli oraz wskazano możliwości i ograniczenia ich zastosowania. Przytoczone zostały prognozy zmian temperatury z 9 — oraz opadów z 5 modeli, z czego dwa omówiono szerzej. Niezwykle ważny jest rozdział siódmy, w którym przedstawiono prognozowane przemiany środowiska geograficznego pod wpływem globalnego ocieplenia, takie jak zmiany poziomu oceanu światowego czy zmiany stref klimatycznych. Zamieszczono również prognozę warunków klimatycznych w Polsce w perspektywie ocieplenia. Rozdział 8 zawiera krótkie omówienie faz klimatycznych w holocenie, ze wskazaniem głównych trudności w obliczaniu średniej temperatury globalnej. W podsumowaniu (rozdz. 9) przedstawiono 5 istotnych argumentów, jak autor zaznacza: „zwolenników poglądu, iż klimat znajduje się w stadium zmian zmierzających do poważnego ocieple-

nia”. Przedstawiając na zakończenie dwa scenariusze (dlaczego tylko dwa!) względnej stabilności klimatu oraz radykalnej zmiany reżimu klimatycznego na Ziemi, autor nie zajmuje zdecydowanego stanowiska, gdyż jak słusznie stwierdza „Niedostatki naszej wiedzy o systemie klimatycznym nie pozwalają na zdecydowany wybór któregoś z tych scenariuszy”. A może po prostu przyroda jest w stanie nadal rządzić się swoimi prawami i dokładne przewidywanie zmian nie jest i nie będzie w ogóle możliwe.

W prezentowanej książce zawarto wybór 94 pozycji literatury fachowej, w tym tylko 8 prac autorów polskich. Jest to odzwierciedleniem stanu rozwoju w Polsce tej, jakże ważnej, gałęzi klimatologii. Zamieszczono pokazną, jak na rozmiary książki, liczbę 50 rysunków oraz 22 tabele, co jeszcze bardziej podnosi walor tej publikacji.

Książka *Efekt cieplarniany* z całą pewnością spełni oczekiwania szerokiego kręgu odbiorców, stanowiąc pewne kompendium wiedzy na temat zmian klimatu. W niewielkiej objętościowo pracy zawarto istotę problemu. Może zbyt po-bieżnie potraktowano podrozdział dotyczący strategii ekologicznej. Zwraca również uwagę brak aktualnej struktury zużycia energii na świecie, co ma niebagatelny wpływ na poziom emisji gazów cieplarnianych do atmosfery. Ponadto można dopatrzeć się niekonsekwencji w stosowaniu jednostek „deg” oraz „stopień Celsjusza”, przy określaniu zmian temperatury. Jest to wynikiem nieskoordynowanej pracy dwóch autorów. Ostatnia rewizja tekstu książki miała miejsce w 1994 roku (patrz s. 197), należałoby więc uzupełnić dane dotyczące podpisania bardzo ważnej Konwencji Narodów Zjednoczonych w Sprawie Zmian Klimatu z 1992 roku. Ponieważ w książce nie została zamieszczona errata, pozwolę sobie na wskazanie trzech istotniejszych błędów drukarskich: s. 30 wiersz 18 od dołu — jest „konwencji” a ma być: konwekcji; s. 33 wiersz 11 od dołu — jest „8”, ma być: -8; s. 204 wiersz 18 od dołu — jest „na półkuli pld.”, ma być: mórz na półkuli pld. Powyższe niedociągnięcia (częściowo nie z winy autorów), w niczym nie zmieniają stwierdzenia, iż przedstawiana tutaj książka stanowi bardzo cenną i potrzebną pozycję dotyczącą niezwykle istotnych dla świata zagadnień zmian klimatu.

Piotr J. A. Ropuszyński

EKSLIBRISY PRZYRODNICZE Z KOLEKCJI J.T. CZOSNYKI

Precyzyjna, z określonym zamysłem cięta kreska każdego ekslibrisu Wasilija Leonienki z Ukrainy stawia go w rzędzie dobrych mistrzów rylca. Tak jest i w tym znaku wykonanym dla Kazimierzy i Michała Miklikowskich w technice linorytnicznej w 1992 roku, opus 468.

Rycina znaku jest bardzo bogata. Oczywiście, na pierwszym planie pan kot z łapką opartą na rozłożonej książce, na której jest malutka myszka. Obok kilka w stos ułożonych ksiąg, zaś z drugiej strony w ramie z kart z papieru rosnąca w wazie piękna kwiatowa roślina. Wszystko tu jest na swoim miejscu i wszystko wycięte zostało z doskonałą precyzją.

J.T. Czosnyka



W hołdzie Parnasowi

Nazwisko Jakuba Karola Parnasa znane jest biochemikom nie tylko w Polsce. O ile część światowych podręczników biochemii określa glikolizę mianem cyklu Embdena-Meyerhofa, o tyle część uwzględnia historyczny wkład naszego wielkiego uczonego w odkrycie tego procesu, nazywając go cyklem Embdena-Meyerhofa-Parnasa. Działalność naukowa profesora Parnasa związana była głównie z Uniwersyteciem Jana Kazimierza we Lwowie.

W dniach 9-11 września 1996 r. właśnie we Lwowie miała miejsce wzruszająca impreza: ukraińsko-polska konferencja dedykowana Jakubowi K. Parnasowi, zorganizowana przez Polskie i Ukraińskie Towarzystwa Biochemiczne. Ze strony polskiej do Lwowa wyruszyło dwoma autokarami sprzed Instytutu Biologii Doświadczalnej im. M. Nenckiego 65 osób, wioząc pamiątkową tablicę, wmurowaną następnie w ścianę budynku, w którym pracował Uczony. W składzie polskiej grupy była synowa prof. Parnasa, Pani Barbara Parnas. Pier-



Ryc. 1. Budynek Uniwersytetu Lwowskiego, w którym pracował Jakub K. Parnas. W hallu tego budynku wmurowano...



Ryc. 2. ...pamiątkową tablicę upamiętniającą działalność Jakuba K. Parnasa



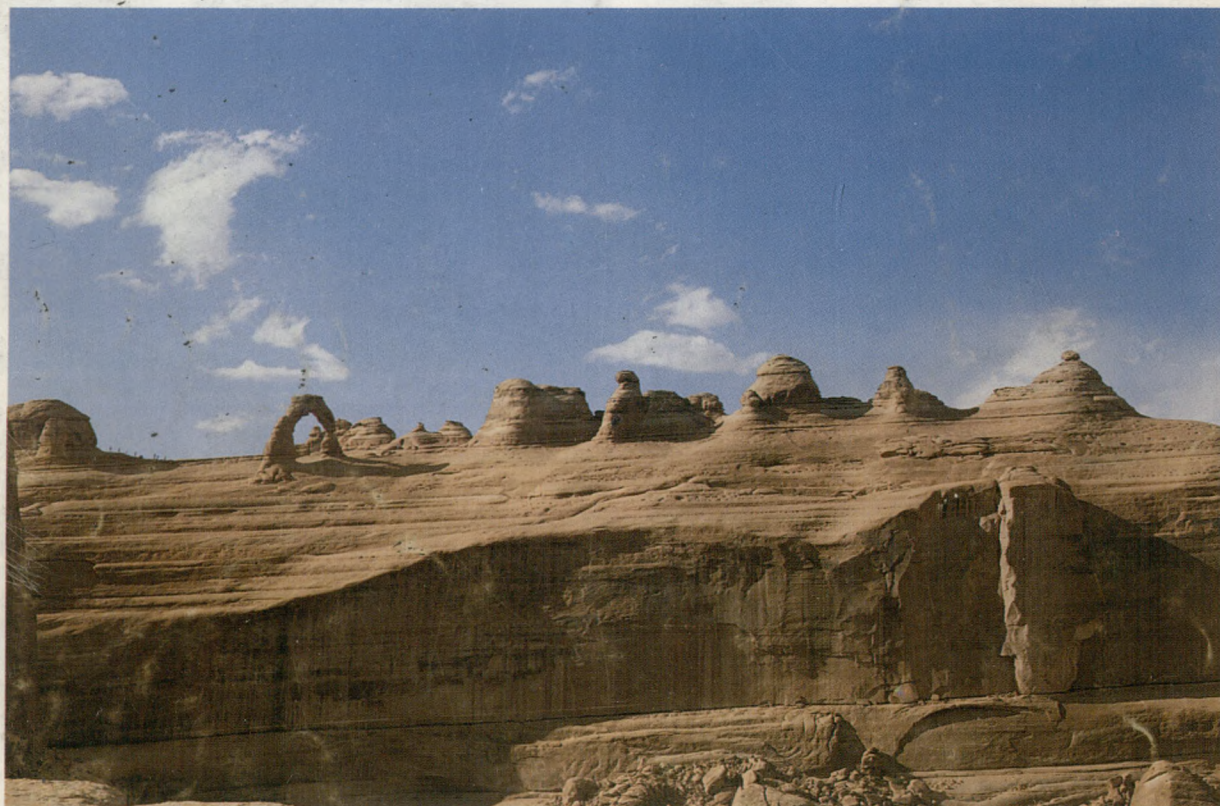
Ryc. 3. Odslonięcie tablicy przez prezesa Polskiego Towarzystwa Biochemicznego, prof. Lilianę Konarską i głównego organizatora ze strony ukraińskiej, prof. Rostisława Stoikę

wszy dzień obrad, po odslonięciu tablicy, poświęcony był pamięci Jakuba Parnasa. Trzy wykłady (wśród nich wykład prof. J. Kwiatkowskiej-Korczak) przypominały sylwetkę prof. Parnasa i przedstawiały niektóre mało znane fakty z Jego życia. Zdaniem prof. B. Halikowskiego, ucznia prof. Parnasa, ten wielki uczonego i wspinały człowiek mógłby być kolejnym polskim laureatem nagrody Nobla. Mógłby — gdyby nie przedwczesna tragiczna śmierć w sowieckim więzieniu.

Drugi dzień obrad był dniem w pełni roboczym: w ramach trzech sesji wygłoszono 12 referatów (ze strony polskiej: prof. M. Żydowo, G. Bartosz, doc. T. Jakubowicz, prof. A. Dembińska-Kieć, prof. L. Kaczmarek, prof. W.W. Jędrzejczak). Oprócz części naukowej była wycieczka po Lwowie, kwiaty pod pomnikami Adama Mickiewicza i Tarasa Szewczenki, odwiedziny położonego bardzo blisko Uniwersytetu Cmentarza Łyczakowskiego (m. in. groby Marii Konopnickiej, Gabrieli Zapolskiej, Stefana Banacha, Władysława Bełzy, Artura Grottgera, Juliana Konstantego Ordona i Cmentarz Orląt Lwowskich), wieczór w operze, spotkanie z ukraińskimi organizatorami konferencji na bankiecie i podczas krótkiej wizyty do instytutów, a już w drodze powrotnej zamek w Olesku, w którym przyszedł na świat Jan III Sobieski. Dla wielu polskich uczestników było to pełne emocji spotkanie z Lwowem po latach, dla innych pierwsze zetknięcie z tym pięknym miastem — szkoda, że tak krótkie.

Zarówno ukraińscy, jak i polscy organizatorzy konferencji, a także w imieniu Polskiej Akademii Nauk jej wiceprzewodniczący, prof. K. Ostrowski, wyrazili pragnienie, by ta konferencja była Pierwszą Konferencją Parnasowską, która zapoczątkuje cykl stałych konferencji tego typu. Być może będą się one odbywały co dwa lata, na przemian na Ukrainie i w Polsce. To z pewnością cenna idea z wielu względów. Między innymi dlatego, że po rozpadzie centralistycznego systemu organizacji sowieckiej nauki instytucje naukowe w nowo powstałych państwach byłego ZSRR w ogromnie trudnych warunkach usiłują odnaleźć swoje miejsce i nawiązać nowe kontakty, włączyć się w nowe struktury. W jakiejś drobnej mierze również od naszej postawy zależy, by u naszych sąsiadów w tym zakresie „nowe” przychodziło, a nie wracało.

Grzegorz Bartosz



FORMY SKALNE w Arches National Park w Utah (USA). Fot. Janek Fronk

Indeks 381586

